

18<sup>e</sup> mille.

TRAITÉ GÉNÉRAL  
DE  
**PHOTOGRAPHIE**  
EN NOIR ET EN COULEURS

PAR  
ERNEST COUSTET

*Nouvelle Édition entièrement refondue et mise à jour*

PAR  
RÉMI GEILLIER  
Docteur ès sciences

---

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 132 GRAVURES

---



PARIS  
LIBRAIRIE DELAGRAVE  
15, RUE SOUFFLOT, 15  
1933

TRAITÉ GÉNÉRAL  
DE  
PHOTOGRAPHIE



## A LA MÊME LIBRAIRIE

---

### **Les rayons X et leurs applications,**

par E. COUSTET. Un volume in-8° raisin, contenant 11 planches radiographiques et 76 figures dans le texte.

### **La photographie aérienne,**

par A.-H. CARLIER. Un volume in-8°, illustré de 40 figures et 78 photographies hors texte.

### **Le temps de pose en photographie,**

secret de la réussite et des possibilités artistiques, par E. PITOIS. Un volume in-8°, illustré de 8 planches hors texte, d'après des photographies de l'Auteur.

### **A. B. C. de photographie,**

Premiers éléments à la portée de tout Amateur, par E. PITOIS. Un volume in-16, illustré de 18 figures.

### **Optique industrielle,**

Verres et verreries d'optique, objectifs photographiques, télé-objectifs, par E. TURRIÈRE. Un volume in-8°, illustré de 83 figures et deux planches.

---

Tous droits de traduction, de reproduction  
et d'adaptation réservés pour tous pays  
*Copyright by Librairie Delagrave, 1932*

## INTRODUCTION

---

L'image des objets extérieurs qu'on aperçoit dans une chambre obscure percée d'une petite ouverture, a dû certainement être observée dans l'antiquité. Cependant Aristote, qui a résumé toutes les connaissances acquises à son époque, s'étonne que les rayons du soleil passant à travers des trous carrés forment des cercles et non pas des figures rectilignes<sup>1</sup>. Le philosophe de Stagire essaye, sans y réussir, d'expliquer cette apparente anomalie, et ce n'est que dix-huit siècles plus tard, dans les manuscrits d'un artiste célèbre, que l'on trouve pour la première fois l'analyse exacte du phénomène et son explication rationnelle fondée sur la propagation en ligne droite de la lumière. Bacon, au XIII<sup>e</sup> siècle, fit la même remarque.

« Si la face d'un édifice, dit Léonard de Vinci, ou une place, ou une campagne, est éclairée par le soleil, et que, du côté opposé, dans la face d'une habitation qui ne reçoit pas le soleil, on pratique un petit soupirail, tous les objets éclairés enverront leur image par ce soupirail et paraîtront renversés<sup>2</sup>. »

Et ailleurs il s'exprime ainsi : « L'expérience qui montre comment les objets envoient leurs images ou ressemblances entrecoupées au dedans de l'œil dans l'humeur albugineuse, se manifeste quand, par quelque soupirail rond, les images des objets éclairés pénètrent dans une habitation très obscure. Alors tu recevras ces images sur du papier blanc placé dans ladite habitation, non loin du soupirail, et tu verras tous les susdits objets sur ce papier avec leurs propres

---

1. *Problèmes*, section XV, 6. Cf. la *Grande Encyclopédie*, t. X, p. 321.

2. *Codex Atlanticus*. — CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN, manuscrit D de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 8 a. — Manuscrit I, fol. 22.

figures et couleurs, mais ils seront plus petits et sens dessus dessous, à cause de ladite intersection. Ces simulacres, s'ils naissent d'un endroit éclairé par le soleil, paraîtront proprement peints sur le papier; celui-ci doit être très mince et vu par le revers; le soupirail sera fait dans une petite plaque très mince de fer<sup>1</sup>. »

Cardan, vers 1550, eut l'idée de rendre plus brillantes et plus nettes les images de la chambre noire, en agrandissant l'orifice et en y adaptant un *orbis e vitro*<sup>2</sup>, c'est-à-dire un verre sphérique : ce fut le premier objectif. La « chambre » était toujours une vraie pièce, où se tenait l'observateur.

Quant à G.-B. della Porta, son rôle ne fut pas de donner à la chambre noire la forme qu'elle a longtemps conservée et qui a fait communément attribuer au physicien napolitain une découverte réalisée bien avant lui. Le nom de Porta est resté indissolublement lié à l'histoire de la chambre noire, parce que c'est lui qui en fit un instrument pratique en redressant l'image par un miroir, et surtout à cause de la célébrité de son ouvrage, compilation souvent rééditée. Son appareil se composait d'un trou fermé par une lentille de verre, au foyer de laquelle l'image des objets extérieurs se projetait sur un écran en papier. Porta le destinait aux personnes qui ne savent pas dessiner : suivant lui, pour reproduire des vues exactes des objets les plus compliqués, il devait suffire de suivre, avec la pointe d'un crayon, les contours de l'image focale<sup>3</sup>.

En fait, les décalques rudimentaires que l'on obtient ainsi ne rappellent guère la perfection du tableau qui se peint sur l'écran. Cette image est une copie admirablement fidèle de la nature; malheureusement, c'est une copie fugitive : aussitôt qu'on ferme l'instrument, elle s'évanouit. Les observateurs la contemplant donc avec une curiosité mêlée du regret de n'entrevoir aucun moyen de la fixer jamais. Comment ces reflets impalpables eussent-ils gravé leur empreinte et laissé une trace durable au foyer de la lentille? La *photographie*<sup>4</sup>, le dessin par la lumière, dut paraître aux savants et aux artistes de la Renaissance, non pas seulement comme un rêve

1. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN, *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, ms. I, fol. 22.

2. *De Subtilitate*, l. IV, p. 107, éd. de Nuremberg, 1550.

3. *Magia naturalis*, 1558, l. IV, ch. II.

4. Du grec *φώς*, *φωτός*, lumière, et *γράφειν*, écrire, tracer.

très lointain, mais même comme une pure utopie. Sa réalisation ne dépendait cependant que des progrès de la chimie.

\* \* \*

Les changements de teinte, la décoloration que l'éclat du soleil fait peu à peu subir à certaines substances, n'avaient pas échappé aux anciens; mais aucune observation antérieure aux temps modernes n'avait permis de supposer que l'influence de la lumière suffirait pour créer un tableau en quelques instants. Les alchimistes avaient étudié le chlorure d'argent, qu'ils appelaient *argent corné*; seulement, préoccupés surtout de leurs recherches sur la transmutation, les propriétés photochimiques de ce composé n'avaient que médiocrement retenu leur attention. C'est à tort que Fabricius est cité comme ayant signalé, dans un ouvrage publié en 1565, le noircissement du chlorure d'argent exposé à la lumière. L'auteur du *Livre des métaux* remarqua bien que cette substance présente diverses couleurs, mais il n'a écrit nulle part que le soleil la noircit.

La plus ancienne tentative que l'on connaisse de l'utilisation des sels d'argent à l'impression d'une image par la lumière, date de 1727. A cette époque, J.-H. Schulze enduisait de craie et de nitrate d'argent une feuille de papier qu'il exposait au soleil sous un dessin ou sous une page d'écriture, dont il avait découpé au canif les traits noirs. Les rayons lumineux traversant les parties découpées de l'original réduisaient le sel sensible à l'état d'argent métallique très divisé, de couleur noirâtre, tandis que sous les parties pleines, qui arrêtaient les radiations solaires, le papier restait blanc. On avait ainsi une copie *positive*, c'est-à-dire une reproduction sur laquelle les traits noirs et ajourés du modèle étaient traduits par des traits noirs, tandis que le fond blanc de l'original était représenté par un fond blanc. Cette image était d'ailleurs fugace, puisque la couche sensible n'était pas éliminée. On pouvait bien la conserver quelque temps dans l'obscurité, mais si on l'exposait au jour, les parties primitivement blanches noircissaient à leur tour, et la lumière détruisait elle-même son œuvre éphémère.

En 1777, l'illustre chimiste suédois Scheele, étudiant l'influence des différents rayons du spectre solaire sur le chlorure d'argent,

reconnut que l'action du violet et du bleu était beaucoup plus énergique et beaucoup plus rapide que celle du jaune et du rouge. Cette découverte, pour accessoire qu'elle soit lorsqu'il s'agit seulement encore d'enregistrer, puis de conserver une image lumineuse, est un exemple du véritable esprit scientifique et d'un caractère investigateur.

Le physicien français Charles réussit le premier, en 1780, à reproduire à l'aide de la lumière, non pas des portraits proprement dits, mais de simples silhouettes de personnes placées au soleil devant une feuille de papier sensible. Aucun texte n'indique la substance dont il faisait usage, mais il y a tout lieu de croire qu'il s'agissait d'un sel d'argent. Nous savons, en tout cas, que Charles ne fixait pas les images ainsi imprimées, et que la feuille de papier finissait par devenir uniformément bronzée, sous l'action de la lumière.

Thomas Wedgwood, troisième fils du célèbre céramiste anglais Josiah ou Josias Wedgwood, en 1802, exécutait une expérience analogue et faisait connaître le composé sensible à l'aide duquel il opérait. « Si l'on mouille un papier au moyen d'une dissolution de nitrate d'argent, écrit-il dans son Mémoire, il ne se manifeste aucun changement dans l'obscurité; mais à la lumière du jour ce papier change rapidement de couleur et devient noir après une action prolongée. La rapidité de l'impression est proportionnelle à l'intensité de la lumière; ainsi, au soleil, il ne faut que deux ou trois minutes, tandis qu'il faut plusieurs heures à la lumière diffuse. La lumière transmise à travers un verre rouge a une action infiniment moins active que celle qui a traversé un verre bleu ou violet. » Comme Charles, Wedgwood copia au soleil le profil d'une personne dont l'ombre se projetait sur son papier sensible.

Son génial compatriote Humphry Davy appliqua la même méthode aux images amplifiées par le microscope solaire. Le papier imprégné de nitrate d'argent et impressionné au foyer de l'objectif était lavé dans l'eau, qui n'éliminait que partiellement le composé sensible. Le fixage restait donc incomplet, et la surface entière ne tardait pas à brunir.

Un officier français du Premier Empire, Nicéphore Niépce, retraité à Chalon-sur-Saône cherchait, depuis 1813, à fixer les images de la chambre noire. Il y réussit en 1827, et, malgré l'extrême lenteur

de son procédé, on doit le considérer comme le véritable inventeur de la photographie, ayant le premier réuni les deux conditions essentielles : l'emploi exclusif de la chambre noire, et la fixation de l'image obtenue. Une plaque de cuivre argentée était enduite d'un vernis formé de bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande. Cette plaque, exposée aux rayons transmis par la lentille pendant huit heures, était ensuite lavée dans un mélange d'huile de pétrole et d'essence de lavande. L'action de la lumière ayant eu pour effet de rendre le bitume insoluble dans ces liquides, le métal n'était mis à nu que sur les parties correspondant aux ombres du modèle. En examinant la plaque éclairée sous l'incidence convenable, on apercevait les blancs du modèle représentés par la couche grisâtre de bitume oxydé, tandis que l'argent bruni mis à nu par le dissolvant représentait les noirs. Les contrastes étaient peu marqués, le modelé bien faible, et le temps de pose démesurément long. Néanmoins, les propriétés du bitume de Judée, découvertes par Niépce, sont restées utilisées en héliogravure.

Si imparfaites qu'elles fussent, ces premières ébauches de la lumière excitèrent l'étonnement de ceux qui les virent. A cette époque, un peintre décorateur de talent, Louis-Jacques-Mandé Daguerre, l'auteur du *Diorama*, faisait un fréquent usage de la chambre noire pour établir les maquettes de ses vastes compositions, et l'idée d'en fixer l'image insaisissable hantait depuis quelque temps son esprit, quand l'opticien Chevalier le mit en rapport avec Niépce. Daguerre n'avait encore obtenu que des reproductions extrêmement fugaces et d'ailleurs uniquement visibles dans l'obscurité, en impressionnant des substances phosphorescentes. Néanmoins, un traité fut passé, le 14 décembre 1829, entre les deux inventeurs, qui se communiquèrent les résultats de leurs recherches et poursuivirent ensemble leurs travaux, l'un à Chalon, l'autre à Paris.

Il est bien difficile de préciser la part qui revient à chacun des collaborateurs dans le succès final. On s'accorde cependant à reconnaître que c'est à Daguerre qu'est due la découverte du développement de l'image latente formée par la lumière sur l'iodure d'argent. Niépce était mort le 5 juillet 1833, et Daguerre, livré seul à l'achèvement de l'œuvre commune, n'y parvint que quatre années plus tard. Un nouveau traité lia alors Daguerre et Isidore Niépce, le fils de Nicéphore, pour l'exploitation du nouveau procédé. Une sous-

cription publique, ouverte le 15 mars 1838, demeura infructueuse, et il fallut que François Arago intervînt pour qu'une récompense nationale indemnîsât les inventeurs, qui abandonnaient au public leur merveilleuse découverte.

Une rente viagère, de six mille francs pour Daguerre et de quatre mille pour Isidore Niépce, avec réversibilité de moitié sur les veuves, fut le prix du secret de la photographie. Le projet de loi présenté par le ministre de l'Intérieur fut voté par acclamation, à la Chambre des députés, sur le rapport d'Arago, le 3 juillet 1839, et à la Chambre des pairs, sur le rapport de Gay-Lussac, le 30 juillet suivant.

Le 10 août, en présence de l'Académie des Sciences et de l'Académie des Beaux-Arts exceptionnellement réunies, Arago fit connaître les procédés du daguerréotype.

Une plaque de cuivre argentée et polie était soumise, dans l'obscurité, aux vapeurs de l'iode. Il se formait ainsi une couche d'iodure d'argent, très sensible à la lumière. On l'impressionnait dans la chambre noire, pendant quelques minutes, puis on la soumettait à l'action des vapeurs du mercure, qui développaient l'image latente. Le fixateur primitivement employé était le chlorure de sodium. Ce ne fut qu'en mars 1839 que John Herschell eut l'idée de le fixer par l'hyposulfite de soude<sup>1</sup>. En mars 1840, Fizeau imagine le précieux perfectionnement du virage au chlorure d'or.

Avant même que le procédé de Daguerre eût été divulgué, Fox Talbot, qui avait entrepris, dès 1834, des recherches orientées dans une voie différente, faisait connaître en Angleterre, au mois de mars 1839, un procédé photographique qui se rapproche davantage de nos méthodes actuelles. Un papier était imprégné de sel marin, puis de nitrate d'argent, de manière à former du chlorure d'argent, composé qui noircit rapidement à la lumière. En exposant ce papier sensible sous un dessin, on en obtenait une copie négative, que l'on fixait dans une solution concentrée de sel marin.

---

1. DAGUERRE, *Historique et Description des procédés du daguerréotype et du diorama*, Paris (Alphonse Giroux et C<sup>ie</sup>), 1839.

R. COLSON, *Mémoires originaux des créateurs de la photographie*, Paris (Carré et Naud), 1898.

G. POTONNIÉE (*infra*). Cet ouvrage, rédigé avec beaucoup de sens critique, rectifie de nombreuses erreurs répétées depuis près d'un siècle et faisant autorité depuis Arago.

Ce cliché négatif<sup>1</sup> servait ensuite à imprimer, à l'aide d'un second papier préparé de la même manière, une image positive, reproduisant fidèlement le modèle. Mais ce dernier, comme on le voit, n'était qu'un dessin ou une gravure sur papier, et la chambre noire à objectif ne jouait aucun rôle. Le procédé primitif de Talbot ne pouvait donc donner des portraits, des natures mortes ou des paysages, et c'est bien le *Daguerrotyp*e qui le premier permit de les obtenir

En 1841, Talbot préparait un autre papier, beaucoup plus sensible, utilisable dans la chambre noire. Ce papier était imprégné d'iodure d'argent et développé dans l'acide gallique. Ce nouveau procédé, dénommé *calotype* et popularisé en France par Blanquart-Evrard, est en quelque sorte le prototype de tous les procédés négatifs imaginés depuis : albumine, collodion, gélatino-bromure<sup>2</sup>.

En 1847, Abel Niépce de Saint-Victor, fils d'un cousin germain de Nicéphore Niépce, crée le cliché sur verre, qu'il recouvre d'une couche d'albumine imprégnée d'iodure d'argent. Il obtient ainsi des images dont la délicatesse n'a jamais été dépassée, mais qui exigent malheureusement un temps de pose trop long.

En 1850, Legray signale l'emploi du collodion, mais c'est à Archer et à Fry qu'est due la création de ce procédé, resté longtemps le plus parfait de tous et même encore utilisé de nos jours, dans certaines industries, à cause de la finesse des reproductions qu'il permet d'exécuter<sup>3</sup>.

\* \* \*

Si nous nous étions proposé de retracer ici l'histoire complète de la photographie, il ne suffirait pas de montrer à la suite de quelles

---

1. Le Congrès international de photographie de 1900 a décidé que le nom technique du négatif ou cliché serait celui de *phototypé*, et que l'épreuve ou positif prendrait le nom de *photogramme*. En dépit de cette décision, l'usage, qui fait loi en terme de langage, continue à consacrer l'emploi des autres dénominations.

2. BLANQUART-EVRARD, *La Photographie, ses origines, ses progrès, ses transformations*, Lille (Danel), 1869.

3. J.-M. EDER, *Geschichte der Photographie* (Histoire de la photographie), Halle a/S. (Wilhelm Knapp), 1905.

G. POTONNIÉ, *Histoire de la découverte de la Photographie*, Paris (P. Montel), 1925.



recherches le procédé au collodion a été presque complètement supplanté par le gélatinobromure d'argent. Il faudrait maintenant revenir quelques années en arrière et subdiviser cet exposé chronologique, afin de suivre dans leurs développements progressifs un grand nombre de procédés et d'applications. C'est ainsi que viendraient tour à tour s'offrir à cette analyse rétrospective la découverte et le perfectionnement de la platinotypie, des impressions pigmentaires, de la gravure photographique, de la reproduction des couleurs. Il faudrait encore suivre, depuis leur naissance jusqu'à leur état actuel, la photographie du relief, du mouvement, de l'invisible, etc. Une telle méthode manquerait d'autant plus de clarté, qu'elle ferait nécessairement appel à des connaissances que le lecteur ne possède peut-être pas encore. Il est temps de passer à un exposé plus rationnel, qui ne nous fera d'ailleurs pas perdre entièrement de vue les questions d'ordre historique : le début de la plupart de nos chapitres sera donc réservé aux origines et à la mise au point de chaque procédé.

Ce que nous voudrions seulement souligner dès à présent, après avoir rappelé la lente gestation, les tâtonnements pénibles des précurseurs, les premiers pas timides et incertains du nouvel art, c'est l'essor prodigieux qu'il a pris, au cours des dernières années. A ses débuts, la photographie n'a été qu'un moyen inespéré de rendre accessible aux bourses les plus modestes ces souvenirs des êtres chers, ces portraits de famille auparavant réservés aux privilégiés de la fortune. Cette première application est restée, à juste titre, la plus importante; mais combien d'autres s'imposent actuellement à notre attention! Qu'il s'agisse de fournir à la science ou à l'industrie des documents précis, d'une indiscutable fidélité et d'une incomparable richesse de détails, ou de créer, au contraire, dans un but esthétique, des images volontairement simplifiées; que son objet soit d'instruire le public ou de le charmer, la photographie a définitivement conquis la première place, et souvent la place unique, parmi les arts de reproduction. Feuilletons un livre illustré, parcourons un magazine, jetons les yeux sur un journal quotidien ou sur une affiche, consultons un programme ou un catalogue, partout nous retrouverons, sinon la photocopie aux sels d'argent, du moins la photogravure dont le cliché a été créé par la lumière.

La photographie instantanée, dont les rares produits évoquaient

jadis l'idée d'extraordinaires prouesses, est désormais l'opération la plus simple du monde, à la portée même d'un enfant. La reproduction des couleurs, poursuivie sans aucun succès durant soixante ans, est devenue possible par deux méthodes très différentes, dues à divers Français : Lippmann d'une part, et de l'autre Ducos du Hauron, Cros et les frères Lumière.

Avec le stéréoscope, ce n'est plus seulement la ligne, la forme, que la photographie reproduit scrupuleusement : à la vérité du dessin, voici qu'elle ajoute encore le charme du relief. Aussi, lorsqu'on soumet à l'observation binoculaire une plaque *autochrome*, c'est comme si l'on avait la nature même sous les yeux, avec son relief, avec sa perspective et jusqu'à ses moindres nuances.

L'invention de Niépce et de Daguerre est allée plus loin : avec les rayons X, elle a sondé le mystère des organismes vivants; combinée avec le microscope ou avec la lunette astronomique, elle a reculé les limites de nos investigations dans l'étude de l'infiniment petit et de l'infiniment grand; elle a révélé l'existence de ce que l'œil humain ne pourra jamais voir.

Enfin, l'illusion du mouvement, qui paraissait incompatible avec le principe même de l'image imprimée, donc définitivement stabilisée, a été donnée aux spectateurs en profitant de l'inertie de l'œil, qui n'efface un tableau vu par lui, qu'assez lentement pour le confondre avec un autre présenté l'instant d'après. Le *cinématographe*, établi sous une forme si parfaitement étudiée par les frères Lumière qu'il ne s'en est pas écarté depuis, utilise ce principe et a connu un succès prodigieux, constituant une des exploitations industrielles les plus considérables de l'univers.

\*  
\* \*

Encore que très abrégée, cette énumération peut donner une idée de la complexité de la tâche que nous avons entreprise : réunir, dans un exposé pratique, aussi complet que possible quoique relativement court, les procédés photographiques et leurs applications.

Ces procédés, ces applications, sont aujourd'hui si nombreux qu'une vaste encyclopédie serait nécessaire pour en noter tous les

détails<sup>1</sup>. Aussi la bibliographie photographique comprend-elle plusieurs centaines de volumes. Il est vrai qu'on y rencontre fréquemment des redites et des superfétations; c'est justement à éviter les unes et les autres que ce livre s'est attaché.

En espérant n'avoir rien oublié d'important ni avancé des faits inexacts, nous ne saurions affirmer que jamais aucune erreur ni aucune omission ne s'est glissée dans notre travail. Nous serions reconnaissant aux lecteurs qui voudraient bien nous en signaler les imperfections. Nous remercions également les constructeurs qui ont mis aimablement à notre disposition des clichés représentant les plus caractéristiques de leurs appareils et accessoires.

---

X 1, Plusieurs ouvrages (Davanne 1886-88, Fabre 1889-91 et suppléments 1892-1906, Belin 1905, Miron 1925, etc.) sur l'ensemble de la photographie ont paru à diverses dates, sans parler d'innombrables petits manuels d'amateurs qu'il n'y a pas lieu de citer. Le plus récent et le plus complet est *La Technique photographique* par L.-P. CLERC, en 2 volumes in-8° comprenant 850 pages illustrées de 249 figures, Paris (P. Montel), 1926 et 1927. Il peut être consulté pour chacun des chapitres traités ici, et nous le citons une fois pour toutes.

---

# TRAITÉ GÉNÉRAL DE PHOTOGRAPHIE

---

## LIVRE PREMIER MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE

---

### CHAPITRE PREMIER

#### LA CHAMBRE NOIRE

**Organes essentiels.** — L'appareil photographique est essentiellement constitué par une *chambre noire*, c'est-à-dire par une enceinte close dans laquelle une surface sensible à la lumière reçoit l'image des objets extérieurs qui y sont dessinés par un *objectif*.

L'objectif est formé d'une combinaison de lentilles, dont l'étude fera le sujet du chapitre suivant. Nous devons seulement retenir ici, pour la description de la chambre noire, que la *distance focale*<sup>1</sup>, ou *tirage*, c'est-à-dire l'intervalle qui sépare l'objectif de la plaque sensible, varie suivant la distance du sujet à reproduire et suivant la combinaison optique utilisée. En deçà comme au delà de cet intervalle, l'image projetée par l'objectif cesse d'être nette, ainsi que nous le préciserons p. 44. C'est pourquoi il est nécessaire, avant de photographier un sujet, de régler la position que doit occuper

---

1. Seule la *distance focale* PRINCIPALE est invariable, ne dépendant que de l'objectif tel qu'il a été construit une fois pour toutes : c'est le tirage d'une chambre noire mise au point sur l'infini — pratiquement, sur un objet très éloigné.

la surface sensible, de la reculer ou de l'avancer, en un mot, de *mettre au point*.

Néanmoins, il existe de petits appareils photographiques où la distance entre l'objectif et la plaque demeure invariable. Dans ce cas, l'image des objets situés au delà d'une certaine distance, dix mètres par exemple, offre une netteté pratiquement suffisante, mais celle des objets plus rapprochés est floue.

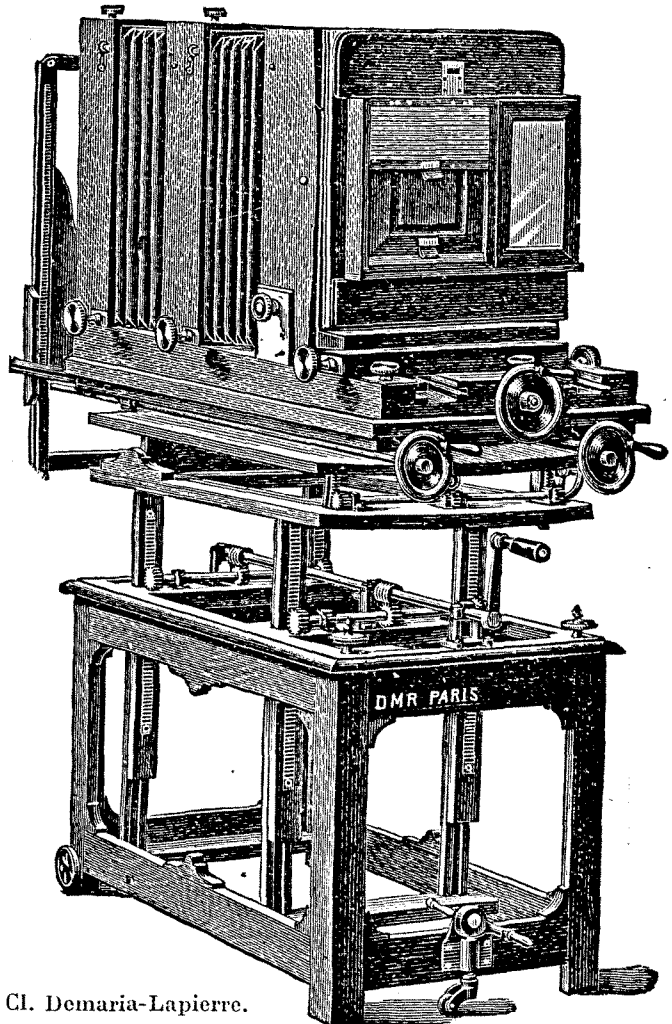
Primitivement, la chambre noire était composée de deux boîtes en bois coulissant l'une dans l'autre pour le réglage de la distance focale. Aujourd'hui, elle est constituée le plus souvent par un soufflet en peau ou en toile opaque, noirci à l'intérieur. L'une des extrémités de ce soufflet est reliée au support de l'objectif, l'autre aboutit à un cadre disposé de manière à recevoir soit un cadre plus petit dans lequel est serti un verre dépoli, pour la mise au point, soit un châssis contenant la plaque ou la pellicule sensible.

Pour mettre au point, l'opérateur se place sous un voile en étoffe noire, afin de n'être pas gêné par la lumière extérieure, et, observant l'image que l'objectif projette sur le verre dépoli, il avance ou recule l'écran, jusqu'à ce que l'objet à reproduire s'y montre avec toute la netteté voulue. C'est alors que le verre dépoli est remplacé par le châssis porte-plaque. Il est indispensable que la construction de l'appareil soit assez précise pour que la surface sensible occupe exactement le même plan que le côté dépoli de l'écran de mise au point.

La disposition de ces organes a été diversement comprise par les constructeurs d'appareils photographiques. Les modèles actuels en sont si nombreux qu'il serait impossible de les passer tous en revue. On peut cependant les ramener à quelques types principaux, qu'il suffira de décrire brièvement, en commençant par les appareils pliants, qui ont le double avantage d'occuper peu de place quand ils ne sont pas en batterie, et de permettre la mise au point pour des distances très variables, ainsi que l'emploi d'objectifs très différents.

**Chambres noires d'atelier.** — L'appareil d'atelier n'étant pas destiné au transport, on n'a pas à se préoccuper de le rendre léger : la solidité et la précision doivent être ses principales qualités. Ces conditions se trouvent parfaitement réalisées dans le modèle représenté figure 1. Le soufflet, en toile noire opaque et à section

carrée, se compose de deux parties montées sur trois cadres ou « corps » glissant sur le socle horizontal, où des vis de serrage les immobilisent. L'objectif est monté, suivant sa distance focale et les conditions de la mise au point, soit sur le cadre d'avant, soit sur le cadre intermédiaire. Dans ce dernier cas, le cadre avant porte le document à reproduire, ou bien, si le sujet est relativement éloigné, le soufflet antérieur sert de parasoleil. Le cadre arrière porte le chariot, mobile par glissement latéral, sur lequel on aperçoit le verre dépoli de mise au point, à côté du châssis qui contient la plaque sensible. Cette disposition est particulièrement commode pour l'exécution des portraits, car elle évite la perte de temps qu'occasionnerait l'emploi de pièces indépendantes.



Cl. Demaria-Lapierre.

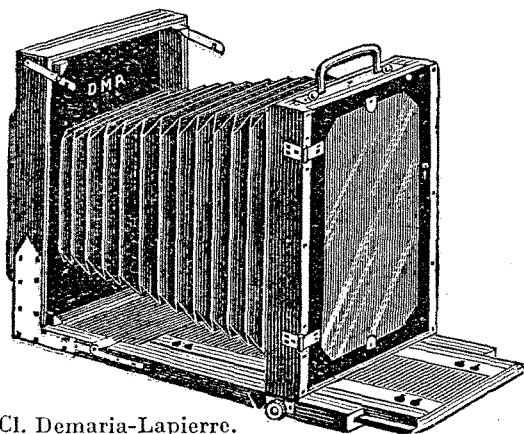
Fig. 1. — Chambre noire d'atelier à trois corps.

Le support du chariot avance ou recule, pour la mise au point, à l'aide d'une crémaillère à mouvement très doux. En outre, une bascule permet de l'incliner, dans le cas où la partie supérieure du modèle ne se trouverait pas dans le même plan que la partie inférieure.

Une fois la mise au point bien réglée, des vis de serrage immo-

bilisent le cadre et sa bascule. On ferme alors l'*obturateur* (organe qui sera décrit chapitre III), et l'on pousse de gauche à droite le cadre mobile; la plaque sensible occupe alors la place qu'occupait jusque-là le verre dépoli, et il n'y a plus qu'à ouvrir le châssis et l'obturateur. Notre gravure montre (à gauche) le châssis à moitié ouvert, ce qui permet de voir comment fonctionne le volet qui masque la plaque. C'est un volet à *rideau*, formé de petites lamelles de bois collées sur une étoffe opaque. Le *châssis multiplicateur* contient une plaque du plus grand format qu'admette l'appareil, et un volet à ouverture plus petite, pouvant prendre plusieurs positions par glissement, découvre successivement diverses portions de la plaque, sur laquelle on peut prendre ainsi plusieurs images sans rien déplacer dans l'intervalle.

La chambre noire a pour support une tablette montée sur trois galets. Le galet d'arrière est soulevé à l'aide d'un levier, lorsqu'on veut immobiliser l'appareil. On fait monter ou descendre la chambre, pour la mettre au niveau du sujet, en manœuvrant une manivelle reliée à quatre crémaillères. Au-dessus de cette manivelle, on en aperçoit trois autres, plus petites. L'une sert à la mise au point, la seconde permet d'incliner la chambre noire, la troisième fait mouvoir



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 2. — Chambre à queue pliante (ouverte).

un léger cadre (dont on ne voit qu'une partie, le reste se trouvant masqué par l'avant de la chambre) portant un écran évidé pour les portraits en dégradé.

**Chambres noires portatives.** — Ces appareils doivent être légers, quoique robustes, et se réduire à un faible volume pendant le transport. La figure 2 en représente un modèle déjà ancien, mais toujours très répandu, en raison de sa

solidité, surtout dans les grands formats. L'objectif est fixé à une planchette pouvant s'interchanger avec d'autres si l'on veut changer d'objectifs sans les dévisser, et coulissant horizontalement sur

un panneau lui-même susceptible de se déplacer dans le sens vertical, suivant la disposition du sujet et les exigences de la mise en plaque. Ce double déplacement que peut subir l'instrument d'optique, constitue le *décentrement*. Une vis de serrage peut immobiliser chaque planchette au point voulu; il y a parfois des réglottes graduées en millimètres pour mesurer l'amplitude de ce décentrement. Le panneau arrière une fois ouvert constitue le socle horizontal le long duquel se déplacera le chariot mobile. La rigidité en est assurée par une planchette à glissières formant verrou, quand ce socle a été rabattu. Le chariot mobile se déplace pour la mise au point à l'aide d'une crémaillère à double pignon et vis de serrage; il porte deux lames de cuivre, dites *bandes d'accrochement*, dans lesquelles sont évidés trois encastresments doubles dans lesquels viennent s'agrafer des têtes de vis ou des crochets qui font saillie sur le corps arrière de la chambre. Ce triple encastrement permet d'allonger beaucoup ou peu le soufflet, indépendamment de la crémaillère et du pignon, et par suite d'employer des objectifs à courte ou à longue focale, et même de faire des reproductions.

Le corps d'arrière est muni de vis ou de crochets d'encastrement sur deux de ses côtés (un petit et un grand), de manière à pouvoir être fixé sur le chariot soit en largeur, soit en hauteur, sans que tout l'appareil ait besoin d'être placé sur le côté. A cet effet, le soufflet n'est pas directement collé sur le panneau antérieur: il est fixé à une petite planchette munie d'une rondelle métallique tournant à frottement doux sur une large et mince poulie vissée sur l'avant-corps (soufflet à cône tournant). Pour cela le soufflet est en tronc de pyramide quadrangulaire, comme on le voit sur la figure 2.

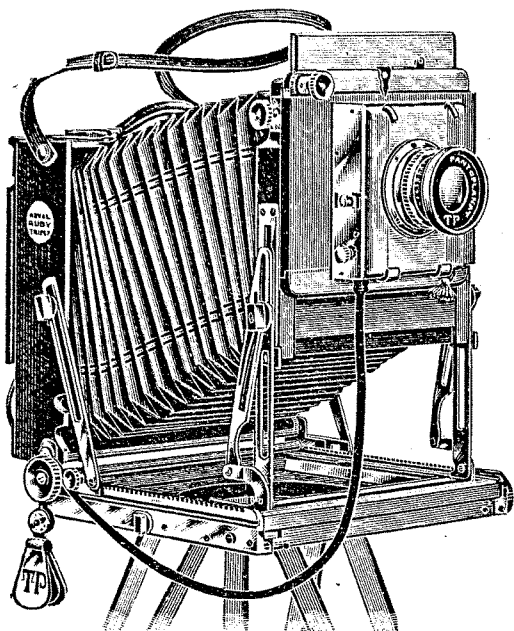
Le verre dépoli est porté par un cadre à charnières, maintenu contre le cadre arrière par un verrou, et s'ouvre comme une porte, lorsqu'on veut y substituer les châssis porte-plaques. Les angles du verre sont coupés pour que l'air puisse entrer ou sortir lors des mouvements du soufflet. Ce dernier est soit en toile noire opaque, soit avec les angles renforcés par de la basane mince collée pour diminuer leur usure, soit tout en peau mince.

Ce modèle de chambre noire, dit à *queue pliante*, est construit pour pouvoir se replier et n'occuper alors qu'un faible volume; il existe en divers formats; il est surtout usité pour les plaques 13 × 18 et 18 × 24 centimètres, mais on le fait aussi pour des grandeurs bien



supérieures,  $30 \times 40$  et même  $50 \times 60$ . La rigidité et la stabilité de l'assemblage deviennent alors médiocres.

Le soufflet tournant est souvent remplacé, surtout dans les chambres anglaises, par une disposition différente, dont la figure 3 montre un spécimen. Le cadre du verre dépoli ainsi que la feuillure destinée à recevoir le châssis sont fixés à un panneau carré que l'on



Cl. Thornton-Pickard.

Fig. 3. — Chambre carrée à deux bascules et grand décentrement.

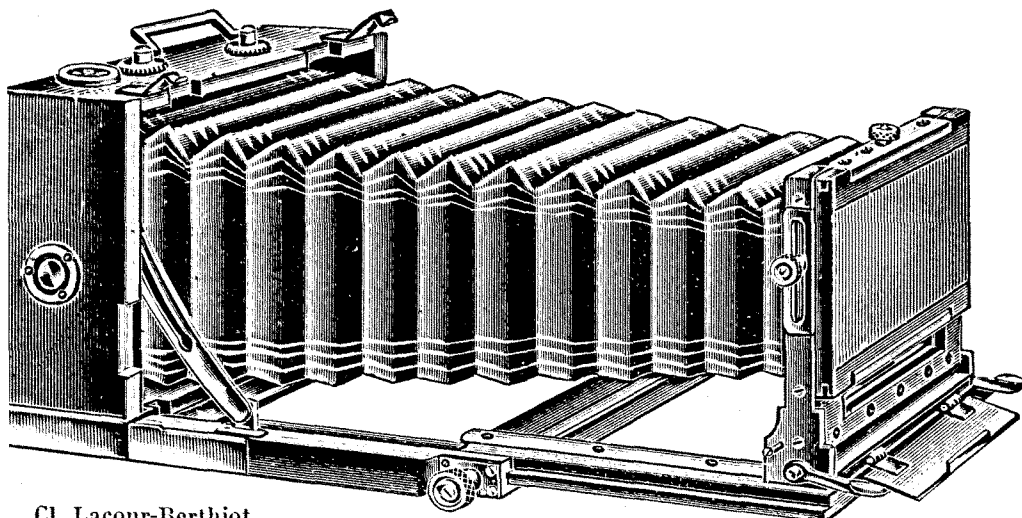
peut adapter dans les deux sens à l'arrière-corps, qui est également carré. On exécute ainsi des vues soit en hauteur, soit en largeur, sans avoir à faire tourner le soufflet ni décrocher l'arrière-corps. Les chambres construites de cette manière sont très solides, mais un peu plus volumineuses que le modèle à queue pliante. Des compas et jambes de force en laiton assurent un parallélisme des corps et une rigidité de l'ensemble qui en font d'excellents appareils, d'ailleurs remarquablement construits, mais coûteux.

Pour les formats  $9 \times 12$  et au-dessous, on préfère généralement aujourd'hui les

modèles plus légers, de formes plus fines et de volume beaucoup plus réduit. La rigidité et la stabilité sont faibles, et l'on ne saurait leur demander des travaux de précision non plus qu'un dur service.

Dans l'appareil à soufflet dit Folding (fig. 4) le soufflet n'est pas tournant : c'est tout l'arrière-corps, donc l'appareil en bloc, qui se fixe directement sur le trépied, soit dans un sens, soit dans l'autre, à l'aide d'un des deux écrous adaptés à deux côtés contigus. De plus, ce n'est pas le corps arrière qui se déplace par pignon sur crémaillère, mais bien le corps antérieur porte-objectif, moins volumineux et moins soumis aux ébranlements qu'entraînent toujours la mise en

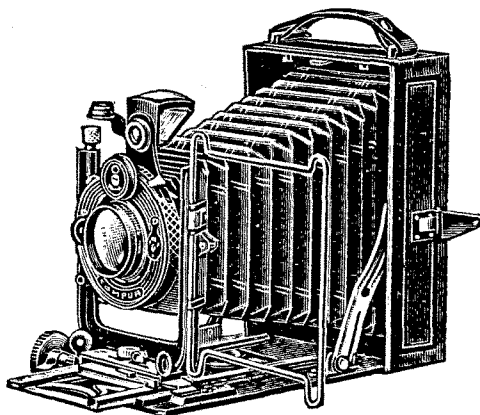
place du châssis et son enlèvement. Le panneau opposé au verre dépoli s'ouvre à charnières et se rabat horizontalement pour former



Cl. Lacour-Berthiot.

Fig. 4. — Chambre noire Folding, en bois, à double tirage.

la base à chariot; il est maintenu dans cette position par un verrou. L'objectif et son support, qui se trouvaient enfermés pendant le transport entre le chariot et le verre dépoli, sont amenés par des glissières jusqu'à la place exigée par la mise au point, et le plus souvent le support horizontal sur lequel coulisse le porte-objectif, porte une échelle graduée pour la mise au point sans verre dépoli. Le support de l'objectif n'est plus ici un assemblage assez lourd de bois épais et de planchettes superposées. C'est un cadre léger, ou même un petit socle soutenant deux colonnettes métalliques (fig. 5) entre lesquelles est placé l'objectif, à la hauteur déterminée par la position du

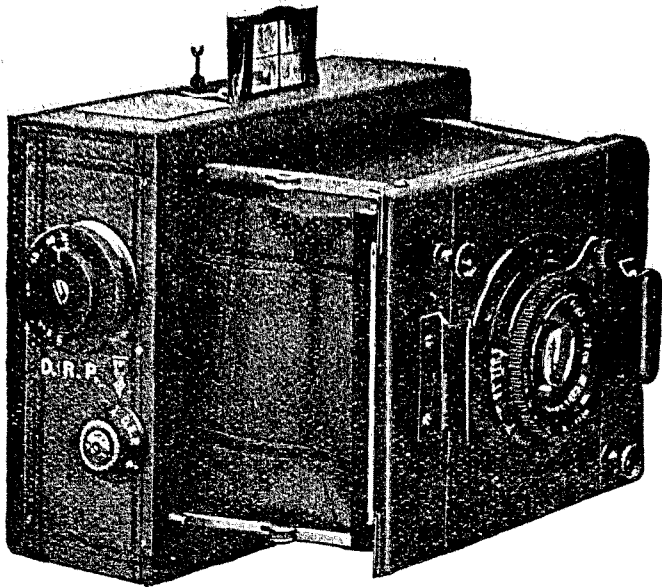


Cl. S. O. M.

Fig. 5. — Appareil Folding léger métallique pour plaques, à double décentrement et double viseur.

sujet. La plupart des appareils très portatifs actuellement construits pour amateurs, sont de ce type. La planchette-socle étant métallique, l'appareil une fois replié n'a qu'une très faible épaisseur. Les décentrement sont généralement fort restreints, beaucoup de modèles en sont dépourvus.

Dans les appareils *Klapp*, la base horizontale et le chariot mobile



Cl. Union.

Fig. 6. — Appareil *Focal-Primar* 9 × 12 (à leviers tendeurs pliants).

sont supprimés. La chambre est fixée sur son support, en hauteur ou en largeur, par un des deux écrous disposés sur l'arrière-corps. L'objectif est placé à la distance voulue de la plaque sensible par des tringles articulées en compas, d'où leur nom d'appareils « à ciseaux ». Il n'y a généralement pas de planchette horizontale formant support (fig. 6). Ces appareils, fabriqués surtout en Allemagne, mais aussi en France, comme celui de la figure 7, sont actuellement les plus employés pour le reportage. Le soufflet est parfois remplacé par une sorte de sac en cuir. La mise au point s'effectue en réglant l'objectif, dans la monture duquel est ménagée une rampe hélicoïdale. Dans d'autres modèles, d'ailleurs peu différents, la distance

entre l'objectif et l'arrière-corps est modifiée à l'aide de vis agissant sur les tringles articulées.

Une disposition toute différente a été très employée jusque vers 1910, sous le nom de *détective*, pour les plus petits formats. L'appareil ne se replie pas pour le transport, aussi est-il plus encombrant. C'est une boîte, en métal ou en bois recouvert de cuir, dont la forme reste invariable. La rigidité est parfaite, et l'on a l'avantage

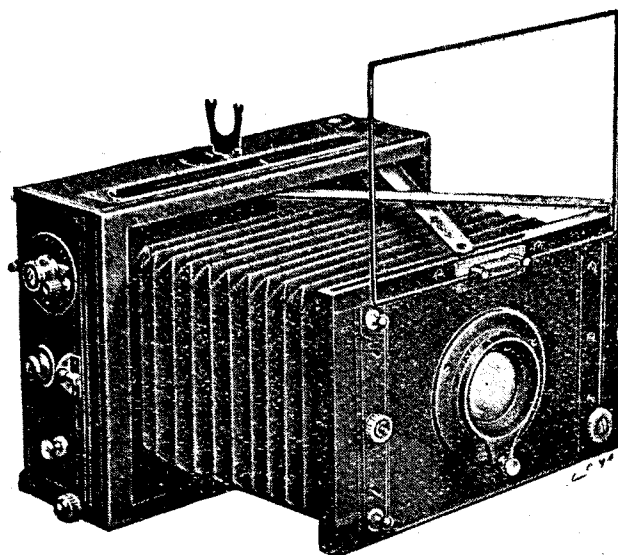


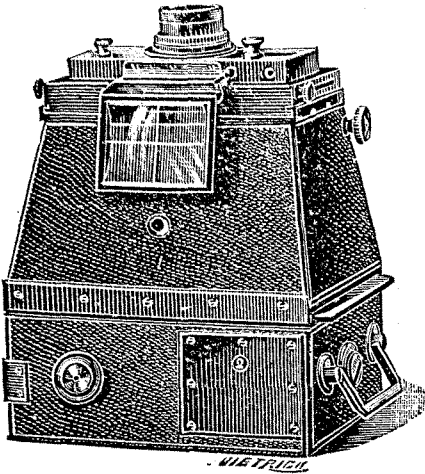
Fig. 7. — Appareil type *Klapp* à ciseaux et grand cadre viseur, mise au point hélicoïdale et obturateur de plaque (*Reporter*, construit par la S. O. M.).

d'être toujours prêt à opérer. Il n'y a point de verre dépoli, la mise au point se règle au juger, d'après la distance approximative du sujet, et se trouve même supprimée, dans les appareils à bon marché. Cette mise au point, qui joue ordinairement jusqu'à 1 mètre ou 2 mètres, s'obtient en déplaçant l'objectif soit par pignon et crémaillère, soit par rotation hélicoïdale. L'objectif est braqué dans la direction voulue au moyen d'un *viseur*, accessoire qui sera décrit plus loin (p. 29).

Le changement des plaques ne s'y fait pas par châssis mobiles, mais par un déclenchement faisant tomber un par un, dans l'intérieur, des porte-plaques en métal qui y ont été enfermés. Un ressort tend à pousser ces porte-plaques vers l'avant, et quand une manette

a déclenché les goudjons ou les crans qui maintiennent le premier, le suivant vient prendre au foyer la place du précédent, lequel, « escamoté », est tombé au fond de la boîte. Ces appareils ne se font plus guère qu'à pellicules (*Brownie* Kodak, *Box* Ikon, etc.).

On gagne un peu sur l'encombrement et le poids en donnant à l'appareil la forme d'un tronc de pyramide à base rectangulaire (fig. 8); on les désigne d'ordinaire sous le nom impropre de *jumelles*.



Cl. Lacour-Berthiot.

Fig. 8. — Jumelle photographique à magasin amovible.

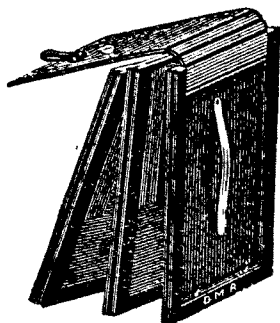
Cette dénomination devrait, ce semble, être réservée aux appareils dont la forme rappelle plus exactement celle d'une véritable jumelle et que nous aurons à examiner en traitant de la photographie stéréoscopique (p. 503).

La plupart des chambres portatives sont munies d'un ou deux viseurs, ainsi que de niveaux à bulle d'air, permettant d'assurer la direction horizontale de l'axe optique, sans laquelle il n'est pas possible d'éviter la déformation perspective des lignes du modèle.

**Châssis.** — La plaque ou la pellicule sensible à la lumière doit être conservée dans l'obscurité la plus complète jusqu'au moment de recevoir l'image que l'objectif projette dans la chambre noire. Le châssis qui la contient est un étui ou boîte très plate, en bois ou en métal estampé, contenant soit une seule plaque (châssis simple) soit deux séparées par une cloison opaque et mince (châssis double) et qui s'ajuste à l'arrière de la chambre, à la place qu'occupait le verre dépoli pendant la mise au point. Pour démasquer la plaque, on ouvre le *volet*, mince lame opaque qui forme une sorte de couvercle à coulisse sur la face du châssis tournée vers l'objectif. Ce volet est soit rigide, en tôle, aluminium ou ébonite, soit à brisures (ou demi-rideau), ou à rideau entier, ce qui permet de ne pas le retirer entièrement du châssis que l'on ouvre, sans pour cela l'en faire dépasser de toute sa longueur, puisqu'il peut se rabattre contre l'autre face. Le volet à brisures, que l'on tire à l'aide d'une languette extérieure

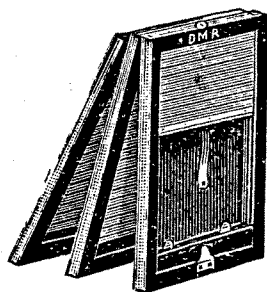
pour démasquer la plaque, doit son nom de demi-rideau à ce qu'une partie de sa surface est divisée et collée sur une bande d'étoffe opaque formant charnière, de manière à pouvoir se rabattre sur la face extérieure du châssis (fig. 9).

Le volet à rideau a toute sa surface constituée par un grand nombre de lamelles de bois étroites collées sur étoffe. Cette disposition lui donne une souplesse suffisante pour contourner une traverse de bois arrondie placée dans l'épaisseur du châssis et glisser dans des rainures ménagées sur ses deux faces. Le rideau vient ainsi s'appliquer sur la



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 9. — Châssis à brisures,  
ou à demi-rideaux.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 10.  
Châssis à rideaux entiers.

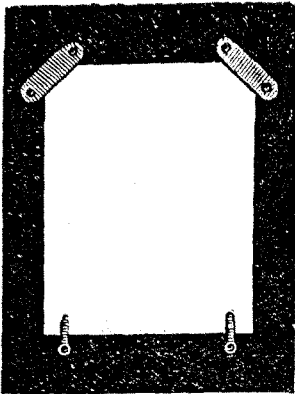
face extérieure du châssis, quand on démasque la plaque. Ce volet souple préserve plus sûrement la préparation sensible des moindres filets de lumière qui pourraient s'introduire dans le châssis et la mettre hors d'usage. On peut l'ouvrir même quand il est placé sur un appareil exposé au soleil, tandis qu'il serait imprudent d'ouvrir un châssis à volet rigide sans prendre la précaution de recouvrir la chambre noire d'un voile en étoffe opaque. Son défaut est que l'on ne peut essayer les poussières portées par sa face interne.

Le châssis d'atelier (fig. 1) ne contient qu'une seule plaque, que l'on introduit par l'arrière, c'est-à-dire du côté opposé au volet, après avoir ouvert une porte maintenue par des taquets. Les châssis des appareils portatifs contiennent ordinairement deux plaques disposées dos à dos et séparées par une cloison opaque à laquelle sont adaptés des ressorts en lame destinés à pousser les plaques contre leurs taquets de retenue, de manière à assurer la concordance qui doit exister entre la surface sensible et le plan déterminé par la mise au point.

Chaque face du châssis est fermée par un volet, à brisures ou à rideau (fig. 9-10).

Pour éviter que la lumière ne s'infiltré entre le châssis et le corps arrière de l'appareil où il est mis en place, une fois le volet tiré, le bord du châssis comme celui du cadre sont garnis de velours noir et s'appliquent l'un contre l'autre.

Lorsqu'on doit exécuter une photographie de format plus petit que celui du châssis, il faut y adapter un *intermédiaire* (fig. 11).



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 11. — Intermédiaire.

Cette pièce est ordinairement constituée par un cadre, en bois mince, carton verni ou métal, qui prend la place qu'occupent habituellement les plaques sensibles et dont le centre est évidé de manière à recevoir une plaque plus petite. L'intermédiaire est maintenu par les taquets du châssis et porte lui-même des taquets destinés à retenir la petite plaque. Les châssis de grandes dimensions sont presque toujours accompagnés d'une série d'intermédiaires concentriques, c'est-à-dire s'adaptant les uns aux autres, de manière à rendre possible l'utilisation des formats de plaques les plus usuels :  $6,5 \times 9$ ,  $9 \times 12$ ,  $13 \times 18$ ,  $18 \times 24$ ,  $21 \times 27$ ,  $24 \times 30$ ,  $30 \times 40$ , etc.

Les appareils essentiellement portatifs et de petit format pour amateurs, n'emploient que des châssis très minces en métal, contenant chacun une seule plaque. Dans d'autres modèles, au contraire, les plaques sont toutes réunies dans un *magasin* (visible fig. 8).

**Magasin.** — On désigne sous ce nom un tiroir disposé de manière à contenir plusieurs plaques, une douzaine par exemple. Chaque place est placée dans un porte-plaque et vient, à tour de rôle, occuper le plan focal. Un mécanisme très simple assure le fonctionnement du magasin, qu'un volet peut fermer et qui est amovible, pouvant être tenu à la main par une poignée. L'escamotage se fait à chaque traction du tiroir : la plaque de dessus tombe sous les autres, qui reviennent au-dessus d'elle lorsqu'on repousse le tiroir dans son bâti; un verrouillage peut l'immobiliser dans celui-ci quand on veut tenir tout l'appareil par la poignée.

Une disposition analogue, mais sans magasin-tiroir indépendant et amovible, existait dans la *Photojumelle* Carpentier et la *Sténogramme* Joux. Dans le magasin Hanau, on tirait à fond le tiroir au moment de la pose, et c'était la douzième plaque, celle du fond, qui était impressionnée, les onze autres restant dans le tiroir faisant saillie hors de son bâti-caisse : c'est lui qui sert à ce moment de chambre noire, l'appareil ne se composant ainsi guère que du magasin et de la planchette porte-objectif et obturateur. L'absence du corps proprement dit rend l'appareil extrêmement peu encombrant une fois fermé. Il ne se construit plus aujourd'hui.

Les plaques de verre ont l'inconvénient d'être lourdes et fragiles ; aussi les remplace-t-on de plus en plus par le celluloid. Dans beaucoup de petits appareils, le support de la surface sensible est une pellicule souple (*film*) en forme de longue bande enroulée sur une bobine en même temps qu'une bande de papier noir la dépassant par les deux bouts. Les chambres destinées à utiliser ces pellicules portent un magasin spécial dans lequel se déroulera la bande. La bobine y est introduite, en pleine lumière ; on tire la bande de papier qui l'entoure, on la fixe à un axe disposé à l'une des extrémités du magasin, que l'on referme ensuite, et on tourne une clef extérieure reliée à cet axe. Le commencement de la bande sensible se trouve ainsi démasqué, prêt à recevoir l'impression lumineuse aussitôt que l'objectif aura été ouvert. Après la pose, on donne quelques tours de clef, la surface impressionnée est enroulée sur l'axe et protégée par le papier noir dont elle est doublée, et une nouvelle surface se trouve à son tour en position pour enregistrer l'image transmise par l'objectif. Un chiffre imprimé au dos du papier et visible à travers une fenêtre rouge, permet de savoir quand une longueur convenable de film a été remplacée, et d'arrêter la rotation. Quand la bande a été impressionnée dans toute sa longueur, elle se trouve enroulée tout entière autour de l'axe terminé par la clef extérieure ; en donnant encore quelques tours de clef, on achève d'enrouler la bande de papier noir, dont le but est de préserver la couche sensible de la lumière extérieure. Rien n'empêche alors de retirer, en plein jour, la bobine impressionnée et de la remplacer par une nouvelle bobine. Le touriste, l'explorateur, peuvent ainsi, munis d'une provision suffisante de bobines, faire ample moisson de documents ou de souvenirs, sans



être obligés de s'enfermer dans une pièce obscure pour y manipuler des préparations que le moindre filet de lumière suffirait à mettre hors d'usage. De là le succès de ces appareils.

On peut adapter à un appareil à pellicules un porte-châssis à plaques, permettant de mettre au point sur verre dépoli et d'employer pour divers travaux des plaques particulières. Inversement, on a construit des châssis porte-rouleaux pelliculaires qui se montent à la place de châssis à plaques; c'est même sous cette forme que furent construits par Eastman les premiers appareils à pellicules.

On construit, enfin, des châssis-magasins destinés à recevoir des pellicules indépendantes les unes des autres, et non plus en longues bandes. Tels sont le *film-pack* Premo et le *bloc-film* Lumière, qui permettent également d'exécuter un nombre illimité de clichés sans recourir au chargement des châssis dans le laboratoire. Douze pellicules sont livrées par le fabricant empaquetées ensemble; à chacune d'entre elles est collée une feuille de papier noir passée sur une baguette de bois arrondie, repliée sur le côté opposé du paquet et terminée par une languette qui fait saillie à l'extérieur au dos. Le paquet étant introduit dans le châssis-magasin, on tire d'abord la première feuille noire, et la première pellicule, ainsi démasquée, se trouve prête à recevoir l'impression. La pose achevée, on tire la feuille de papier noir à laquelle est collée par son extrémité inférieure la pellicule qui vient d'être utilisée; cette pellicule, suivant la feuille noire, passe donc sous la baguette de bois arrondie disposée dans le bas du paquet, et vient ensuite se placer derrière les autres pellicules. A ce moment, la feuille de papier noir est presque complètement sortie du paquet: il n'y a plus qu'à déchirer toute la partie qui fait saillie. En même temps que la première pellicule passe en arrière du paquet, elle démasque la seconde, que l'on amènera derrière la première, après la pose, en tirant la feuille noire après laquelle elle est collée. Quand les douze pellicules ont été ainsi successivement utilisées, la première se trouve de nouveau devant toutes les autres, mais elle a devant elle une dernière feuille de papier noir qui se trouvait derrière la douzième pellicule et qui maintenant protège la première de l'action lumineuse. On peut donc retirer le *film-pack* du châssis et y placer un nouveau paquet.

On a construit (appareil *Sinnor*, Jouglà) des châssis analogues en carton, contenant 6 ou 12 plaques (et non pellicules) séparées

par du papier noir enveloppant chacune, et où le chargement se faisait, aussi bien que l'escamotage, en plein jour, le châssis se trouvant fermé à la lumière après chaque remplacement de plaque, qui passait derrière les autres.

**Viseurs.** — L'examen de l'image projetée sur le verre dépoli n'a pas pour seul but le réglage de la mise au point, c'est-à-dire de la distance qui doit séparer l'objectif de la surface sensible : il sert aussi à régler la *mise en plaque*, c'est-à-dire la manière dont le sujet se présente dans le champ de l'instrument.

Les chambres noires dépourvues de verre dépoli nécessitent l'emploi d'un *viseur*. Cet accessoire accompagne d'ailleurs la plupart des appareils portatifs, même ceux qui sont munis d'un écran de mise au point : dans ce cas, le viseur est encore utile, une fois le châssis en place et la plaque démasquée, pour représenter les objets qui se déplacent et dont il n'est pas possible de repérer d'avance, sur le verre dépoli, la position exacte qu'ils vont occuper sur la surface sensible.

Le viseur est constitué soit par une chambre noire en miniature dont l'image est ordinairement redressée par un miroir incliné à  $45^\circ$ , soit par un verre concave qui raptise les objets que l'on voit à travers, et où sont gravés deux traits perpendiculaires et derrière lequel est, pour diriger correctement l'axe de visée, un œilleton (fig. 12). Un miroir à  $45^\circ$  permet également de viser non pas directement, mais à angle droit, de haut en bas par exemple. On emploie beaucoup aujourd'hui des viseurs donnant une image réelle par une large lentille convergente coupée en carré, image qui se forme non sur un verre dépoli plus ou moins abrité de la lumière ambiante par un capuchon, mais dans l'air. Les limites du champ se modifient donc quand l'œil se déplace.

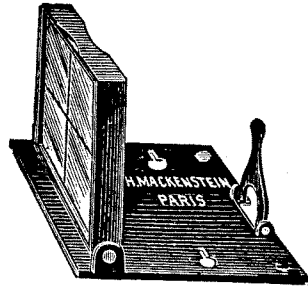


Fig. 12. — Viseur clair.

Le plus simple et le meilleur des viseurs ne comporte aucun verre : il consiste en un simple cadre, de dimensions égales à celles de la plaque, dans lequel se découpe la portion de paysage qui sera photographiée, si on le vise à travers un œilleton éloigné du cadre autant que l'objectif l'est de la plaque. On en voit des exemples sur les

figures 5 et 7. On peut matérialiser le centre de ce cadre viseur au moyen de deux fils tendus en croix du milieu de chaque côté.

A supposer que ces viseurs aient été soigneusement établis et réglés (ce qui est fort rare) pour qu'ils indiquent exactement le champ effectivement embrassé par l'appareil, ils cessent d'être exacts lorsque ce dernier est décentré ou qu'une mise au point rapprochée l'a beaucoup allongé.

Pour viser les sujets éloignés, on a parfois employé une petite lunette d'approche à diaphragme délimitant un champ rectangulaire.

Tous ces viseurs permettent bien de braquer l'appareil dans la direction voulue et de saisir le sujet à l'instant précis où il se trouve le mieux placé, mais non de régler la mise au point. Ce réglage ne saurait être effectué à l'avance pour la plupart des scènes animées, dont les sujets vont occuper des positions impossibles à prévoir. Or, les objectifs très lumineux que l'on utilise en pareil cas ne donnent des images nettes que dans un plan rigoureusement délimité et exigent, par suite, que la mise au point soit réglée avec soin au dernier moment. On a construit, à cet effet, des chambres à deux corps, munies de deux objectifs identiques, dont l'un projette l'image du sujet sur la plaque sensible et l'autre sur le verre dépoli, avec ou sans miroir à 45° redressant l'image. L'opérateur a ainsi la faculté d'observer et de rectifier soit la mise en plaque, soit la mise au point, jusqu'au moment de la pose.

Cette combinaison conduit à des résultats parfaits, mais son application n'est pas sans inconvénients. Dans l'atelier, elle n'a que le défaut de nécessiter l'achat de deux objectifs, généralement très coûteux, bien que celui de la chambre-viseur puisse être de très médiocre qualité, l'image pouvant sans inconvénient être à irisations chromatiques et un peu déformée ou floue vers les bords. Pour les travaux en plein air, l'appareil double est, en outre, trop lourd et trop encombrant, quand on ne s'en tient pas aux plus petits formats.

C'est pour éviter ces inconvénients qu'ont été imaginées les chambres *reflex*, ou à miroir. Ces appareils ont été quelque temps assez répandus, satisfaisant à des nécessités nouvelles. L'extension croissante de l'illustration photographique, le goût, chaque jour plus affirmé, du public pour l'information rapide et le document précis, ont créé un mode de reportage inconnu de la génération qui

nous a précédés. Les appareils ordinaires ne satisferaient pas aux conditions requises.

Il faut avoir la faculté d'opérer sur-le-champ et supprimer tout préparatif d'installation, puisqu'on est constamment sous le coup de l'improviste, ignorant souvent, une minute à l'avance, à quel endroit il faudra se placer pour photographier une arrivée, un incident sportif, une scène caractéristique, le passage d'une personnalité dans un champ de bonne visibilité, etc.

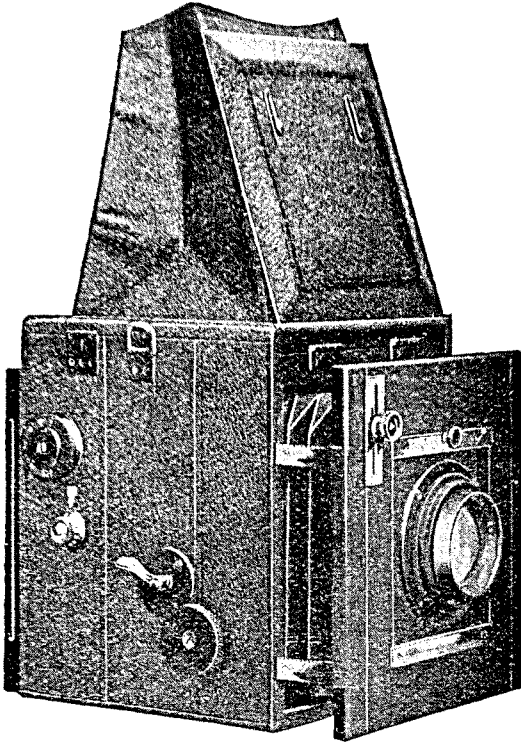
Il ne saurait donc être question de fixer la chambre noire sur un pied : il faut qu'elle soit tenue en mains, soutenue par une courroie, et pouvant être braquée en un clin d'œil vers le sujet. Un viseur ordinaire ne servirait pas à grand'chose, car il ne suffit pas que le sujet se trouve dans le champ de l'objectif, il faut aussi qu'il soit net sur la plaque; or, nous venons de le dire, cette netteté exige une mise au point d'autant plus rigoureuse que l'objectif est à plus grande ouverture ; et celle-ci est indispensable pour le reportage, l'éclairage étant si défavorable en bien des circonstances qu'il serait absolument insuffisant avec des objectifs de médiocre luminosité. Il faut donc mettre au point, et rectifier le plan focal jusqu'au moment même d'opérer, puis, sans perdre même une demi-seconde, impressionner la plaque. Il est donc nécessaire qu'en un instant la surface sensible soit substituée au verre dépoli, et l'obturateur prêt à ouvrir et fermer l'objectif. Aucun des modèles précédemment décrits ne permettrait de réaliser ce tour d'adresse, quelle que soit d'ailleurs l'habileté de l'opérateur.

Ces conditions toutes particulières ne sont réalisées que dans les appareils à miroir, dits *Reflex*, dont les fig. 13 et 14 reproduisent deux variétés. L'appareil, primitivement rigide et par suite passablement encombrant, est souvent pliant. Il est suspendu par une courroie autour du cou. Un miroir incliné de 45° sur l'axe optique renvoie l'image fournie par l'objectif sur le verre dépoli, qui occupe la paroi supérieure. Un cône souple remplace le voile noir pour apercevoir l'image et mettre au point. Le châssis est déjà mis en place, du côté qui fait face à l'objectif, et la plaque démasquée pendant la mise au point; seulement le rideau de l'obturateur ainsi que le miroir interposé empêchent la lumière transmise par l'objectif de venir impressionner la surface sensible. On observe donc le sujet, sur le verre dépoli, jusqu'au moment de le photographier. Il suffit

alors de presser la détente : le miroir pivote et vient s'appliquer contre le verre dépoli, qu'il couvre complètement, en même temps que fonctionne l'obturateur (du type *focal plane*, décrit dans le chapitre III) disposé devant la plaque.

Aujourd'hui, les professionnels du reportage n'emploient plus guère cet appareil, jugé trop lourd et trop encombrant, et qui ne permet pas de viser à la hauteur des yeux. Ils préfèrent des appareils Klapp à viseur clair sans miroir.

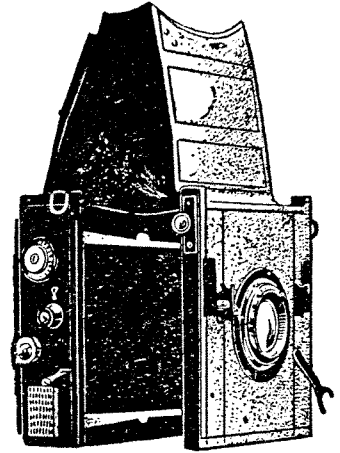
Supports des appa-



Cl. Union.

Fig. 13.

Appareil *Reflex-Primar* rigide 9 × 12 cm.

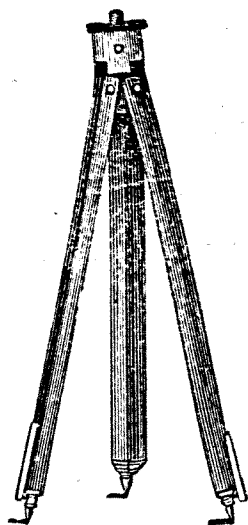


Cl. Union.

Fig. 14. — *Reflex-Primar* pliant 9 × 12 (ouvert).

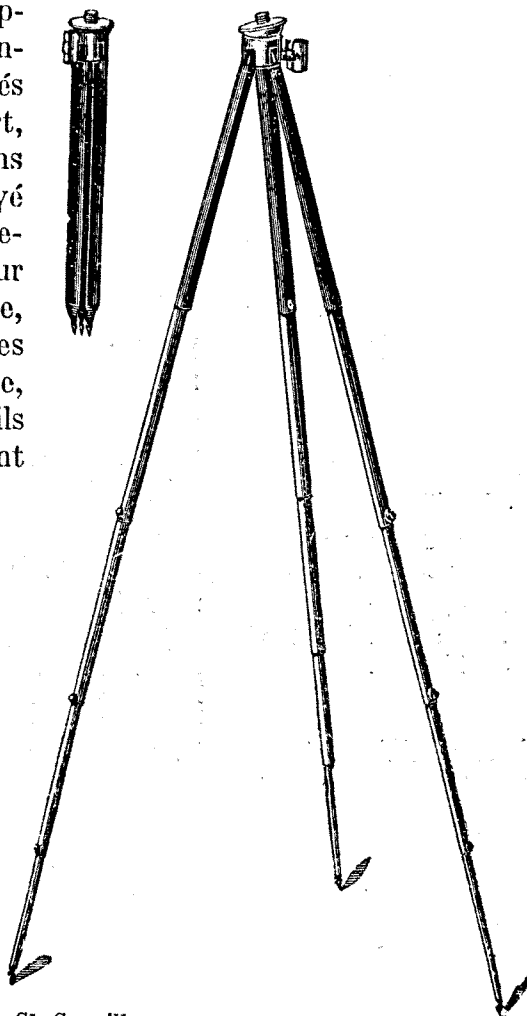
**reils légers.** — Le pied d'atelier (fig. 1), offre une solidité qui met la chambre noire à l'abri des trépidations, mais il est très lourd. Le touriste, le promeneur, ont besoin de supports légers et peu encombrants. Pour les appareils de formats assez grands, on construit des trépieds en bois, dit à *brisures* ou à *boîtes*, dont chaque branche est formée de trois ou quatre parties coulissant ou se rabattant les unes sur les autres. La hauteur totale de ces supports atteint environ 1<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,60; repliés, ils ne dépassent

rière 60 centimètres. C'est encore trop pour beaucoup d'amateurs, qui préfèrent les pieds métalliques (fig. 15) dont chaque branche a quatre à sept éléments formés de tubes concentriques assemblés comme ceux des lunettes d'approche. De petits ressorts maintiennent ces éléments ajustés bout à bout. Pour le transport, les tubes rentrent les uns dans les autres après qu'on a appuyé sur des boutons saillants renoussés par ces ressorts. Pour réduire encore la place perdue, on donne souvent aux tubes une section non pas circulaire, mais triangulaire à  $120^\circ$  : ils s'appliquent ainsi exactement



Cl. Bellieni.

Fig. 15. — Pied métallique à branches rentrantes, de section triangulaire

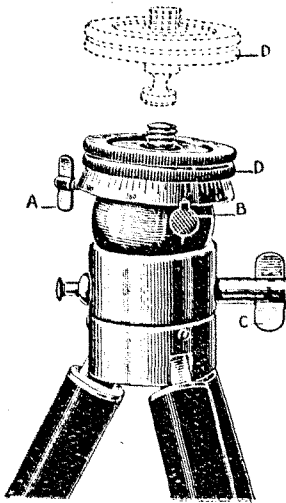


Cl. Gravillon.

Fig. 16. — Pied à 5 branches métalliques rentrantes et tête inclinable à rotule, fermé et ouvert.

les uns contre les autres, sans vide entre eux. Cette disposition offre l'avantage de la légèreté et réduit le bagage au minimum, mais elle ne convient qu'aux chambres très légères et qui n'offrent au vent qu'une

faible surface : les tubes, en cuivre émaillé ou nickelés ou en aluminium, prennent en effet assez rapidement du jeu, et leur faible section les rend flexibles. La stabilité de l'appareil supporté est donc très précaire.



Cl. Gravillon.

Fig. 17. — Pied à rotule mobile en tous sens, avec plateau gradué, tête amovible et vis de blocage.

Chaque fois qu'il est possible de réduire la pose à moins de  $1/10$  de seconde environ, on peut généralement se passer de ces supports instables, et se contenter d'appuyer contre un mur, un arbre, etc. l'appareil simplement tenu à la main, ou le suspendre à une courroie passée sur les épaules et autour du cou. Mais le mouvement du doigt pour déclencher l'obturateur donne aisément, dans l'instantané lent, un ébranlement qui se traduit par du flou, si l'opérateur ne veille pas à s'entraîner, comme le tireur, à immobiliser le corps et à retenir sa respiration au moment d'opérer. On a construit de petits supports de fortune, se vissant dans un bois ou s'agrafant à une chaise.

Les pieds portent généralement tous un même pas de vis, standardisé au Congrès international de 1889. Mais ceux d'Amérique et d'Angleterre ont souvent un autre pas, plus petit. Il existe des pièces de raccord permettant de visser un écrou sur l'autre pas.

Mentionnons les *rotules* se vissant entre le pied et l'appareil, et permettant de faire pivoter et incliner l'appareil dans toutes les positions, puis de l'immobiliser par vis de serrage. Ces rotules peuvent comporter une plate-forme à rotation, parfois graduée (fig. 17).

#### OUVRAGES A CONSULTER

- G. MAURION, *Le Matériel photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.
- G. MÉNÉTRAT, *Étude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs*, Paris (Ch. Mendel), 1906.
- J.-M. EDER, *Die photographische Kamera und die Momentapparate*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S (W. Knapp).
- G. PIZZICHELLI, *Die photographischen Apparate*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S (W. Knapp).
- J.-F. SCHMIDT, *Das Photographieren*, 2<sup>e</sup> édition, Vienne (A. Hartleben), 1909.

## CHAPITRE II

## L'OBJECTIF

**Principes d'optique. Propagation de la lumière.** — La lumière est une forme d'énergie, qui se propage par ondulations ou vibrations extrêmement serrées (un deux-millième à un trois-millième de millimètre environ, suivant la couleur), à une vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde dans l'air. Elle se propage en ligne

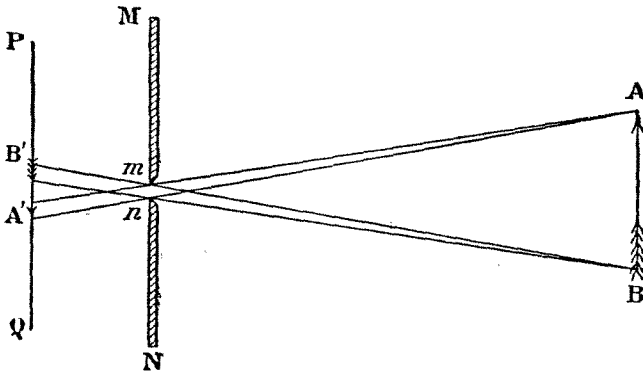


Fig. 18. — Propagation de la lumière à travers un orifice  $mn$ .

droite dans un milieu homogène, par exemple dans une atmosphère calme et limpide. C'est en vertu de cette propriété que les objets extérieurs projettent leur image renversée au fond d'une chambre obscure percée d'une petite ouverture (fig. 18). Les rayons émanés de l'objet  $AB$  se dirigent en sens très divers, mais seuls traversent l'écran  $MN$  ceux qui frappent l'ouverture et se croisent en  $mn$ ; une tache lumineuse formant, un peu floue, l'image du point  $A$ , se forme en  $A'$  sur l'écran  $PQ$ , et celle de  $B$  en  $B'$ .

Mais la lumière prend une direction différente chaque fois qu'elle rencontre un obstacle ou change de milieu. Si elle tombe sur une surface polie, sur un miroir, par exemple, elle s'y *réfléchit*, et sa nou-



velle direction est liée à sa direction primitive et à la position de la surface réfléchissante par une loi constante : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Si la surface n'est pas parfaitement polie, ce qui revient à être formée de facettes microscopiques orientées en tous sens, la réflexion se fait dans toutes les directions : la lumière est dite *diffusée*, ce qui rend l'éclairement égalisé partout. Si elle rase les bords très nets d'une lame opaque, elle est déviée très faiblement et plus ou moins suivant sa couleur, produisant ainsi des franges par *diffraction*. Si elle passe d'un corps transparent dans un autre corps transparent, ou si le milieu primitif, sans changer de nature, change de densité, une partie des rayons lumineux se réfléchissent, et le reste est dévié par *réfraction*. De là vient qu'un bâton plongé obliquement dans l'eau nous semble brisé. De même les rayons émanés d'un astre voisin de l'horizon pénètrent obliquement dans l'atmosphère qui entoure notre planète, et sont déviés : l'observateur qui les reçoit et vise dans cette direction croit donc voir l'astre plus élevé au-dessus de l'horizon qu'il ne l'est réellement (de plus d'un demi-degré). La déviation augmente avec l'obliquité des rayons, et n'est pas la même pour toutes les substances. L'*indice de réfraction* d'un corps est le rapport entre son pouvoir réfringent et celui de l'air : il est de 1,33 pour l'eau, 1,6 pour la moyenne des verres.

L'indice de réfraction n'est d'ailleurs pas le même pour toutes les couleurs. Si, par une ouverture étroite, on fait pénétrer dans une chambre obscure un faisceau de lumière blanche, comme celle du soleil ou de l'arc électrique, on vérifie aisément sa direction rectiligne. Mais, si l'on interpose sur son trajet un prisme de cristal à base triangulaire, le faisceau n'est pas seulement dévié : les diverses nuances qui étaient contenues dans la lumière blanche se réfractent chacune d'une quantité différente (peu pour les radiations rouges, beaucoup pour les violettes), de sorte qu'elles cessent de rester confondues, et se séparent. Le faisceau s'élargit et se décompose en un nombre infini de couleurs très délicatement fondues l'une dans l'autre, par nuances insensibles, où l'œil peut reconnaître, comme dans l'arc-en-ciel, les sept teintes principales suivantes :

Rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

C'est là le *spectre visible* de la lumière blanche. En réalité, notre œil n'aperçoit qu'une faible partie du spectre réel ; en deçà du rouge comme au delà du violet, il existe d'autres radiations dont il est

facile de mettre les propriétés en évidence. L'*infra-rouge*, riche en radiations chaudes, agit sur le thermomètre, et l'*ultra-violet* impressionne la plaque photographique, de même qu'il agit fortement sur bien d'autres substances chimiques et la matière vivante. L'air, la vapeur d'eau, le verre ordinaire, l'arrêtent plus ou moins.

Cette décomposition de la lumière est désignée sous le nom de *dispersion* : dans le spectre visible, le rouge est peu dévié, c'est la couleur la moins *réfrangible*, tandis que le violet subit la plus forte réfraction. L'écart entre les couleurs varie suivant la nature du prisme, qui peut être plus ou moins *dispersif*, qualité distincte du pouvoir réfringent.

**Lentilles.** — Les lentilles sont des disques transparents qui, par la courbure de leurs surfaces, ont la propriété de faire converger ou diverger les rayons lumineux qui les traversent. On peut les considérer comme formées par l'assemblage d'une infinité de petits prismes circulaires, dont l'inclinaison des faces (et, par suite, l'effet réfringent) varie progressivement depuis le bord jusqu'au centre. Plus la courbure des faces est

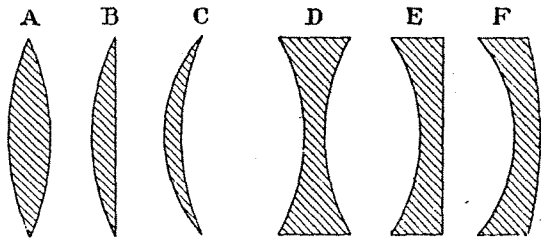


Fig. 19. — Lentilles.

accentuée (faible rayon de courbure), plus la distance focale est courte, pour du verre donné. Deux lentilles identiques comme surfaces n'auront pas, par contre, la même longueur focale si elles sont de deux verres différents : le verre le plus réfringent donnera une focale plus courte. Une erreur de  $1/1\ 000$  sur le rayon de courbure des faces extérieures entraîne un changement de  $3/1\ 000$  dans la longueur focale. Les lentilles convergentes ou convexes sont plus épaisses au centre que sur les bords, et les lentilles divergentes (concaves) plus minces au milieu qu'à la périphérie. Suivant la forme de leurs surfaces, elles se classent en six espèces différentes, représentées en coupe figure 19.

*Lentilles convergentes.*

- A biconvexe.
- B plan-convexe.
- C ménisque convergent.

*Lentilles divergentes.*

- D biconcave.
- E plan-concave.
- F ménisque divergent.

On appelle *axe principal* d'une lentille la ligne droite qui passe par les centres de courbure de ses surfaces sphériques. Si l'une des faces de la lentille est plane, l'axe principal est perpendiculaire à cette surface et passe par le centre de courbure de la surface sphérique.

Le *foyer principal* d'une lentille est le point où se coupent les rayons réfractés provenant d'un faisceau incident parallèle à l'axe (source située à l'infini). On dit parfois simplement *foyer*. Ce même mot est trop souvent employé, beaucoup plus à tort, pour désigner non un *point* mais la *longueur* ou *distance focale*, la distance du foyer au centre de la lentille. On reconnaît la place qu'occupe le foyer principal d'une lentille convergente en présentant cette lentille aux rayons du soleil ou de la lune : la lumière se concentre au foyer en une image plus petite et plus éclatante qu'en tout autre lieu. Cette image n'est d'ailleurs pas un point, mais un disque dont le diamètre est sensiblement 1 millimètre par décimètre de distance focale, le Soleil ou la Lune ayant un diamètre apparent moyen d'environ 31'.

L'image qui se forme sur un écran placé dans une chambre obscure, derrière un volet percé d'un petit trou, n'est jamais nette. Les contours des objets sont mal délimités. La raison en est que l'ouverture, si étroite qu'elle soit, offre toujours une certaine surface. Dès lors, le faisceau lumineux issu d'un point quelconque, par exemple A (fig. 18), est un cône qui va dessiner sur l'écran, en A', non pas un point, mais un cercle dont la largeur dépend de celle de l'ouverture et de la distance de l'écran. Si l'on réduit l'ouverture, outre que l'image s'assombrit, une autre cause de confusion intervient : c'est une déviation des rayons lumineux, connue en physique sous le nom de *diffraction*, également signalée plus haut.

Pour avoir une image brillante, il faut élargir l'ouverture, comme l'avait fait Cardan, et y adapter une lentille convergente qui prendra le nom d'*objectif*. La netteté de l'image exige que l'écran se trouve placé à une distance déterminée de la lentille. En deçà comme au delà de cette distance, l'image est confuse et cesse même d'être visible.

Cette distance varie suivant la forme de la lentille, l'indice de réfraction de la matière dont elle est formée, et suivant l'éloignement de l'objet dont il s'agit de reproduire l'image.

Quand l'objet est si éloigné qu'on puisse le considérer pratiquement comme se trouvant situé à l'infini (astres), son image se forme au foyer principal, et extrêmement rapetissée (lunettes astronomiques, longues-vues, objectifs pour paysages).

Quand l'objet est séparé de la lentille par une distance égale au double de sa distance focale principale, son image est aussi éloignée du double de cette distance focale, et de même grandeur que l'objet.

Quand la distance de l'objet à la lentille est inférieure au double de la distance focale principale, son image est amplifiée et se forme au delà du double du foyer principal. C'est le cas dans les appareils de projection et d'agrandissement, le microscope.

Quand la distance de l'objet est supérieure au double de la distance focale, son image est diminuée. Elle diminue d'autant plus que l'objet est plus éloigné, et se forme de plus en plus près du foyer principal. Ce déplacement de l'image diminue très rapidement d'importance à mesure que l'objet est plus loin, de sorte qu'au delà d'une certaine distance les changements de position de l'image deviennent imperceptibles et pratiquement négligeables. Cette limite à partir de laquelle la position de l'image, au foyer, reste pratiquement invariable, est la *distance hyperfocale*. Cette distance est d'autant moindre que l'objectif a une distance focale principale plus courte et aussi qu'il a une ouverture plus faible, c'est-à-dire un plus petit diaphragme. On peut dire, avec une approximation suffisante, que « l'infini photographique » commence pratiquement à 1 500 fois la longueur focale divisée par le rapport d'ouverture : si l'objectif a 14 centimètres de focale et une ouverture  $f/7$ , il donnera net sans modifier la mise au point à partir de  $\frac{1\,500 \times 14}{7} = 3\,000$  cen-

timètres, ou 30 mètres. Si l'objectif avait un diaphragme deux fois plus petit, donc une ouverture  $f/14$ , la distance hyperfocale commencerait dès 15 mètres. C'est pourquoi les appareils pourvus d'un objectif à bon marché sont qualifiés, avec un peu d'exagération, « au point pour toutes les distances ».

A l'époque de la découverte du daguerréotype, l'objectif était encore constitué, comme au XVI<sup>e</sup> siècle, par un simple verre convexe. Une telle lentille ne peut pas donner des images correctes; elle est très loin surtout de satisfaire aux conditions de la photographie,

parce qu'elle présente plusieurs défauts ou *aberrations* que nous allons analyser.

**Aberration de sphéricité.** — Les rayons lumineux qui traversent une lentille convergente simple ne concourent pas tous au même point. Le foyer des rayons passant par le centre est plus éloigné de la lentille que ceux qui passent par ses bords (fig. 20), ce qui est mathématiquement imposé par la forme sphérique des faces et la loi de la réfraction. Il en résulte que l'image d'un point,

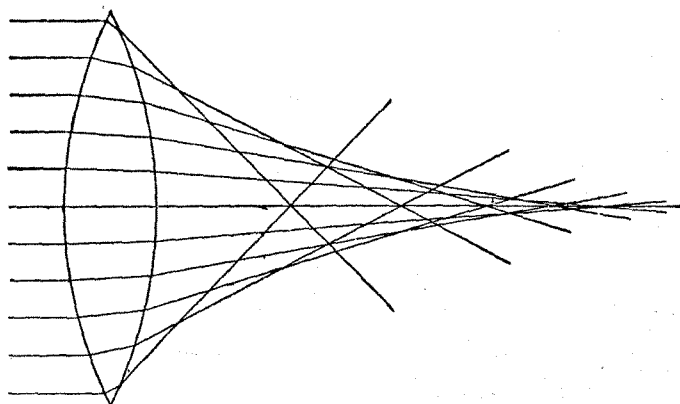


Fig. 20. — Aberration de sphéricité.

sur toute la surface de l'image, est un cercle plus ou moins large et diffus, et que les contours des objets se montrent cernés d'une sorte de nébulosité.

Ce défaut, qui résulte nécessairement de la forme sphérique des surfaces de la lentille, est atténué par l'interposition d'un *diaphragme*, lame opaque percée d'une ouverture ronde qui ne laisse passer que les rayons centraux et arrête les rayons marginaux. On pourrait tout aussi bien supprimer au contraire les rayons passant par la région centrale et n'admettre que ceux qui traversent le pourtour de la lentille : il suffirait de coller une rondelle de papier sur le centre, tour de main utilisable en excursion si l'on ne dispose pas de diaphragmes. L'image gagne alors en netteté, mais la réduction de l'ouverture diminue la luminosité de l'objectif et nécessite un temps de pose plus long. D'ailleurs, à moins de réduire le passage des rayons à une très petite ouverture, ce qui ferait alors apparaître des phénomènes de diffraction, le diaphragme réduit l'aberration sphérique,

mais ne la supprime pas entièrement. Pour que l'objectif en soit complètement exempt, il faut le composer de deux lentilles, l'une convexe et l'autre concave. En choisissant convenablement les deux verres, en combinant leurs courbures, on réalise un couple convergent sans aberration sphérique. Les objectifs ainsi constitués sont appelés *aplanétiques* (de  $\acute{\alpha}$ , sans, et  $\pi\lambda\acute{\alpha}\nu\eta\tau\omicron\varsigma$ , [rayon] errant, égaré). Ils donnent à toute ouverture une image nette, mais seulement au centre; la netteté ne s'étend jusqu'aux bords qu'en interposant un diaphragme. Il faut toujours mettre d'abord au point à toute ouverture, puis ne diaphragmer qu'ensuite.

**Courbure du champ.** — Même lorsqu'on a à reproduire une surface plane, comme une carte de géographie, on remarque que l'image fournie par une lentille simple à toute ouverture n'est pas nette sur les bords lorsqu'elle l'est au centre, et réciproquement. Ce défaut est indépendant de l'aberration sphérique, il n'intéresse pas, comme elle, toute l'image, mais seulement la portion soit centrale soit marginale. Il résulte de la forme de l'écran sur lequel est reçue l'image. Cet écran est une surface plane, tandis que le champ de l'image lenticulaire est courbe. Le diaphragme, en augmentant la profondeur de foyer, n'obvie que faiblement à cet inconvénient, et au détriment de la luminosité. En combinant convenablement différentes lentilles, on arrive à réaliser des objectifs donnant un champ sensiblement plan à grande ouverture, et un angle dépassant  $60^\circ$  sans différence sensible de netteté. Il faut considérer que les verres ainsi combinés doivent satisfaire en même temps à la correction de l'aberration de sphéricité, à celle de l'aberration chromatique, etc. Le calculateur est donc prisonnier de conditions très étroites, et ne peut souvent que concilier du mieux qu'il peut et imparfaitement des exigences contradictoires. « L'objectif parfait » n'existe pas et ne peut exister.

**Distorsion.** — Ici, le défaut porte non sur la netteté, mais sur la *forme* des lignes. Un diaphragme placé en avant de l'objectif occasionne une déformation de l'image, en incurvant ses lignes. Ainsi, deux traits verticaux se trouveront représentés de la façon suivante ( ) : c'est la distorsion en *barillet*.

Si le diaphragme est placé en arrière de l'objectif, l'incurvation se produit encore, mais dans le sens opposé, de telle sorte que les deux traits verticaux seront ainsi reproduits ) ( : c'est la distorsion

en *croissant*. On constate l'existence et les caractères de la distorsion dans un objectif en photographiant un quadrillage. On évite cette déformation en intercalant le diaphragme entre deux systèmes de lentilles symétriques (*rectilinéaires, rectilignes* ou *orthoscopiques*).

**Astigmatisme.** — Les corrections apportées aux défauts optiques précédents ne suffisent encore pas à donner des images correctes dans toute l'étendue du champ. Ainsi, l'image d'un petit objet rond (une pièce de monnaie par exemple) sera bien ronde si elle est placée d'aplomb et juste en face du centre de l'objectif. Mais si on la déplace, ou si l'on tourne la chambre noire de façon que l'image ronde se dessine sur les bords du verre dépoli, il sera impossible d'en obtenir une reproduction correcte : elle sera allongée en ovale, dont l'éclairement inégal donnera parfois à la tache ainsi formée l'aspect d'une queue de comète, d'où le nom de *coma* donné à ce défaut. Comme cette aberration empêche d'obtenir l'image exacte d'un point elle a reçu le nom d'*astigmatisme* (de  $\alpha$ , sans, et  $\sigma\tau\acute{\iota}\gamma\mu\alpha$ , point). On appelle *anastigmats* les objectifs qui en sont exempts; on n'a commencé à les construire que vers 1890, à la suite des travaux d'Abbe et de Rudolph.

L'astigmatisme a la même origine que l'aberration sphérique; seulement, au lieu d'être produite par les rayons parallèles à l'axe, l'aberration provient ici des faisceaux obliques, traversant la lentille ailleurs qu'en son centre, et rencontrant ainsi des surfaces présentant des inclinaisons diverses : les rayons réfractés n'ont pas tous leurs foyers en un point commun. Il est donc impossible, avec un objectif non corrigé de l'astigmatisme, d'obtenir une image nette d'un point sensiblement écarté de l'axe optique. On ne peut corriger ce défaut qu'en associant *au moins* trois lentilles de verres à pouvoirs dispersifs parfaitement déterminés, verres que l'on a eu de la peine à obtenir.

**Aberration chromatique ou de réfrangibilité.** — Une lentille simple agit comme un prisme : elle dévie les rayons lumineux, mais plus ou moins suivant leur couleur, les violets étant les plus déviés et les rouges les moins réfractés. Il s'ensuit une dispersion, c'est-à-dire une décomposition de la lumière blanche en ses radiations élémentaires. De là vient que les contours des objets dessinés par une telle lentille sont irisés, et que la distance focale varie suivant la couleur du sujet sur lequel on veut régler la mise au point. Comme les rayons bleus, violets et les ultra-violet, invisibles à nos yeux, mais

très photogéniques, ne forment pas leur image sur le même plan que les rayons jaunes, qui sont pour notre rétine les plus lumineux, une lentille unique donnerait une image confuse là où l'écran nous aurait montré une image nette. Un tel objectif a un *foyer chimique* (sous-entendu : distinct du foyer visuel), et ne convient pas à la photographie. On peut, il est vrai, faire la mise au point pour les rayons les plus actifs (bleus et violets) soit en examinant l'image sur un verre dépoli bleuté ou à travers un écran de cette teinte, soit en modifiant le tirage une fois la mise au point faite par l'œil en se basant sur les rayons jaune vert : il faut diminuer ce tirage d'environ  $1/50$ . C'est alors l'image jaune vert qui ne sera plus nette; mais comme cette couleur n'agit que peu sur les surfaces sensibles, il n'en résultera qu'un très léger flou autour du dessin intense et net produit par le bleu violet : effet très recherché aujourd'hui, sous le nom de *flou enveloppé*, qui adoucit la sécheresse du dessin.

Des objets de différentes couleurs ne peuvent donc être au point en même temps, puisque le rouge formera par exemple son image à 150 millimètres de l'objectif, et le violet à 147 millimètres seulement. Il est donc nécessaire d'employer des objectifs sans aucune aberration chromatique lorsqu'on veut photographier des objets multicolores, faire de la *trichromie* par exemple (v. p. 426).

→ Pour corriger l'aberration chromatique, on accole à la lentille convexe en crown-glass une lentille concave formée d'un verre différent (*flint*). L'ensemble de ces deux verres forme encore un système convergent, la lentille convergente étant la plus forte des deux; mais comme le pouvoir dispersif n'est pas proportionnel au pouvoir réfringent, on arrive à compenser la dispersion. L'objectif est alors *achromatique* (de  $\alpha$ , sans, et  $\chi\rho\omega\mu\alpha$ , couleur).

L'achromatisme n'est réalisé le plus souvent que pour deux couleurs : on calcule les courbures des verres de manière à faire coïncider le foyer des rayons jaune vert avec celui des rayons violets. Cette correction suffit généralement dans la pratique de la photographie monochrome; mais, pour la photographie des couleurs, il convient de faire coïncider également avec le foyer des rayons précédents celui des rayons rouges. Les objectifs corrigés de la sorte portent le nom d'*apochromatiques* ou celui d'*antispectroscopiques* et comportent trois verres au moins.

Le diaphragme ne peut évidemment rien contre la loi de réfran-



gibilité des radiations. Mais dans les appareils à bon marché, l'aberration de réfrangibilité est parfois simplement atténuée par l'interposition d'un diaphragme qui, en augmentant la profondeur de foyer, donne une netteté comparable et suffisante aux images provenant de rayons différents. Si la chambre noire est à foyer fixe, ou si la mise au point se fait au juger, d'après une échelle graduée, le constructeur établit le réglage sur le foyer chimique, et non pas sur le foyer optique.

**Profondeur de foyer et profondeur de champ.** — Une large lentille convergente ne donne une image nette que si l'écran de mise au point est placé à une distance rigoureusement déterminée. Si on l'avance ou si on le recule, même d'une très faible quantité, l'image devient confuse : l'objectif manque de profondeur de foyer. En outre, la même lentille, dirigée vers les objets disposés à des distances différentes, n'en reproduit pas correctement l'ensemble : si on règle la mise au point sur l'un de ces objets, son image sera nette mais celle des objets plus rapprochés ou plus éloignés ne le sera pas : l'objectif manque de profondeur de champ, ce qui est normal, puisqu'il ne peut être au point que pour une distance à la fois. Cependant, ce défaut s'atténue à mesure qu'augmente l'éloignement des objets : par exemple, un objet placé à 10 mètres et un placé à 11 mètres sont très sensiblement au point ensemble, alors que la différence de netteté de leurs deux images est considérable si l'un est à 1 mètre et l'autre à 2 mètres, bien que leur écartement soit demeuré le même. La profondeur de champ en avant du plan de parfaite netteté est très inférieure à la profondeur en arrière de ce plan. Au delà d'une certaine limite (distance hyperfocale), l'augmentation de distance ne nécessite plus la modification de la mise au point. Dans les appareils à foyer fixe (pliants ou rigides), il y a intérêt à ne pas mettre l'objectif au point tout à fait sur l'infini, mais sur la distance hyperfocale, ce qui le rendra utilisable pour une grande gamme de distances : ainsi un objectif de 8 centimètres de focale ouvert à  $f/12$  a comme distance hyperfocale  $6^m,67$ ; en réglant une fois pour toutes la mise au point sur cet éloignement, on aura une netteté satisfaisante pour tous les objets situés entre  $3^m,33$  et l'infini — c'est-à-dire, pratiquement, pour à peu près tous les sujets qui peuvent se présenter à l'amateur, portrait-buste excepté.

La profondeur de foyer aussi bien que de champ est augmentée par l'interposition d'un diaphragme, comme le montre la figure 21. Les rayons AB, émanés d'un point extérieur, traversent une lentille à toute ouverture et viennent converger à son foyer. Si le verre dépoli est exactement en F, l'image du point est nette. L'écran est-il avancé ou reculé, en M ou en N, l'image du point s'élargit et se change en une tache aux bords mal définis, que l'on désigne sous le nom de *cercle de diffusion*.

Interposons maintenant un diaphragme DD', de manière à limiter le faisceau lumineux au tracé en pointillé *ab*.

On voit que, pour le même déplacement de l'écran, le cercle de diffusion est beaucoup plus étroit.

La profondeur dépend donc de l'ouverture de l'objectif, mais elle dépend aussi de la longueur focale et du degré de netteté qu'il s'agit de réaliser. Dans la photographie ordinaire, le maximum de précision est obtenu quand l'image montre tous les détails que l'œil distingue lui-même. Or un œil normalement constitué sépare encore l'un et l'autre, à la distance de 25 centimètres, deux points écartés de  $\frac{1}{10}$  de millimètre, soit  $\frac{1}{2500}$  de la distance, ce qui représente un angle de  $1'30''$ . Cette limite de visibilité indique le maximum de précision qu'il est inutile de dépasser pour des photographies destinées à être vues à l'œil nu. Il est même rarement nécessaire d'atteindre à cette extrême netteté, et l'on peut dans la plupart des cas se contenter d'une définition moins parfaite, celle par exemple qui correspondrait à la séparation de deux points écartés l'un de l'autre de  $\frac{1}{4}$  de millimètre et placés à 30 centimètres de l'œil, ce qui ne fait plus que  $\frac{1}{1200}$  de la distance à laquelle on considère la photographie : l'angle minimum sous lequel apparaissent distincts deux points ou une épaisseur, est alors de  $3'$  environ. Au

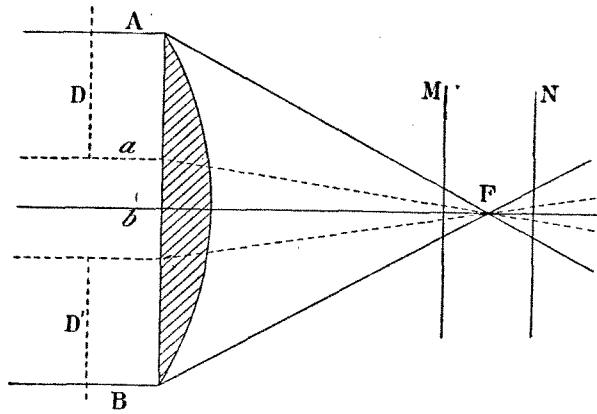


Fig. 21. — Diaphragme et profondeur de foyer.

contraire, pour obtenir des images microscopiques destinées à être observées à l'aide d'un instrument grossissant, il est nécessaire de réaliser une définition beaucoup plus précise. Dans ce cas, il faut faire usage d'objectifs parfaitement corrigés de toute aberration et mettre au point avec le plus grand soin.

On peut estimer la profondeur de foyer (en millimètres) en divisant par 5 le rapport d'ouverture : ainsi pour un objectif de 15 centimètres de focale et ouvert à  $F/10$ , la tolérance de mise au point sur l'infini (profondeur du foyer) est  $10/5 = 2$  millimètres. Si l'objectif avait une ouverture de  $F/2,5$ , cette tolérance focale se réduirait à  $2,5/5 =$  un demi-millimètre : on voit combien la mise au point doit être plus précise dans ce cas.

**Diffraction.** — Le diaphragme offre plusieurs avantages : il remédie à la courbure du champ focal, donc augmente la profondeur de foyer et la profondeur de champ, atténue l'aberration sphérique, l'aberration chromatique et l'astigmatisme. Ces avantages sont d'autant plus marqués que l'ouverture est plus réduite, mais seulement jusqu'à une certaine limite. En effet, une ouverture trop étroite n'a pas pour seuls inconvénients d'intercepter trop de lumière, de prolonger outre mesure le temps de pose et d'exagérer les contrastes de l'image. Elle en altère aussi la netteté, par un phénomène de *diffraction* (du latin *diffrangere*, séparer en rompant).

Il résulte de la nature même de la lumière, constituée par des ondulations rapides, que l'image d'un point fournie par un instrument d'optique, même supposé parfait, n'est pas un point, mais bien une tache plus ou moins large entourée de cercles concentriques. Cet effet de diffraction, invisible quand l'ouverture est suffisamment large, devient de plus en plus apparent lorsqu'on en réduit progressivement le diamètre. Ainsi, si l'on place une lentille devant une chambre noire percée d'un très petit trou et qu'on essaye de mettre au point, on n'obtiendra pas une image sensiblement plus nette que celle que donnait la petite ouverture avant l'interposition du verre convergent.

L'influence de la diffraction est insignifiante dans les images fournies par les objectifs à bas prix, parce que les aberrations n'y sont qu'imparfaitement corrigées. Dans ce cas, l'emploi du diaphragme améliore l'image, en accroît la finesse et étend le champ de netteté.

Mais il n'en est pas de même avec un objectif très soigneusement construit. L'image offre alors son maximum de finesse à la plus grande ouverture, parce qu'elle n'est troublée par aucune aberration. Le seul inconvénient de la grande ouverture est le défaut de profondeur, qui rend parfois la mise au point difficile. Si l'on réduit l'ouverture, en interposant un diaphragme, on augmente la profondeur, mais *au détriment de la netteté*, altérée par la diffraction. Il va sans dire qu'en pareil cas le défaut de netteté n'est que relatif : l'image obtenue dans ces conditions n'en demeure pas moins aussi fine, et par ailleurs beaucoup plus parfaite, que celle que donnerait, à ouverture égale, un objectif mal corrigé.

**Absorption et réflexion de la lumière sur les lentilles.** —

Il est facile de vérifier que chacune des deux surfaces d'une lentille réfléchit la lumière, en moindre quantité qu'un miroir, mais suivant les mêmes lois. Il s'ensuit que, lorsqu'un objectif est composé de plusieurs lentilles indépendantes, les réflexions successives qui s'y produisent occasionnent une diminution notable de la luminosité (un quart pour trois lentilles ou systèmes de lentilles touchant l'air par leurs deux faces), et en outre la production d'images parasites réfléchies, bien visibles sur les bords si une source lumineuse est dans le champ embrassé sur l'image. Et, comme le pouvoir réflecteur de chaque surface augmente avec l'obliquité des faisceaux incidents, ces réflexions sont de plus en plus fortes à mesure que les rayons s'écartent davantage de l'axe, si bien que l'image est beaucoup plus éclairée au centre que sur les bords. Cette inégalité est parfois si apparente que, lorsque l'objectif est dirigé vers un sujet très éclairé, un cercle blanc se dessine au milieu de la plaque.

On évite la tache centrale en combinant convenablement les courbures des lentilles, mais il n'est pas possible de supprimer entièrement la diffusion. De là vient qu'un objectif formé d'une lentille unique ou de lentilles collées toutes ensemble fournit des images plus pures et plus « brillantes » qu'un objectif composé de plusieurs verres indépendants : c'est un défaut des anastigmats à trois lentilles séparées, par ailleurs très bons et de prix avantageux.

\* \* \*

**Caractéristiques d'un objectif.** — Les dimensions de l'image que l'objectif donne d'un sujet placé à une distance déterminée,

l'étendue qu'il permet d'embrasser et la durée du temps de pose, ne peuvent être déterminées que si l'on connaît trois éléments essentiels : la *longueur focale*, l'*angle* du champ de netteté et l'*ouverture* relative utile. Ces éléments sont les principales caractéristiques de l'objectif, et les constructeurs ont soin de les indiquer dans leurs catalogues.

**Longueur focale.** — Nous l'avons définie p. 38 (distance qui sépare le centre optique du verre dépoli, quand la mise au point est réglée sur un sujet très éloigné, un astre par exemple). Cette distance est comptée à partir du *point d'émergence*, considéré comme point de croisement de l'axe principal avec le prolongement des rayons sortant de l'objectif pour venir former l'image. On admet, pratiquement, que ce point se confond avec le plan du diaphragme, dont il est généralement très voisin, dans les objectifs bien construits. La distance focale est synonyme de *tirage* de la chambre mise au point sur l'infini.

Il est évident que, plus la longueur focale est grande, plus grande sera l'image d'un objet situé à une distance déterminée. Donc un objectif de 30 centimètres de focale donnera d'un sujet, à distance égale, une image deux fois plus grande que celle que fournirait un objectif de 15 centimètres. Il en résulte que pour avoir une image suffisante d'un objet très petit ou très éloigné, il faudrait employer un objectif de très grande longueur focale : l'appareil sera alors fort encombrant. Nous verrons plus loin qu'on peut éviter un tirage excessif tout en obtenant une grande image, par l'emploi du *télé-objectif*. Les instruments d'observatoires, pour avoir d'assez grandes images d'astres de très faible diamètre angulaire, avaient des longueurs de plus en plus grandes; on s'attache aujourd'hui à n'en avoir que des images photographiques de faibles dimensions, mais assez parfaites pour se prêter à de forts agrandissements ultérieurs. Nous avons déjà vu que, si l'objet se rapproche, le foyer s'éloigne de l'objectif : le tirage augmente.

**Ouverture.** — Cet élément est très important dans l'évaluation des temps de pose. La rapidité de l'objectif dépend, évidemment, de la quantité de lumière qu'il transmet, mais pour mesurer sa luminosité, il ne suffit pas de connaître les dimensions absolues de son ouverture (diaphragme maximum) : il faut déterminer le *rapport* existant entre cette ouverture et la longueur focale. En effet,

l'ensemble des rayons lumineux transmis par l'objectif forme un faisceau conique : ces rayons se dispersent donc, à mesure que le faisceau s'élargit, en sorte que l'intensité de la lumière par unité de surface diminue à mesure que cette surface s'agrandit, en proportion du carré de la distance focale. C'est pourquoi la rapidité d'un objectif est caractérisée par son ouverture *relative*, calculée en prenant le quotient du foyer par le diamètre d'ouverture *utile*.

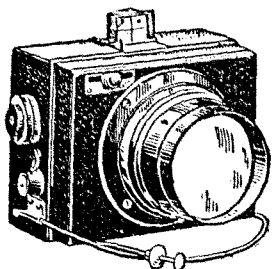
On appelle ouverture utile le diamètre, mesuré en avant de l'objectif, du faisceau de rayons parallèle à l'axe qui peut traverser le diaphragme. On appelle ouverture réelle le diamètre même du diaphragme, mesuré directement. Dans les objectifs où le diaphragme est placé en avant des lentilles, l'ouverture utile est égale à l'ouverture réelle; dans ceux où le diaphragme est placé derrière un système convergent, elle est plus grande puisqu'il est traversé par des rayons déjà rapprochés en cône par la convergence, donc formant à l'origine un faisceau cylindrique plus grand.

Cette ouverture est indiquée par les constructeurs, non pas suivant son diamètre absolu, mais par le rapport entre ce diamètre et la focale, désignée, pour abrégé, par la lettre F. Ainsi les notations F : 10 ou  $f/10$  désignent un objectif admettant la lumière par une ouverture dont le diamètre utile est égal à la dixième partie de la distance focale : par exemple un diaphragme de 15 millimètres pour une distance focale de 15 centimètres.

Cette manière d'indiquer l'ouverture est la seule qui permette de comparer avec l'exactitude la rapidité de plusieurs objectifs de constructions différentes. Toutefois, il convient de tenir compte de légères différences pouvant résulter de la transparence et du polissage des verres, ainsi que des pertes de lumière résultant de la réflexion sur les surfaces des lentilles.

Actuellement, un objectif achromatique (à deux verres) a une ouverture maxima d'environ  $f/14$  à  $f/15$  : si on l'augmentait en agrandissant le diaphragme ou en diminuant la focale grâce à une accentuation des courbures des faces, les aberrations deviendraient trop importantes. C'est aussi l'ouverture d'un bon objectif *panoramique*, ou *grand-angulaire*. Un *rectiligne* a une ouverture de  $f/8$  à  $f/10$ ; un *anastigmat* un peu ancien établi pour un prix peu élevé,  $f/6$  à  $f/8$ ; les anastigmats modernes travaillent de  $f/4$  à  $f/6$  ainsi que les anciens *objectifs à portraits*.

Enfin les objectifs les plus rapides pour prises de vues cinématographiques ouvrent à  $f/2$  et même un peu au delà, n'embrassant d'ailleurs qu'un angle modeste. Ces objectifs ont donc un diamètre énorme, et forment des masses presque aussi grosses que le reste de



Cl. Union.

Fig. 22.  
Record-Primar.

l'appareil, comme on peut le voir sur la figure 22, représentant le *Record-Primar* de Curt-Bentzin,  $6\frac{1}{2} \times 9$ , à objectif Kino-Plasmat Hugo Meyer, ouvert à  $f/1,5$ .

**Angle.** — Si, du centre optique de l'objectif (supposé coïncider avec le centre du diaphragme), on mène deux lignes droites vers les limites latérales de l'image nette, ces deux lignes forment un angle plus ou moins ouvert, suivant l'étendue du champ net par rapport à la longueur focale. Cet angle varie évidemment suivant le diaphragme

employé, puisque en réduisant l'ouverture on augmente l'étendue de la surface nettement couverte.

Dans la plupart des cas, pour obtenir une photographie donnant la sensation de ce que voit notre œil, le foyer de l'objectif doit être tel que le format de l'épreuve corresponde à un angle voisin de  $55^\circ$  environ. C'est l'angle existant entre les deux coins opposés d'une plaque dont la diagonale est égale à la distance focale, règle souvent adoptée pour évaluer l'objectif à choisir pour un format déterminé : 14 à 15 centimètres pour  $9 \times 12$ , 21 à 22 centimètres pour  $13 \times 18$ , 28 à 30 centimètres pour  $18 \times 24$ , etc. C'est d'après cette convention que trop de marchands se contentent de cataloguer : « objectif  $9 \times 12$  ». Néanmoins, il est nécessaire que l'objectif ait un angle de netteté plus grand, afin de laisser à l'opérateur la possibilité de décentrer, si le sujet est placé à un niveau très différent de celui qu'occupe l'appareil; et aussi pour prendre de près un sujet de grande étendue.

Si l'angle utilisé est très inférieur à celui de l'angle visuel, l'image paraît plate, avec peu de perspective. Cependant, quand il est nécessaire de reproduire un objet très éloigné, on est obligé d'avoir recours à un objectif à long foyer, correspondant à un angle très faible pour le format adopté.

Si, au contraire, l'angle utilisé est beaucoup plus ouvert que

celui de l'angle visuel, la perspective semble exagérée, et l'œil, embrassant sur l'épreuve plus d'objets qu'il n'en apercevrait simultanément s'il se trouvait en face du modèle, n'éprouve plus l'illusion de la réalité. On ne doit donc se servir d'un objectif à grand angle (ou *grand angulaire*) que lorsqu'on est obligé de reproduire un sujet très étendu devant lequel l'espace manque pour reculer suffisamment l'appareil. Ce cas se présente souvent dans les reproductions de monuments d'intérieurs ou de panoramas.

**Construction de l'objectif. Monture.** — Les lentilles sont formées de verres différents, dont les indices de réfraction sont exactement connus, ainsi que leurs pouvoirs dispersifs. Chaque verre est taillé mécaniquement, suivant les courbures que le calcul a déterminées, poli à la main avec le plus grand soin, ajusté et serti dans un *barillet*. Le centrage des lentilles, leur parallélisme, l'écart précis des divers éléments, exigent la plus grande précision et de grands soins. Les barillets sont des bagues métalliques dont la surface extérieure est filetée de manière à se visser sur la *monture* proprement dite. La monture est un tube de cuivre bien dressé, sur lequel se vissent, à l'intérieur, les barillets, et, à l'extérieur, une *rondelle* en cuivre percée de trois ou quatre trous dans lesquels sont passées les vis qui fixent l'objectif à la chambre noire. La monture porte également les diaphragmes et le parasoleil, dont la description fera l'objet des deux paragraphes suivants.

Le montage des lentilles exige un outillage de haute précision et un personnel exercé, car si elles ne sont pas parfaitement centrées, elles ne donneront que des images défectueuses. Aussi l'opticien doit-il vérifier minutieusement l'objectif, avant de le livrer. Il est à observer que la plupart des verres d'optique sont plus tendres que le verre à vitres commun, et surtout que les poussières (siliceuses) : on ne tarderait donc pas à rayer ou dépolir un objectif que l'on essuierait inconsidérément avec un chiffon laissé à la poussière.

**Diaphragmes.** — Le rôle multiple du diaphragme a été expliqué précédemment. Il nous reste à faire connaître les conditions auxquelles il doit satisfaire en pratique. Le diaphragme diminue la luminosité de l'objectif ; il a donc l'inconvénient de prolonger la pose et d'exagérer les contrastes de l'image. Par contre, il offre l'avantage d'augmenter la profondeur de foyer et la profondeur de



champ, aussi bien que de diminuer la plupart des aberrations d'un objectif médiocre. Suivant les circonstances, on a donc intérêt à utiliser la plus grande ouverture de l'objectif, ou, au contraire, à en réduire le diamètre. De là la nécessité d'un dispositif permettant de modifier à volonté la largeur de l'ouverture.

Autrefois, la plupart des objectifs photographiques n'étaient munis que de *diaphragmes à vannes*. Ces diaphragmes (fig. 23) étaient des lames de cuivre noirci que l'on glissait dans la monture,

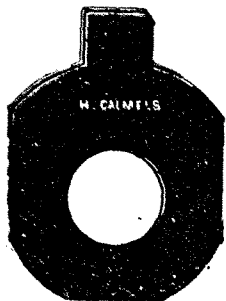


Fig. 23.  
Diaphragme-vanne.

par une fente pratiquée au niveau du centre optique. Chaque objectif était livré avec une série de ces lamelles percées d'ouvertures de diamètres différents et enfermées dans un étui. Sur chaque diaphragme était gravée l'indication de son ouverture. Généralement, cette ouverture se trouvait exprimée par son rapport avec le foyer de l'objectif :  $f/10$ ,  $f/16$ , etc. Certains constructeurs adoptaient cependant un mode différent de numérotage, rapporté au temps de pose relatif correspondant à l'emploi de chaque diaphragme. Ainsi, le diaphragme d'ouverture

utile  $f/10$  portant le numéro 1, les diaphragmes plus petits portaient les numéros 2, 4, 8, 16..., ce qui signifiait que, le temps de pose du premier diaphragme étant pris pour unité, l'emploi des diaphragmes suivants exigeait, toutes choses égales d'ailleurs, un temps de pose 2, 4, 8, 16 fois plus long.

Les diaphragmes-vannes ont l'inconvénient de s'égarer trop facilement, surtout en excursion; on outre, la substitution d'une lamelle à l'autre fait perdre trop de temps à l'opérateur, dans certains cas où il est indispensable de procéder rapidement. Aussi a-t-on presque complètement renoncé à leur emploi, sauf en similitude, où les ouvertures ne sont pas toujours circulaires (p. 411).

Le diaphragme rotatif (fig. 33) est un disque en tôle mince, percé de quatre ou cinq ouvertures de diamètres différents. Ce disque tourne autour d'un axe fixé sur la monture, et le centre de chaque ouverture peut être amené devant le centre optique. Le diaphragme rotatif ne présente pas les inconvénients des diaphragmes-vannes; en revanche, à moins de lui donner un diamètre encombrant, il n'offre qu'un nombre trop restreint d'ouvertures différentes. Néan-

moins la faible épaisseur du disque tournant le fait adopter dans la construction de certains objectifs à grand angle, dont les lentilles sont très rapprochées.

La plupart des objectifs actuels sont munis d'un diaphragme à *iris*, ainsi nommé par analogie avec la membrane pupillaire. Cet iris est formé d'un certain nombre de lamelles très minces, en ébène ou en acier, dont la forme est combinée de telle sorte que, suivant la position qu'on leur fait prendre, elles limitent plus ou moins l'ouverture, en donnant graduellement toutes les valeurs possibles.

Le principe de cette disposition est connu depuis le XVII<sup>e</sup> siècle : c'est au P. Kircher qu'est due l'invention du « diaphragme-pupille » ou « œil-de-chat ». Il est curieux de remarquer que Nicéphore Niépce l'appliqua à l'objectif qui lui servit à produire les premières images photographiques.

Les lamelles qui constituent l'iris sont toutes reliées entre elles de manière à se rapprocher ou à s'écarter simultanément, par le jeu d'un petit levier extérieur ou d'une bague moletée entourant la monture. Un index, entraîné par l'organe extérieur mobile, se déplace en regard d'une graduation gravée sur la monture et fait connaître à chaque instant la grandeur relative de l'ouverture intérieure.

**Parasoleil.** — Il ne faut pas confondre le voile de diffusion et la tache centrale résultant de réflexions successives sur les surfaces des lentilles (p. 47), avec les effets que déterminent parfois les rayons solaires, même quand l'astre est en dehors du champ optique utilisé. Le voile qui en résulte est accru par la multiplicité des lentilles, mais sa cause initiale est la pénétration d'une vive lumière dans la lentille frontale (antérieure au diaphragme). On évite facilement cet accident, en prolongeant la monture de l'objectif au delà de la première lentille. Ce prolongement tubulaire est désigné sous le nom de *parasoleil*. Les opticiens ont depuis quelques années une fâcheuse tendance à supprimer cet organe si utile, dans le but de diminuer le plus possible le poids et les dimensions des instruments destinés aux chambres portatives. Quand on se sert d'un objectif ainsi construit, dans des conditions telles que l'action perturbatrice des rayons étrangers au sujet soit à craindre, il est indispensable d'improviser un écran quelconque, ne fût-ce qu'une carte de visite ou même la main, que l'on tiendra au-dessus de l'objectif, pendant

la pose. Il est préférable que son intérieur soit noir mat; sa longueur ne doit pas être assez grande pour que les bords donnent leur image (floue) sur les bords de la plaque.

**Classification des objectifs.** — Les objectifs photographiques sont classés tantôt d'après le nombre ou la disposition de leurs lentilles, tantôt d'après la manière dont ils sont corrigés des diverses aberrations précédemment analysées, tantôt d'après leur luminosité. Dans le premier cas, on les divise en objectifs simples

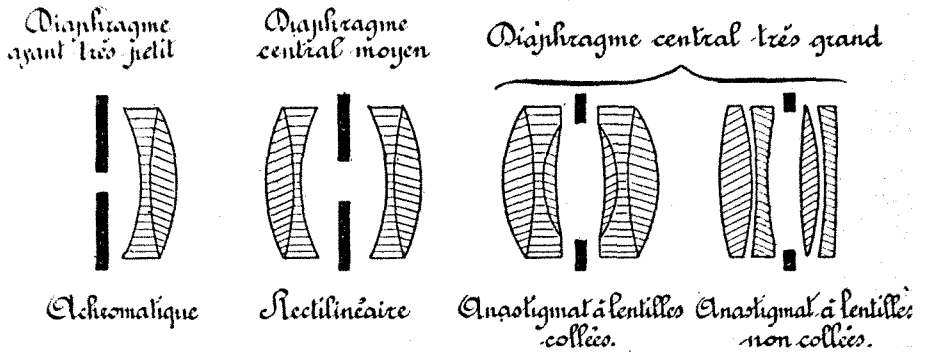


Fig. 24. — Divers types d'objectifs photographiques, vus en coupe schématique.

doubles (symétriques ou asymétriques), triples, etc. Dans le second on distingue les objectifs achromatiques, les aplanats, les rectilinéaires, les anastigmats, ou bien on établit une distinction entre les instruments rectilinéaires et ceux qui ne sont pas exempts de distorsion. Dans le troisième cas, on répartit les objectifs, suivant leur ouvertures, en un certain nombre de groupes. On peut enfin les distinguer d'après leur spécialité : grands angulaires, objectifs portraits, anachromatiques, etc.

Toutes ces classifications sont nécessairement arbitraires et incomplètes : l'essentiel est de connaître les dispositions et les caractères principaux des combinaisons les plus usitées (fig. 24).

\* \* \*

**Objectifs simples.** — Malgré sa dénomination, l'objectif simple est presque toujours composé d'au moins deux lentilles quelquefois de trois et même de quatre. Seulement tous ces verr

sont collés ensemble (ordinairement au moyen de baume du Canada), de manière à ne former qu'un seul système convergent. Il ne peut pas être utilisé à une très grande ouverture, mais, suffisamment diaphragmé, il fournit des images très fines et très brillantes, la réflexion sur les surfaces des lentilles s'y trouvant réduite au minimum. Les aberrations sphérique et chromatique peuvent y être parfaitement corrigées, et le champ en est suffisamment étendu; toutefois, si on l'utilise en entier, la distorsion est assez marquée. Aussi cet instrument ne convient-il pas à la reproduction des sujets qui comprennent des lignes droites importantes, comme les édifices photographiés à courte distance. En revanche, c'est l'objectif par excellence pour le paysage, en raison de la pureté des images qu'il donne.

L'objectif simple ordinaire est composé seulement de deux lentilles, l'une biconvexe et l'autre plan-concave. Dès 1812 Wollaston avait recommandé (pour la lentille unique) la forme ménisque, face concave vers le sujet. Mais l'aberration de sphéricité y est maxima. Aujourd'hui les achromatiques à deux lentilles sont généralement plan-convexes, la face plane étant vers le sujet et précédée du diaphragme. C'est un instrument très peu coûteux, mais qui ne peut être employé avec une ouverture supérieure à  $F : 14$ , parce qu'il n'est ni aplanétique ni anastigmatique. Aussi ne convient-il guère à la reproduction des scènes animées. Suffisamment diaphragmé, à  $F : 30$  par exemple, il couvre avec une parfaite netteté et une grande profondeur de foyer un plan focal circulaire de  $70^\circ$  à  $90^\circ$ .

La plupart des anastigmats peuvent être dédoublés et constituer d'excellents objectifs simples à relativement grande ouverture et ayant une longueur focale sensiblement double. Cet objectif donne déjà une image nette avec une ouverture égale à  $F : 12,5$ . Le champ utilisable est alors d'au moins  $50^\circ$ ; il atteint  $85^\circ$  avec un diaphragme plus petit. Sa luminosité rend cet objectif applicable aux instantanés en plein air, ainsi qu'aux groupes et aux portraits. Il n'est pas complètement exempt de distorsion; mais la déformation des lignes n'est sensible que sur les bords, quand le sujet contient des éléments rectilignes très longs.

**Objectif double à portraits.** — Inventé en 1844 par Petzwald, cet objectif, le premier qui ait été calculé mathématiquement et non établi par tâtonnements, se compose : 1<sup>o</sup> d'un système convergent formé d'une lentille biconvexe et d'une lentille plan-concave

collées ensemble; 2<sup>o</sup> d'un ménisque concave et d'une lentille biconvexe séparés par un faible intervalle. Ces deux couples sont montés aux extrémités d'un tube au milieu duquel est placé le diaphragme. Cet objectif n'est exempt ni de distorsion ni d'astigmatisme, et sa profondeur de foyer est très faible; mais sa luminosité est remarquable, car il peut fonctionner à  $F : 3$  et même avec une ouverture plus grande,  $F : 2,3$ . Cette propriété l'a fait longtemps préféré à tout autre, pour le portrait à l'atelier, où l'on ne demande ni un grand angle, ni la correction des lignes. On l'utilise d'ailleurs encore, en raison des qualités toutes particulières de douceur et d'enveloppement qu'il donne au modelé.

On s'en sert aussi pour les agrandissements et la projection. Il faut alors le retourner, car il n'est pas symétrique, de façon que la lentille achromatique frontale se trouve placée du côté de l'écran de projection, et les deux lentilles indépendantes tournées vers le petit cliché ou vers le diapositif.

**Aplanat.** — Cet objectif, qui porte aussi le nom de *rectilinéaire* ou de *rectiligne*, à cause du peu de distorsion qu'il donne sur les bords, a été inventé en 1866 par A. Steinheil. Il se compose de deux ménisques convergents symétriques entre lesquels est disposé le diaphragme. Chacun de ces éléments est formé de deux verres, ordinairement un flint très lourd collé à un flint léger constituant un ensemble achromatique.

Bien construit, l'aplanat est complètement exempt de distorsion et la lumière réfléchiée par les surfaces de ses lentilles ne détermine qu'une très faible diffusion. Il est corrigé de l'aberration sphérique, c'est d'ailleurs son aplanétisme qui lui a valu son nom. Il peut donc fonctionner à une assez grande ouverture ( $F/8$  à  $F/10$ , suivant les formats), seulement le champ de netteté est alors assez restreint ( $40^\circ$  à  $f/6$ , Steinheil), et l'image manque d'homogénéité. Si des objets placés à diverses distances se trouvent régulièrement distribués dans le champ, l'image est, au centre, nette pour les plus éloignés et confuse pour les plus rapprochés, tandis que sur les bords, elle se trouve nette pour les seconds et confuse pour les premiers. En retirant le diaphragme, l'image devient plus homogène, et la netteté s'étend sur une surface plus grande.

L'aplanat étant symétrique, il n'est pas nécessaire de le retourner pour l'agrandissement ou la projection.

Si l'on dévisse le ménisque frontal, on a un objectif simple dont la longueur focale est deux fois plus grande que celle de l'aplanat complet. Les dimensions de l'image sont donc doublées, seulement elle n'est plus exempte de distorsion, et la netteté n'en est suffisante, même au centre, qu'en diaphragmant. Cet objectif dédoublé peut rendre des services en excursion pour le paysage.

L'aplanat est resté pendant longtemps le meilleur de tous les objectifs. Il n'a été dépassé que par les anastigmats, et, comme ces derniers sont beaucoup plus chers, c'est encore une combinaison très répandue. Les opticiens l'ont d'ailleurs amélioré, au cours des dernières années, en utilisant dans sa construction des verres analogues à ceux des anastigmats, plus transparents que les matières primitivement employées.

**Grands angulaires.** — L'angle normalement embrassé par l'aplanat suffisamment diaphragmé est d'environ  $45^\circ$ . On construit cependant des aplanats *grands angulaires* ou *panoramiques* dont l'angle atteint  $90^\circ$  et même  $100^\circ$ . Les deux ménisques sont alors très rapprochés du diaphragme et la plus grande ouverture utilisable n'est guère que de  $F : 15$ . Ces instruments sont donc lents. Leur diamètre est très petit, leur focale égale au petit côté de la plaque (Steinheil). Nous en reparlerons plus loin.

**Anastigmats.** — Aucun des objectifs précédemment décrits ne peut donner, à toute ouverture, une image nette jusqu'aux bords : la cause en est due à l'astigmatisme (voir p. 42), et le seul moyen que l'on connaissait autrefois de le combattre était de diaphragmer. La netteté s'étendait alors sur toute l'étendue de l'image, mais au détriment de la rapidité. La netteté ainsi réalisée n'était d'ailleurs que relative, puisqu'une ouverture trop étroite donne naissance à des phénomènes de diffraction, surtout apparents dans les petites images destinées à l'agrandissement. C'est donc un très important progrès que d'avoir réussi à éviter l'astigmatisme à toute ouverture.

Dès 1840, Petzwald avait établi que, si l'on parvenait à fabriquer certains verres spéciaux, combinés de manière à pouvoir faire varier le pouvoir réfringent indépendamment du pouvoir dispersif, on arriverait à corriger l'astigmatisme des rayons très écartés de l'axe principal. Les formules de Petzwald étaient restées considérées comme inapplicables, jusqu'en 1889. A cette époque, la verrerie Schott, à Iéna, réussit à préparer les verres nécessaires (*flints* légers

et *crowns* denses et extra-denses, verres comprenant des phosphate fondus, du baryum, etc.), et Carl Zeiss, exécutant les formules calculées par Abbe et Rudolph, construisit les premiers anastigmats.

Ces instruments ont donné lieu à de nombreux travaux. Chaque maison d'optique en a fabriqué plusieurs modèles, dont chacun répond à des exigences particulières. Leur principal avantage est de donner, à grande ouverture, une image d'une extrême finesse sur un champ très étendu. L'anastigmat serait certainement l'objectif universel, si le prix n'en demeurait pas très élevé, malgré la concurrence qui s'est établie entre les fabriques rivales.

Le grand nombre de modèles, et l'apparition continuelle de nouveaux types, nous empêchent de passer en revue tous les anastigmat modernes, dont les différences de structure ne présentent d'ailleurs de véritable intérêt que pour l'ingénieur opticien. Disons seulement qu'on peut les répartir en deux grands groupes suivant qu'ils sont symétriques ou non; parmi ces derniers, distinguer ceux où les lentilles forment deux groupes ou bien trois; dans chaque classe distinguer ceux dont les lentilles de chaque groupe sont collées ou séparées par de l'air (ce qui favorise la perte de lumière et la formation d'images supplémentaires réfléchies, mais présente certains avantages pour la construction); enfin, tenir compte du nombre de lentilles, qui varie entre trois et huit. La tendance actuelle est à petit nombre de lentilles avec peu de collages, l'ouverture atteignant couramment  $f/6,3$  pour les séries de prix moyen,  $f/4,5$  souvent  $f/3,5$  et au delà pour les objectifs cinématographiques. Cette grande rapidité fait remplacer de plus en plus chez les portraitistes les anciens « objectifs à portraits » de Petzwald au champ très restreint aux bords flous, par des anastigmats à grande ouverture, malgré leur prix beaucoup plus élevé.

Le *Planar*, de Zeiss, construit en France par E. Krauss, formé (fig. 25) de deux couples composés chacun d'une lentille convergente simple et d'une lentille achromatique séparée par une lame d'air, fut longtemps le plus rapide de tous (ouverture allant jusqu'à  $f/3,6$ ), avec un champ utile atteignant  $62^\circ$ , et aberrations remarquablement corrigées.

Les divers types de *Protars* de Rudolph et Zeiss, sont également symétriques. Le *Tessar*, du même constructeur, calculé par le Dr Rudolph, est au contraire dissymétrique (fig. 26), et, comme les éléments doubles dont il est formé ne sont pas corrigés isolément

d'une façon complète, il ne faut pas les employer seuls. Les deux lentilles d'avant, un crown lourd plan-convexe et un flint biconcave, sont séparées par une lame d'air. Les lentilles d'arrière, un flint léger biconcave et un crown lourd au baryum biconvexe, sont collées ensemble. L'image est très fine et très homogène, dans un angle d'environ  $55^{\circ}$ . Il existe plusieurs séries de cet instrument, avec des ouvertures allant de  $f/6,3$  à  $f/3,5$ .

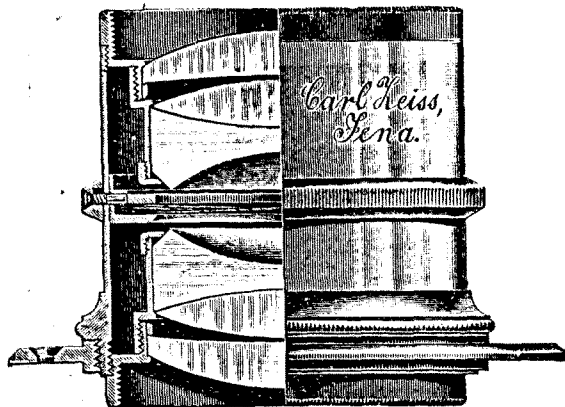


Fig. 25. — Planar (Zeiss).

Le *Dagor*, de Goerz, calculé par von Hœgh, d'ouverture  $f/7,7$  puis  $f/6,8$ , est un anastigmat symétrique dont chaque couple est formé de trois lentilles collées et peut être employé isolément.

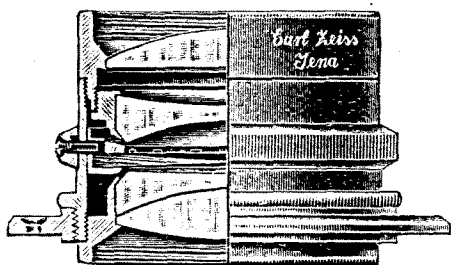


Fig. 26. — Tessar (Zeiss).

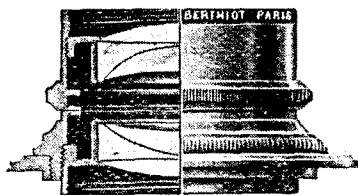


Fig. 27. — Eurygraphe (Berthiot-Lacour).

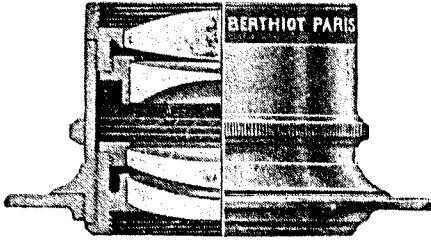
À pleine ouverture ( $F : 6,8$ ), l'image est d'une netteté parfaite dans un champ d'environ  $70^{\circ}$ . En diaphragmant, le champ atteint  $90^{\circ}$ .

Le *Syntor* du même constructeur, plus récent, est également symétrique, mais n'a que quatre lentilles, non collées, et est d'un prix moins élevé. Le champ est de  $64^{\circ}$  à toute ouverture,  $70^{\circ}$  avec un petit diaphragme. Le *Celor* est analogue, mais plus rapide ( $f/4,5$ ), à lentilles très minces; il est dédoublable.

Les *Beryls* de Boyer, les *Eurygraphes* (fig. 27) de Lacour-Ber-

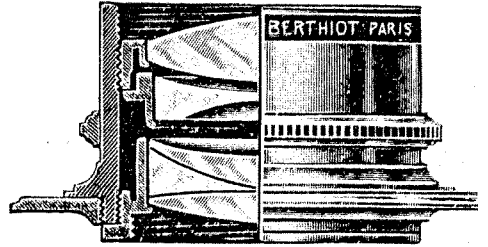


thiot, les *Aplanastigmats* d'Hermagis et les *Collinéaires*, de Voigtländer, sont aussi des anastigmats symétriques à lentilles collées donc inspirés du *Dagor* primitif de Goerz et des *Protars* Zeiss. La plus grande ouverture de ces objectifs varie, suivant les séries



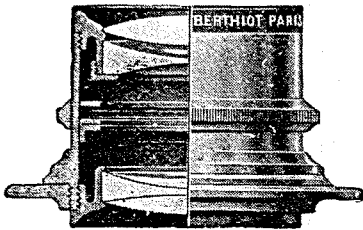
Cl. S. O. M.

Fig. 28. — *Stellar*  $f/3,5$ ; angle net et anastigmatisé de  $45^\circ$ . Quatre lentilles non collées.



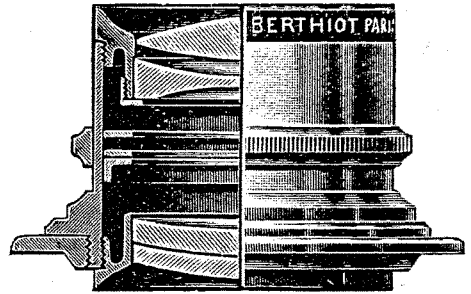
Cl. S. O. M.

Fig. 29. — *Flor*  $f/4,5$ . Malgré sa grande ouverture, il est de volume suffisamment restreint pour être logé dans un folding à main.



Cl. S. O. M.

Fig. 30. — *Olor*  $f/5,7$ ; champ de  $60^\circ$ . Étudié pour être un instrument à peu près universel.



Cl. S. O. M.

Fig. 31. — *Olor*  $f/6,8$  (Société d'Optique et de Mécanique de Précision).

établies par les constructeurs, entre  $F : 4$  et  $F : 7$ . Ce sont d'excellents instruments, très soigneusement construits et donnant, sans diaphragme, des images très fines, nettes jusqu'aux bords et d'une homogénéité irréprochable.

L'*Héliar*, construit par Voigtländer d'après les calculs de Dr Harting, est au contraire asymétrique et ne peut pas être dédoublé. Il est composé de 5 lentilles, dont 4 collées deux à deux

A sa plus grande ouverture ( $F : 4,5$ ), l'angle de champ est de  $45^\circ$  seulement.

L'optique française a depuis la guerre largement rejoint, pour ne pas dire dépassé, l'optique allemande, et a réalisé des objectifs, généralement asymétriques, à grande ouverture très bien corrigés. Nous citerons les séries *Stellor*, *Flor* et *Olor* de la Société d'Optique et de Mécanique de Précision, représentées par les figures 28 à 31.

Les opticiens anglais (H. D. Taylor, puis Cooke) ont porté leurs efforts sur l'objectif à trois lentilles simples non collées, moins compliqué : la lentille du milieu, biconcave, est en flint léger, les deux autres, plan-convexes, sont en crown dense. Le diaphragme est placé entre le second et le troisième verre. La plus grande ouverture est  $F : 6,5$ . La surface totale est remarquablement plane. En réduisant le diaphragme, l'image gagne rapidement en pureté, en finesse et en étendue.

En France, Boyer a également établi des anastigmats à 3 lentilles séparées (séries *Topaz*), dont l'ouverture va jusqu'à  $f/4,5$ .

Les diverses séries établies par Jarret, Clément, Degen, Hermagis en France, par Leitz, Steinheil, etc. en Allemagne, ont des caractéristiques analogues.

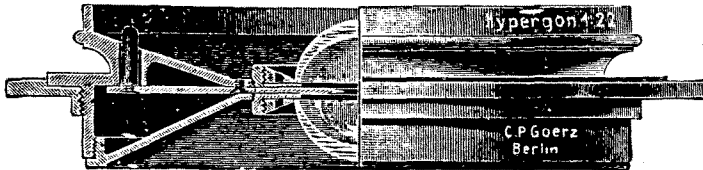
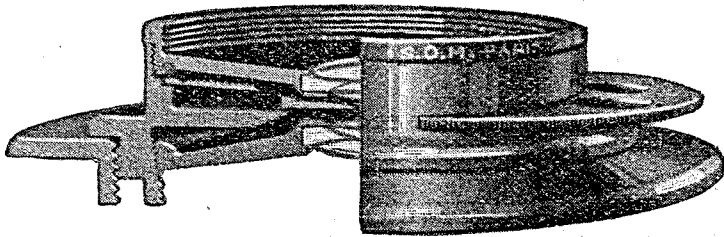


Fig. 32. — Hypergone.

La plupart des anastigmats ont un champ très étendu, lorsqu'ils sont suffisamment diaphragmés. Ils deviennent alors, en fait, des objectifs grands angulaires. Néanmoins, on construit des instruments spéciaux dont la focale est exceptionnellement courte, relativement à l'étendue du champ : égale au petit côté de la plaque par exemple. Ce sont les panoramiques et grands angles dont nous avons dit un mot, p. 57. Le plus ouvert est l'*Hypergone*, de Goerz (fig. 32), calculé par von Hoegh et construit par Goerz en 1900. Cet objectif, symétrique, se compose de deux lentilles *simples* très minces, demi-sphériques. Il n'est donc corrigé ni de l'aberration sphérique ni de

l'aberration chromatique. Cependant, en raison de son ouverture très réduite ( $F : 22$ ), ces aberrations n'amointrissent pas la netteté de l'image. Le but du constructeur était d'obtenir une planéité anastigmatique suffisante sous un angle maximum. En fait, cet instrument donne une image nette dont le diamètre est 5 fois plus grand que sa distance focale, ce qui correspond à un angle d'environ  $135^\circ$ .

Quand cet angle est entièrement utilisé, l'image est beaucoup plus lumineuse au centre que sur les bords. Pour remédier à cette inégalité d'éclairage, un diaphragme étoilé est placé devant la lentille frontale. Ce diaphragme est mis en rotation pendant la pose à l'aide d'une petite turbine à air actionnée en pressant une poire de caoutchouc. Si l'on exécute un travail qui n'exige pas un angle supérieur à  $110^\circ$ , le diaphragme étoilé devient inutile, et on peut le rabattre en avant de l'instrument : à cet effet, le mécanisme rotatif est porté par une lame reliée à la monture par une charnière. L'ouverture est réglée par le diaphragme intercalé entre les deux lentilles et dont le déplacement est commandé par un bouton extérieur.



Cliché S. O. M.

Fig. 33. — Périgraphe. On remarquera le petit diamètre et le rapprochement des deux groupes de lentilles.

Il existe d'autres objectifs panoramiques dont l'angle est un peu moins ouvert, mais qui sont beaucoup mieux corrigés des aberrations et donnent des images homogènes sans qu'il soit nécessaire de recourir à des dispositifs compliqués. Le *Périgraphe* de Lacour-Berthiot (fig. 33) embrasse un angle de plus de  $100^\circ$ , et la régularité de l'éclairage est parfaite dans toute l'étendue du champ utilisé, avec une ouverture de  $f/14$ . Un autre, ouvert à  $f/6,8$  et par conséquent très rapide, couvre encore  $85^\circ$ .

**Objectifs à liquides.** — Certains liquides, comme l'huile de

cède et le monobromonaphtalène, étant très réfringents, mais très peu dispersifs, il était naturel de songer à utiliser ces propriétés dans la construction de certains instruments d'optique. Cette idée est d'ailleurs très ancienne, car, bien avant l'invention de la photographie, en 1745, l'Académie royale des sciences faisait fabriquer une lentille formée de deux verres bombés de 4 pieds de diamètre séparés par un intervalle de 6 pouces rempli d'alcool. Euler, en 1762, essayait une lentille à eau. D'autres comme Jeaurat (1779), Fresnel, Cauchois (1828), Barlow (1832), employaient le chlorure d'antimoine, le sulfure de carbone, etc.

Les premiers objectifs à liquides destinés à la photographie sont dus à Scott Archer (1858) et à Th. Sutton (1859). Divers inconvénients pratiques en firent rejeter l'emploi.

En 1901, le Dr Grün imaginait une disposition qui permet de donner à l'objectif une luminosité exceptionnelle. L'inventeur avait trouvé un liquide dont la composition était tenue secrète et qui offre cette particularité de posséder un pouvoir de réfraction très élevé et un pouvoir dispersif pratiquement nul. En remplissant de ce liquide l'intervalle existant entre deux ménisques achromatiques, les concavités se trouvent de fait supprimées en ce qui concerne la réfraction, quoique conservées au point de vue de la dispersion. On diminue ainsi la longueur focale, en conservant la même ouverture, sans trop altérer la correction d'achromatisme et sans augmenter sensiblement l'aberration de sphéricité. Grün est ainsi parvenu à réaliser un objectif dont l'ouverture atteignait  $F/0,5$ . Toutefois, cet instrument présentait divers défauts, notamment une courbure de champ excessive. Aussi a-t-on limité à  $F/1,3$  la plus grande ouverture des objectifs destinés à l'usage pratique. Encore les objectifs à liquides restent-ils, jusqu'à nouvel ordre, une curiosité technique et que l'on ne trouve pas dans le commerce. La disposition primitive, dans laquelle le liquide remplissait tout l'objectif, avait le double inconvénient d'alourdir l'instrument et d'empêcher les changements de diaphragmes. Un nouveau modèle, construit par Dallmeyer, forme un objectif symétrique dont chaque extrémité comporte un ménisque divergent liquide, compris entre un crown biconvexe et un ménisque divergent de flint.

**Téléobjectifs.** — L'image qu'un objectif ordinaire donne des objets éloignés est très petite : environ 2 centimètres par mètre

de focale pour un objet ayant 1<sup>o</sup> de diamètre apparent (double de celui que nous présentent le soleil ou la lune). On pourrait l'obtenir plus grande en se servant de lentilles à très longue focale, mais l'appareil aurait alors des dimensions excessives. Quand on a à photographier un sujet dont il n'est pas possible de s'approcher pour en avoir une reproduction à l'échelle voulue, le mieux est d'amplifier l'image fournie par une lentille à court foyer ou par un objectif ordinaire.

Cette amplification s'obtient soit en plaçant un système convergent au delà du foyer de l'objectif, soit en plaçant un système divergent en deçà du foyer comme l'ont proposé Porro en 1851, Warren de la Rue en 1860. Dans le premier cas, l'image renversée par l'objectif est redressée par la seconde lentille. Nous dirons plus loin (chap. XXVI) qu'on peut le réaliser par l'emploi d'une jumelle montée devant l'objectif ordinaire d'un appareil. Dans le second, elle reste renversée, mais, comme cette combinaison réduit la distance focale, c'est celle qu'ont adoptée les constructeurs de téléobjectifs depuis J. Traill Taylor (1873).

On appelle *élément positif* la lentille convergente, et *élément négatif*, ou *amplificatrice*, la lentille divergente. Chacune de ces lentilles doit être achromatique et corrigée des diverses aberrations. Les barillets qui les portent se vissent aux extrémités d'une monture disposée de manière à permettre le rapprochement des deux éléments. L'amplification obtenue varie, en effet, suivant la distance qui sépare des deux lentilles.

L'élément positif est souvent constitué par l'objectif ordinaire, que l'on monte au bout du tube qui contient la lentille négative. Au fond, le téléobjectif n'est pas autre chose qu'une lunette de Galilée.

On commence aujourd'hui à employer (surtout en Angleterre) des téléobjectifs à tirage constant, s'employant de près et destinés à faire du portrait : ils permettent d'avoir de grandes images sans tirage excessif de la chambre et dans un atelier restreint.

L'image donnée par un téléobjectif est forcément moins lumineuse et plus entachée d'aberrations. De plus, les moindres vibrations se trouvent amplifiées par le grossissement de l'instrument. Son emploi exige donc un soin particulier.

**Objectifs anachromatiques.** — Pour réaliser certains effets

artistiques, on se sert quelquefois d'objectifs dans lesquels ont été systématiquement conservées les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité. On obtient ainsi des images volontairement imprécises. Sur le portrait, les tares de la peau, les rides ou les petites taches de rousseur s'atténuent ou même disparaissent, sans qu'il soit nécessaire de retoucher la photographie. Dans le paysage, les formes s'estompent, les lointains sont noyés dans un flou vaporeux qui accentue la perspective aérienne. On conservera néanmoins la fermeté générale des lignes en mettant au point pour le violet, l'« enveloppe » floue qui « habille » ce tracé étant réalisée par les rayons jaunes (p. 43). En ce cas, une simple lentille convexe, un verre de besicle, peut être employé à cet effet. Les opticiens ont cependant combiné des objectifs à deux ou plusieurs lentilles, dont les aberrations n'ont été corrigées que dans une certaine mesure. L'*Adjustable landscape lens* Puyo et de Pulligny est particulièrement commode, en ce qu'il permet de faire varier les dimensions de l'image suivant l'écartement des lentilles. Il est composé, comme le télé-objectif, d'un élément convergent et d'un élément divergent; seulement, l'un et l'autre sont des verres simples, en crown, de même distance focale (10 centimètres pour le format 18 × 24). La frontale est plan-convexe, l'amplificatrice est plan-concave, et les deux faces planes sont tournées l'une vers l'autre. En faisant varier leur écartement de 25 à 15 millimètres, la distance focale passe de 40 à 65 centimètres. Deux diaphragmes iris placés l'un en avant et l'autre en arrière servent à graduer la netteté. La plus grande ouverture n'étant que de 2 centimètres, l'instrument n'est pas très rapide, mais permet cependant d'exécuter les instantanés lents; l'image est plane et peu entachée d'aberrations astigmatiques et sphériques, malgré la simplicité de l'ensemble.

Les lentilles n'étant pas achromatiques ont un foyer chimique, et l'image, nette sur le verre dépoli, ne l'est plus sur le cliché. On y remédie, dans la mesure que l'on veut, en rectifiant la mise au point, d'après un index gravé sur la monture (fig. 34).

L'*Eidoscope* d'Hermagis est au contraire parfaitement corrigé de l'aberration chromatique, mais conserve un résidu d'aberration sphérique; de telle sorte que, sans calculs, ni repères, ni tâtonnements, l'opérateur peut apprécier, sur le verre dépoli, le degré de netteté qu'aura le cliché et réaliser, par une mise au point plus ou

moins exacte, le degré de définition qui convient à l'effet qu'il s'agit d'obtenir. Employé à sa plus grande ouverture ( $F : 5$ ), c'est un instrument rapide et dont les résultats sont très appréciés des artistes, surtout quand il s'applique aux portraits limités à la figure (études de tête). Le *Color* de la S. O. M est également un objectif donnant des images « enveloppées ». Sa correction sphérique est très poussée, mais le choix des verres l'a hyperchromatisé, l'écart entre le

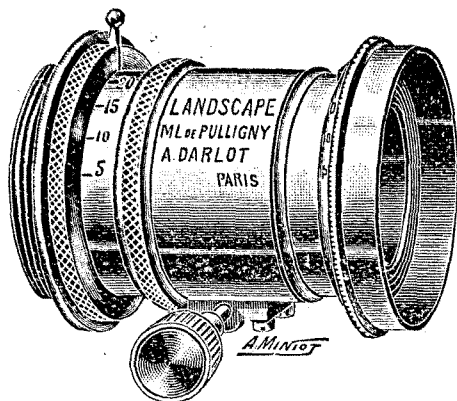
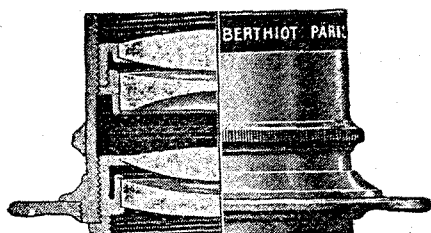


Fig. 34. — *Adjustable landscape lens* de Puyo et de Pulligny, à netteté et focale réglables à volonté.



S. O. M.

Fig. 35. — Coupe du *Color*, objectif hyperchromatique à images enveloppées, calculé par le Dr Polack et construit par la Société d'Opt. et de Mécan. de Précision.

foyer violet et le foyer jaune s'élevant jusqu'au 20<sup>e</sup> et même au 10<sup>e</sup> de la longueur focale. Son ouverture atteint  $f/4$  (fig. 35).

On a enfin proposé la production de flou réglable par l'adjonction de bonnettes à cannelures, stries, etc.

**Choix et emploi des objectifs.** — Malgré tous les progrès réalisés dans l'optique pendant ces dernières années, il a été impossible de construire un objectif susceptible d'être appliqué à tous les travaux. Des lois physiques s'y opposent. Ainsi, une grande luminosité est incompatible avec un large champ et une grande profondeur de netteté.

Il est donc nécessaire de choisir l'objectif suivant le but qu'on se propose. Pour le portrait à l'atelier, la luminosité a le pas sur l'étendue du champ et sur la profondeur. On donnera donc la préférence aux instruments à grande ouverture, comme le *Planar*, le

*Stellar* et autres anastigmats fonctionnant à environ F/4, ou l'objectif double spécial pour portraits de Petzwald, les téléobjectifs spéciaux dans certains cas.

Pour les instantanés rapides, les vues cinématographiques par exemple, bien que la profondeur de foyer soit un avantage précieux, il sera quelquefois nécessaire de la sacrifier aux nécessités de l'éclairage. On s'en tiendra donc encore, dans ce cas, aux instruments rapides, et les anastigmats seuls donneront ici une image nette dans toute l'étendue du champ. L'aplanat serait trop lent, et l'objectif de Petzwald insuffisamment corrigé.

Pour les instantanés à faible vitesse, pour les groupes et le portrait en plein air, l'aplanat suffit parfaitement, mais l'anastigmat lui est préférable.

Le paysage est supérieurement rendu par l'objectif simple (à deux verres pour être achromatique), la distorsion et la faible luminosité n'ayant là guère d'importance et se trouvant plus que compensées par l'éclat et la pureté de l'image exempte de diffusion par lumière réfléchie sur les surfaces des lentilles. Toutefois, si la vue est très étendue, s'il faut reproduire un panorama, il faudra recourir à un objectif grand angulaire, aplanétique ou anastigmatique. Le téléobjectif rendra des services pour les détails éloignés ou des effets particuliers.

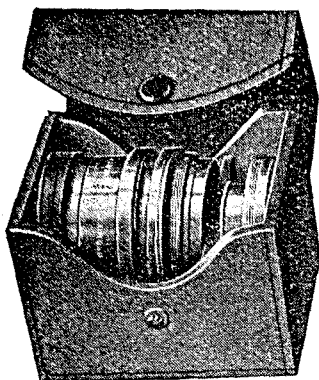
Dans les reproductions de tableaux, l'aplanat à grand angle rend de bons services. Mais, lorsqu'il est nécessaire de rendre les détails les plus fins d'une gravure, notamment d'une carte de géographie, il faut recourir à un instrument de haut rendement, où les aberrations soient parfaitement corrigées jusqu'aux bords, même à grande ouverture, afin d'éviter l'épaississement des traits qu'occasionne la diffraction. Dans ce cas, l'emploi de l'anastigmat s'impose.

Les applications des téléobjectifs et des instruments anachromatiques ont déjà été indiquées. Il est donc inutile d'y revenir.

Ce qui précède montre que le photographe doit posséder au moins deux objectifs et même davantage, s'il le peut, car l'instrument à tout faire n'existe pas. Même l'amateur qui limite ses travaux à une seule application, le paysage généralement, se trouverait souvent dans l'impossibilité de reproduire dans des conditions satisfaisantes un sujet dont il ne pourrait pas s'approcher ou s'éloi-



gner à volonté, s'il ne disposait que d'un objectif à foyer unique. Le téléobjectif et l'*Adjustable landscape lens* offrent déjà plus de ressources, puisqu'ils sont combinés de manière à donner des images



Cl. S. O. M.

Fig. 36. — Trousse d'eurygraphes Berthiot.

de dimensions variables; seulement le premier ne s'applique qu'aux sujets éloignés, et le second présente des aberrations qui en restreignent l'emploi.

C'est pour obvier à ces inconvénients que les opticiens combinent des *trousses* (fig. 36) contenant plusieurs lentilles de foyers différents s'adaptant à une même monture : deux à cinq, donnant trois à quinze combinaisons en théorie. Ces lentilles doivent avoir été calculées de manière que les aberrations ne s'additionnent pas, et surtout que les corrections de chacune ne se détruisent pas entre elles. En fait, une trousses ne permet

qu'un petit nombre de combinaisons satisfaisantes, et les images, tout en étant très convenables, n'égalent pas celles que donneraient de bons anastigmats. Mais une série équivalente de ceux-ci coûterait beaucoup plus cher que la trousses qui les remplace.

\* \* \*

Quel que soit le type d'objectif que l'on ait à choisir, il est indispensable de le vérifier attentivement, avant d'en faire l'acquisition. En s'adressant directement à la maison réputée ou à un intermédiaire sûr, on n'aura aucune déconvenue, et c'est surtout des instruments achetés d'occasion qu'il faut se méfier, ainsi que des contrefaçons qui ne sont pas signées ou qui portent le nom d'un opticien inconnu, ou un adjectif de fantaisie tiré du grec.

On devra s'assurer que les lentilles sont bien serties dans leurs barillets et ceux-ci normalement vissés dans la monture. On vérifiera le degré de poli des surfaces et la transparence des verres. Certaines lentilles sont légèrement colorées en jaune; dans la photographie monochrome, il n'en résulte qu'une augmentation du temps de pose; mais, pour la reproduction des couleurs, de tels verres

doivent être absolument rejetés, car la moindre coloration suffit à fausser entièrement le coloris.

Reste la question des bulles d'air qui subsistent parfois dans l'épaisseur du verre. Ces bulles s'observent rarement dans les objectifs des anciens types (simples, aplanats, doubles de Petzwald), mais on en voit souvent dans les anastigmats, bien que ces instruments soient beaucoup plus coûteux, et les fabricants n'acceptent généralement point de réclamation de ce chef, car il est impossible d'éviter ces défauts dans la préparation des verres spéciaux qu'exigent les nouveaux objectifs, verres restant très pâteux à la fusion, car, trop liquéfiés, leurs constituants se sépareraient par ordre de densité et le verre ne serait plus homogène, ce qui est un vice de toute première gravité. Ces bulles n'ont d'ailleurs aucune influence nuisible sur la perfection des images, et la perte de lumière qui en résulte (1/1 000) est tout à fait négligeable.

On se figure souvent que la partie optique d'un objectif est la seule importante : c'est une erreur. Les lentilles les plus parfaites ne donnent qu'un mauvais résultat si elles ne sont pas adaptées à une monture soigneusement établie. La partie mécanique d'un objectif est aussi capitale que sa partie optique, et il faut bien se dire que, le plus souvent, la légèreté d'une monture n'est obtenue qu'aux dépens de sa solidité et de sa précision. Celle-ci est presque toujours en laiton verni, rarement en alliage d'aluminium.

De même, parallèlement à l'augmentation de la luminosité de l'objectif doivent croître les conditions de précision indispensables aux chambres noires destinées à le recevoir. Si le plan du verre dépoli n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'axe optique, ou si la surface sensible ne coïncide pas exactement avec l'écran de mise au point, il est tout à fait inutile d'employer un objectif de grande valeur : l'image ne serait pas meilleure que celle qu'aurait donnée un instrument à bas prix. L'appareil doit donc aller de pair avec l'objectif.

Il arrive aussi, fréquemment, que des déboires sont occasionnés par un centrage défectueux des lentilles sur un *obturateur central* (V. chapitre III), ou encore que la pose de celui-ci ait modifié légèrement la distance entre les lentilles ou groupes de lentilles.

Les objectifs doivent être conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité. Il ne faut pas les laisser dans un laboratoire où des vapeurs

acides risqueraient d'attaquer non seulement la monture en métal, mais même le verre, dont le poli s'altérerait, à la longue. L'action de la chaleur est également à éviter, car le baume qui sert à coller les lentilles se ramollit à une température peu élevée.

Il est bon de nettoyer de temps à autre les surfaces libres des lentilles et d'en enlever les poussières. On dévissera les barillets avec précaution, afin de ne pas fausser la monture, puis on passera un blaireau fin sur les verres, que l'on essuiera ensuite *doucement* avec un morceau de toile usée très fine, sec ou très légèrement imbibé de benzine pure. Il faut bien veiller à ce que celle-ci ne vienne pas dissoudre le baume du Canada qui colle les lentilles. On doit absolument s'abstenir de frotter les surfaces avec une poudre à polir ou à nettoyer quelconque. De même, on doit chasser d'abord les poussières en soufflant, car en les promenant sous le linge ou la peau de chamois qui la frotte, on rayerait et dépolirait la lentille.

**Sténopé.** — L'objectif à lentilles est parfois remplacé par une simple lame opaque percée d'une petite ouverture ou *sténopé* (de στενός, étroit, et ὀπή, trou). En 1855, Berry avait reproduit un paysage à l'aide de ce dispositif simplifié, et plus tard Emerson obtenait par le même moyen des épreuves sur collodion. On a vu, au début de ce chapitre, que l'image ainsi réalisée n'est jamais bien nette. En outre, l'exiguïté de l'ouverture (F/200 à F/600) nécessite une pose très longue (200 à 1 200 fois celle d'un objectif à f/10). Néanmoins, il est des cas où le sténopé offre de réels avantages.

D'abord, si l'objectif ordinaire vient à se briser, au cours d'une excursion, l'opérateur a la ressource d'y suppléer en fixant sur la monture une plaquette métallique ou même une carte de visite percée à l'aide d'une épingle. L'image sera floue, mais très douce, et l'on préférera souvent une reproduction légèrement confuse à l'absence complète de tout document.

En second lieu, si l'image laisse à désirer au point de vue de la netteté, elle ne présente ni aberration de sphéricité, ni aberration chromatique, ni distorsion, et la profondeur de champ est illimitée vu la faible ouverture : des plans très inégalement éloignés sont reproduits sans différence de netteté.

Enfin, il peut arriver que les objectifs dont on dispose n'em brassent pas un angle assez ouvert. Dans ce cas, il suffit d'avancer la

plaque très près de la petite ouverture pour avoir une image panoramique très étendue et sans déformation. On peut encore augmenter l'angle sans entraîner sur les bords de l'image ni flou ni distorsion, en la recevant non sur une plaque plane, mais sur une pellicule ou une feuille de papier au bromure cintrée en un arc de cercle dont le sténopé occupe le centre. Si ce dernier est bien exempt de bavures, on obtiendra des panoramas embrassant 150° et plus.

Le sténopé permet, en effet, d'avoir une image satisfaisante en donnant des valeurs très diverses au tirage de la chambre. On a donc la faculté de régler les dimensions de l'image, en faisant varier la distance focale. Toutefois, l'image n'offre pas dans toutes les positions le même degré de netteté. Pour chaque dimension de l'ouverture il existe une distance focale correspondant au maximum de définition et au delà comme en deçà de laquelle la netteté diminue si l'on s'en écarte *beaucoup*. Les auteurs ont donné, pour le tirage optimum correspondant à une ouverture de diamètre déterminé, des chiffres variant du simple au quintuple!

DIA- MÈTRE DU STÉNOPE	CONVIENT AUX FORMATS	TIRAGE POUR LES OBJETS ÉLOIGNÉS (distance focale principale)	TIRAGE POUR REPRODUCTION EN GRANDEUR NATURELLE	TEMPS DE POSE (approximatif)
0 mm,15	4 × 5	30 à 40 mm.	65 mm.	200 fois
0 mm,20	4 1/2 × 6	50 à 65 —	100 à 110 mm.	300 —
0 mm,25	6 1/2 × 9	80 à 100 —	16 à 18 cm.	500 —
0 mm,30	9 × 12	12 à 15 cm.	26 cm.	800 —
0 mm,40	13 × 18	20 à 25 —	40 à 45 cm.	1 000 —
0 mm,50	18 × 24 24 × 30	30 à 40 —	70 cm.	1 200 —

} fois le temps  
de pose avec un  
objectif f/9.

Le tableau ci-dessus donne les éléments permettant de faire avec succès de la photographie sans objectif. Celle-ci, faite sur papier négatif au bromure, est très économique même pour de très grands formats, où le flou du sténopé devient tout à fait congruent à la distance où l'on examine l'épreuve. Ce flou est d'autant plus réduit que le diamètre du trou est plus petit : un sténopé de 15 centièmes de

millimètre ne donne guère moins net qu'un appareil à objectif manié par un débutant. La pose est aussi d'autant plus courte que le diamètre est plus réduit ; malgré cela, il est à peu près impossible de photographier au sténopé des êtres animés ; mais pour les natures

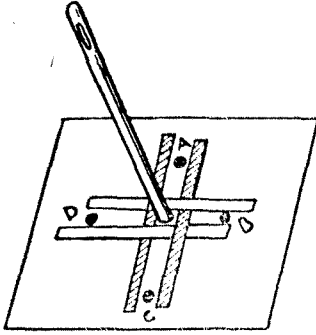


Fig. 37. — Fabrication d'un trou carré par assemblage de bandelettes de clinquant autour d'une aiguille plantée à travers le carton, perforé d'un orifice un peu plus large que ce que sera l'ouverture définitive. On les maintient ensuite sur le carton par de la colle. — Une variante évitant le risque de déformer les bords contre l'aiguille, consiste à ne pas la placer au centre, mais à en planter quatre en A, B, C, D.

mortes, les paysages, les agrandissements mêmes (en plein soleil), il est très intéressant, et il vaut la peine qu'on s'y essaie.

On peut aisément se faire une série d'orifices différents dans une même plaque tournante qui n'en laisse qu'un à la fois démasqué derrière le trou plus grand d'un écran ou platine qui l'abrite. On a d'ailleurs vendu des sténopés multiples ainsi montés et bien calibrés. Au delà d'un demi-millimètre et surtout d'un millimètre, l'image devient par trop floue.

Ces trous se percent facilement à l'aiguille<sup>1</sup> dans du clinquant de laiton ou d'aluminium, même dans du papier noir, mais il y a alors plus ou moins de bavures. On mesure aisément le diamètre de l'aiguille en en mettant par exemple 25 semblables côte à côte, et en mesurant la largeur du tout avec un décimètre, puis en divi-

sant par 25 : si la mesure est faite au demi-millimètre près, l'incertitude pour le diamètre d'une aiguille sera réduit au cinquantième de millimètre, ce qui est plus de précision qu'il n'en faut.

M. Malvezin a employé avec succès des *trous carrés*, non pas forés, mais obtenus en croisant deux à deux quatre bandelettes de clinquant mince coupé bien net aux ciseaux, autour de l'aiguille servant de calibre ; pour ne pas risquer de déformer les bords au contact de cette

1. Pour percer un métal, l'aiguille est enfoncée dans un bouchon de liège, la pointe en affleurant une face, la tête étant cassée à la tenaille ou à la pince au ras de la face opposée. Un coup de marteau bien franc et bien droit la fera percer sans se briser.

aiguille, on peut en placer quatre en croix et mettre les bandes-lettres parallèles de part et d'autre de chaque paire (fig. 37).

On peut encore établir des sténopés carrés variables, au moyen de deux languettes de métal très mince coulissant l'une dans l'autre et découpées chacune à  $90^\circ$  à leur extrémité : le coulissage se fait dans le sens diagonal de l'ouverture formée par l'intersection des découpures.

L'image donnée par le sténopé sur le verre dépoli étant sombre, on fait la mise en plaque en utilisant un orifice de 1 à 2 millimètres de diamètre, donnant une image plus lumineuse; elle est très floue, mais on ne s'en occupe pas pour la mise au point, qui se fait en réglant le tirage d'après le diamètre du sténopé que l'on doit utiliser (tableau ci-dessus).

#### OUVRAGES A CONSULTER

- A. SORET, *Optique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.  
 E. WALLON, *Traité élémentaire de l'objectif photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.  
 AD. MIETHE, *Optique photographique, sans développements mathématiques* Paris (Gauthier-Villars), 1896.  
 P. MOESSARD, *L'Optique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.  
 A. MULLIN, *Traité élémentaire d'optique photographique*, Paris (Ch. Mendel), 1898.  
 G. MÉNÉTRAT, *Étude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs*, Paris (Ch. Mendel), 1906.  
 P. MOESSARD, *L'Objectif photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.  
 EM. GENET, *Les principes élémentaires d'Optique de la Photographie*, Paris (P. Montel).  
 H. PARISELLE, *Les Instruments d'Optique*, Paris (A. Colin), 1923.  
 E. WALLON, *Choix et usage des objectifs photographiques*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1903.  
 H. QUENTIN, *Du choix d'un objectif*, Paris (Ch. Mendel), 1906.  
 PITOIS, *Les Objectifs modernes*, Paris (J. de Francia).  
 J. MUSSAU, *Les Objectifs et leur emploi rationnel*, Paris (Montel).  
 J.-M. EDER, *Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und Prüfung*, Halle a/S (W. Knapp), 2<sup>e</sup> édition.  
 P. MOESSARD, *Études des lentilles et des objectifs photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1889.  
 AD. MARTIN, *Détermination des courbures de l'objectif grand angulaire pour vues*, Paris (Gauthier-Villars), 1892.  
 AD. MARTIN, *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.

- HOUDAILLE (capitaine), *Sur une méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques et des instruments d'optique*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
- L. DE PULLIGNY et C. PUYO, *Les Objectifs d'artiste*, Paris (édition du Photo-Club), 1905.
- G.-H. NIEWENGLOWSKI, *La Photographie artistique par les objectifs anachromatiques*, Paris (Ch. Mendel), 1907.
- T.-R. DALLMEYER, *Le Téléobjectif et la Téléphotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.
- H. QUENTIN, *La Téléphotographie*, Paris (Ch. Mendel), 1906.
- R. COLSON, *La Photographie sans objectif au moyen d'une petite ouverture*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.
- J. COMBE, *Sans objectif, photographie au moyen d'un trou d'aiguille*, Paris (J. de Francia), 1899.
- L. ROUYER, *Manuel pratique de photographie sans objectif*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.
- G.-H. NIEWENGLOWSKI, *La Photographie artistique par la sténopé-photographie*, Paris (Ch. Mendel), 1906.

## CHAPITRE III

## L'OBTURATEUR

**Notions générales.** — Quand le sujet à photographier est immobile et peu éclairé, la lumière qui en émane est admise sur la plaque sensible pendant plusieurs secondes, parfois même pendant des minutes et des heures entières. L'ouverture et la fermeture de l'objectif s'effectuent dans ce cas comme on le faisait dans les premiers temps de la photographie. L'objectif est muni d'un couvercle ou *bouchon*, généralement en carton recouvert de cuir et doublé de velours à l'intérieur, de manière à s'adapter à la monture par un frottement très doux, sans ébranler l'appareil. Après la mise au point, on ferme l'objectif, puis on met le châssis en place, et l'on tire le volet, pour démasquer la surface sensible. On ôte alors le bouchon avec précaution et en évitant tout mouvement brusque qui risquerait d'occasionner des vibrations, et l'on compte le temps que l'on a jugé convenable pour la pose. On remet ensuite le bouchon sur l'objectif, et on referme le châssis.

Mais il n'est pas toujours possible d'opérer de la sorte. D'abord, si le sujet se déplace, même très lentement, ou si son éclairage est assez vif pour qu'il soit nécessaire de réduire le temps de pose à une fraction de seconde, il faut s'y prendre autrement. Un opérateur adroit arrive à exécuter la manœuvre du bouchon en  $1/4$  de seconde, mais là est la limite extrême de rapidité qu'il soit possible d'atteindre; encore faut-il concentrer toute son attention sur l'objectif et s'abstenir de regarder le modèle. Une netteté du dixième de millimètre, avec objectif éloigné de 15 centimètres de la plaque et sujet distant de 15 mètres, suppose que ce dernier ne s'est pas déplacé transversalement de plus de 1 centimètre pendant la pose. Or ce déplacement est accompli en  $1/140$  de seconde par un marcheur faisant 5 kilomètres à l'heure, en  $1/1670$  de seconde par un train ou une automobile roulant à 60 kilomètres à l'heure.



Même si la pose est de plusieurs secondes, le bouchon ne suffit plus lorsqu'il est indispensable d'observer le sujet. Il en est ainsi, notamment, pour le portrait : l'opérateur doit regarder la personne qui pose, épier le moment favorable et découvrir l'objectif, sans perdre un seul instant. Si, la pose une fois commencée, le modèle vient à bouger, ou si son expression se modifie, il importe de refermer immédiatement l'objectif, alors même que le temps de pose ne serait pas encore entièrement écoulé. On peut, en effet, remédier à une légère insuffisance de pose, tandis qu'en laissant l'objectif ouvert dans les circonstances qui viennent d'être définies, on aboutirait à un échec certain.

De là la nécessité d'instruments combinés de manière à ouvrir et à fermer l'objectif plus ou moins rapidement suivant les cas, sans que l'attention du photographe soit détournée du sujet à repro-

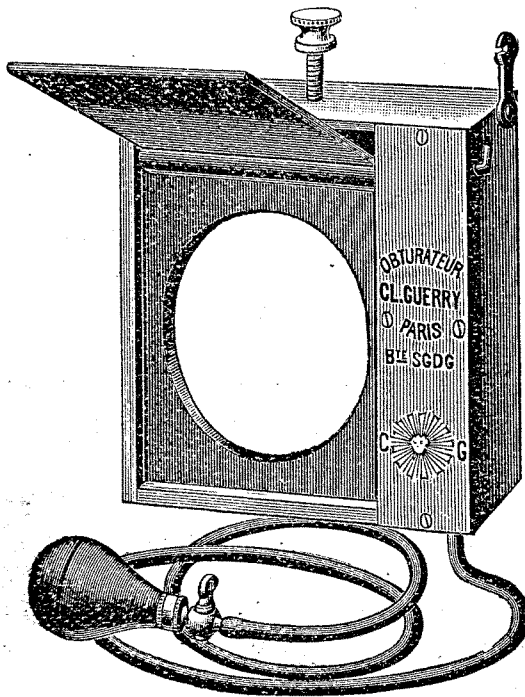


Fig. 38. — Obturateur à volet simple.

duire. Tel est le rôle des *obturateurs*. Il en existe une foule de modèles, dont la description serait trop longue et d'ailleurs inutile, car tous les mécanismes proposés depuis plus de cinquante ans dérivent d'un nombre très restreint de types principaux, dont il nous suffira de signaler les dispositions essentielles, les menus détails de leurs mécanismes ne présentant qu'un intérêt trop limité.

#### Obturateurs à volets.

— Pour le portrait à l'atelier, un obturateur assez ancien (son invention remonte à 1879), mais d'un fonctionnement irréprochable, est celui de Cl. Guerry (fig. 38). On le fixe sur l'objectif au moyen d'une vis de serrage. Un volet très léger, constitué par un cadre recouvert de velours, intercepte la lumière. Ce

volet est monté sur un axe dont la rotation est commandée par un soufflet de caoutchouc. A ce soufflet est adapté un tuyau aboutissant à une poire élastique. Quand on presse la poire, le volet s'ouvre, sans bruit et sans secousse. L'opérateur n'a pas besoin de regarder l'appareil; rien ne l'empêche de s'en éloigner autant qu'il le juge nécessaire : le tuyau a ordinairement 2 mètres de longueur, mais il n'y a aucun inconvénient à y ajouter une rallonge. La poire est munie d'un robinet qui permet de maintenir l'air comprimé et l'obturateur ouvert pendant la mise au point. Pour le même but, l'axe auquel est fixé le volet se termine par une tige coudée à laquelle peut s'adapter un crochet qui l'immobilise.

Cet obturateur est quelquefois placé à l'arrière de l'objectif, à l'intérieur de la chambre noire. On peut alors l'ouvrir sans éveiller l'attention du modèle.

L'extrême simplicité de son mécanisme le met à l'abri des accidents. Il ne saurait y avoir aucun raté. Mais l'obturateur à volet simple ne convient pas aux poses dont la durée est inférieure à  $1/5$  de seconde. Pour les poses plus courtes, Guerry a construit un obturateur à deux volets dont l'un ouvre l'objectif tandis que l'autre le ferme. La rapidité de l'obturation dépend de la pression que l'on donne à la poire. Si la pose doit être très réduite, la simple pression ne réaliserait pas une vitesse suffisante. Il faut alors serrer d'une main le tuyau de caoutchouc, de manière à empêcher l'air d'y passer, et, de l'autre main, serrer fortement la poire. En desserrant brusquement le tuyau, l'air qui s'y trouvait comprimé se détend vivement et communique une rapide impulsion aux volets.

**Obturateur à guillotine.** — A l'époque des débuts de la photographie instantanée<sup>1</sup>, on ne connaissait qu'un obturateur très simple : une planchette percée d'une lucarne glissait dans un cadre à coulisses adapté à l'objectif. En laissant tomber en chute libre cette planchette, ou *guillotine*, le temps de pose était d'environ  $1/10$  de seconde, mais variait sensiblement selon le poids la course et les dimensions de l'organe mobile, et selon les frottements qu'il avait à subir. La vitesse d'obturation pouvait être accrue, soit en suspendant à la guillotine un poids additionnel, soit en y attachant

---

1. Dès 1845, FIZEAU et FOUCAULT utilisèrent le premier obturateur de ce type pour la photographie du soleil.

un ressort. Le déclenchement était déterminé en poussant un dé clic qui retenait la planchette au sommet de sa course ou en pressant une poire élastique comprimant l'air dans une poche ou *tétine* de caoutchouc dont le gonflement faisait mouvoir la détente, l'écartant et la dégageant ainsi de l'encoche où elle se logeait.

L'ouverture de la guillotine était généralement rectangulaire, donc terminée de façon rectiligne aux deux extrémités (Joubin, 1880), ou bien c'était un cercle découpé, de même diamètre que l'objectif. On a aussi découpé les extrémités supérieure et inférieure de l'ouverture, en forme circulaire, mais les convexités se regardant : le rendement est amélioré, mais le centre de l'objectif est découvert pendant moins longtemps que les bords.

Il est à remarquer que le mouvement de la guillotine n'est pas uniforme, mais accéléré sous l'action de la pesanteur.

La guillotine rectiligne est actuellement abandonnée, parce qu'elle était trop encombrante, mais beaucoup d'appareils à main sont munis d'un obturateur qui n'est pas autre chose qu'une petite guillotine à mouvement circulaire, secteur de cercle fait d'une lamelle de métal. Comme l'instrument est appelé à fonctionner dans diverses positions, le mouvement de l'organe mobile n'est jamais déterminé par son propre poids, mais bien par un ressort dont on modifie à volonté la tension pour régler la vitesse d'obturation. D'autres freinent le mouvement de la lame par un organe frottant plus ou moins fortement.

Quand l'obturateur a fonctionné, il faut le ramener à sa position de départ et tendre son ressort, s'il en a un, pour qu'il puisse fonctionner de nouveau : ce qu'on appelle *l'armer*. Beaucoup de types sont toujours armés, c'est-à-dire prêts à être déclenchés à une nouvelle pression parce que la première, tout en libérant la détente, a retendu le ressort. On gagne ainsi du temps puisqu'on supprime une opération ; et on ne risque pas de l'oublier en cas d'urgence énervante (reportage). Mais un indiscret peut alors, en examinant l'appareil, provoquer une exposition intempestive.

Quand on arme un obturateur, l'ouverture en venant pour reprendre sa place primitive passe devant ou derrière l'objectif dans le sens inverse de sa marche précédente, et le découvre donc. Cela n'a pas d'inconvénient dans les appareils à châssis à volets ou rideaux, et où l'on doit examiner chaque image sur le verre dépoli avant de la

prendre sur la plaque : il faut même bien que l'objectif soit alors découvert pour cela. Mais « ce découvrément en armant » est inadmissible pour les appareils, bien plus nombreux, où la surface sensible reste à découvert dans la chambre noire entre deux prises de vues ; il faudrait du moins obturer au bouchon l'objectif pendant le réarmement, manœuvre supplémentaire... et que l'on oublierait le plus souvent. Les obturateurs « ne découvrant pas en armant » déplacent à la fois deux lamelles d'acier superposées, dont l'une porte l'ouverture et dont l'autre est pleine : et cette dernière revient seule à sa position de départ une fois l'armement effectué. La seconde l'y rejoindra lors du déclenchement, son ouverture démasquant seulement alors l'objectif.

Les obturateurs à rideaux (obturateurs d'objectifs et obturateurs de plaques) que nous allons décrire dérivent d'ailleurs de la guillotine. Ils n'en diffèrent que par la substitution d'une bande d'étoffe souple à la planchette rigide.

**Obturateurs d'objectif à rideau.** — L'organe essentiel de l'obturateur à rideau est une bande d'étoffe opaque, percée, vers le milieu de sa longueur, d'une ouverture dont la largeur égale celle de l'objectif. Cette bande est fixée par chacune de ses extrémités à des rouleaux autour desquels elle vient s'enrouler. L'un de ces rouleaux porte un ressort analogue à celui des stores de voitures. Quand la bande est roulée sur l'autre rouleau, il suffit de presser un déclic pour que le rouleau à ressort tourne rapidement : la bande vient s'y enrouler, et, au moment où son ouverture passe devant l'objectif, la lumière y pénètre. L'enroulement continuant, la seconde partie opaque du rideau referme l'objectif.

Le modèle représenté figure 39 est construit par Thornton-Pickard. Une toile flexible, imperméable à la lumière, s'enroule autour de deux axes. Au milieu du rideau est pratiquée une ouverture carrée. Le rouleau inférieur contient un ressort en fil d'acier dont la tension peut être réglée à l'aide du bouton moleté extérieur S de façon à faire varier la durée d'obturation, qu'un cadran à aiguille indique.

Pour armer l'obturateur, on tire un cordon enroulé autour d'une poulie dont l'axe se termine par un pignon qui engrène avec une roue dentée maintenue immobile par le levier de détente et faisant tourner le cylindre inférieur, ce qui enroule l'étoffe sur lui. Quand on comprime la boule de caoutchouc, la tétine placée sous le levier se gonfle

et écarte le crochet qui retenait la roue dentée. Le rideau se met alors en mouvement et s'enroule sur le rouleau à ressort, soit en totalité, soit seulement jusqu'à la moitié de sa course, suivant que l'aiguille qui termine le levier se trouve en face du mot *inst* ou du mot *time*. Dans le premier cas, le fonctionnement de la détente dégage complè-

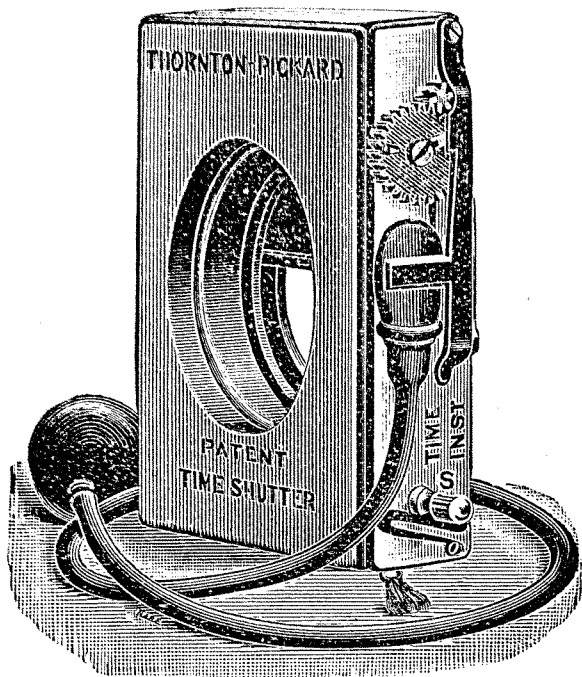


Fig. 39. — Obturateur à rideau Thornton-Pickard.

tement la roue dentée, et rien n'arrête le mouvement du rideau, jusqu'à ce que l'objectif, un instant découvert, soit de nouveau protégé par l'extrémité opaque. Dans le second cas, au moment où l'objectif est ouvert, un ergot qui fait saillie sur la roue dentée vient buter contre le crochet que porte le levier de déclenchement, et le mouvement se trouve arrêté jusqu'à ce que l'on cesse de comprimer la poire, ce qui fait s'effacer le crochet et laisse le mouvement possible : l'enroulement se termine alors aussi-

tôt, et l'objectif est recouvert après le temps de pose qu'a déterminé l'opérateur. Cet objectif peut être fixé soit à l'avant de l'objectif, soit à l'arrière. D'autres modèles arment en tournant une clef saillante fixée au pignon. Il en existe aussi qui ne découvrent pas en armant, grâce à un rideau auxiliaire plein accompagnant le rideau évidé dans son passage.

Le même constructeur a imaginé pour l'atelier deux rideaux qui s'enroulent sur des axes disposés aux deux extrémités de la boîte. Dans leur position normale, des ressorts les maintiennent tendus devant l'ouverture. Quand on presse la poire de caoutchouc, le gonflement du soufflet placé sur la boîte déplace un levier qui

entraîne un cordon enroulé sur les deux axes. Ce mouvement a pour effet de faire enrouler les rideaux, qui s'écartent l'un de l'autre et démasquent l'ouverture. Dès qu'on cesse de presser, les rideaux se referment sous l'action des ressorts. La durée de la pose est donc variable, au gré de l'opérateur, de sorte que si le sujet se montre sur le point de remuer, il n'y a qu'à lâcher brusquement la poire. Le fonctionnement du mécanisme est absolument silencieux et ne peut éveiller l'attention du modèle, avantage très important quand il s'agit de photographier des enfants ou des animaux.

Pour mettre au point, on presse la poire et l'on ferme le robinet.

*Emplacement de l'obturateur.* — Les modèles précédents sont évidemment plus faciles à mettre ou à enlever sur le parasoleil de l'objectif, c'est à-dire devant ce dernier. Mais si on les monte derrière, on éloigne de toute leur épaisseur l'objectif de la plaque, ce qui revient à posséder un tirage plus long, chose utile lorsque l'on doit photographier de très près. Surtout, on démontre aisément que le rendement est alors meilleur. Mais la théorie démontre que les meilleures conditions sont réalisées quand l'objectif occupe la place du centre optique du système optique.

**Obturateurs centraux.** — Pour réduire en même temps au minimum le volume et le poids de l'obturateur, on a imaginé de le placer au centre de l'objectif, tout près du diaphragme. Dans ce cas, il faut changer la monture et s'assurer, en vissant les lentilles, qu'elles occupent bien leurs positions respectives et qu'elles sont exactement centrées et écartées, de la même manière et quantité que sur leur monture normale. Sans cette précaution, le meilleur objectif cesserait de donner des images correctes. L'obturateur central est le complément indispensable de la plupart des appareils portatifs. Il en existe plusieurs modèles, tous composés des mêmes organes essentiels et différenciés seulement par quelques détails de construction. Deux ou plusieurs lames métalliques montées sur pivots ou sur glissières interceptent la lumière. Sous l'impulsion d'un ressort, elles s'écartent, de manière à découvrir l'objectif en commençant par le centre, puis se referment. Le déclenchement du mécanisme est déterminé soit par la pression d'un levier, soit par le gonflement d'une tétine reliée à une poire de caoutchouc. Pour faire varier la vitesse, suivant les circonstances, on tend plus ou moins

le ressort, ou bien on ralentit le mouvement en réglant un frein mécanique ou pneumatique, à fuite d'air variable.

Les poses de courte durée (de  $1/4$  de seconde à 1 ou 2 secondes) sont faites en appuyant sur le déclencheur, puis en le relâchant dès qu'on désire la fermeture. Mais dès qu'elle doit durer quelques secondes, le maintien de la main fermée sur la détente deviendrait fastidieux et fatigant. On fait alors la pose « en deux temps » (repère T

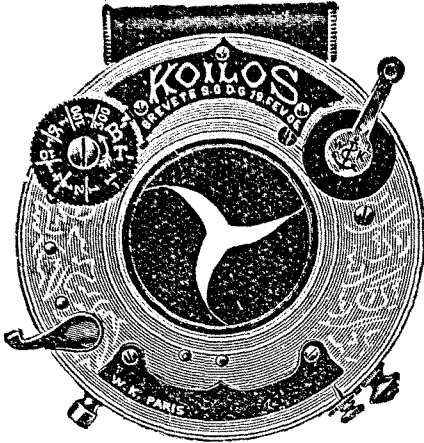


Fig. 40. — Obturateur à secteurs  
Lacour-Berthiot.

du cadran des vitesses), une première pression provoquant l'ouverture, qui persiste jusqu'à ce qu'une deuxième produise la fermeture.

Il existe des dispositifs à freinage automatique affectuant correctement de courtes poses ( $1/5$  à 2 secondes) dites *comptées*, à la suite d'une simple pression.

L'obturateur central *Unicum*, de Bausch et Lomb, est combiné pour la pose et pour l'instantané, suivant la position de l'index sur le cadran. Pour mettre au point, on ouvre l'objectif en déplaçant

le levier de droite. Pour déclencher, on pousse le levier latéral, ou bien on presse une poire de caoutchouc communiquant avec le piston. Le réglage du diaphragme iris est commandé par un index. On peut *armer* cet obturateur, c'est-à-dire placer ses lamelles dans leur position de départ, sans que l'objectif soit ouvert. Rien n'empêche, par conséquent, d'effectuer cette manœuvre alors que la plaque ou la pellicule est déjà démasquée.

L'obturateur *Koilos* (fig. 40) s'ouvre et se ferme par le jeu combiné de trois secteurs métalliques très légers. Il fait, à volonté, la pose et l'instantané, suivant la position de l'indicateur de vitesse, que l'on aperçoit à gauche. On voit au sommet le cylindre du frein. La vitesse de l'obturation dite instantanée varie de 1 seconde jusqu'à  $1/300$  de seconde. Le déclenchement s'effectue soit mécaniquement, soit par la pression d'une poire de caoutchouc.

On peut encore citer les marques récentes *Compound*, *Vario*, *Ibso*, *Compur*, ce dernier l'un des plus perfectionnés.

**Obturbateurs de plaques.** — Les obturbateurs précédents ne suffisent plus quand la pose doit être inférieure à  $1/300$  de seconde environ. Dans ce cas, il y a avantage à remplacer l'obturbateur d'objectif par l'obturbateur de plaque ou *focal plane* (Anschutz, 1888). C'est un rideau fonctionnant de la même manière que celui que nous avons déjà décrit, mais de beaucoup plus grandes dimensions, puisqu'il est placé, non plus sur l'objectif, mais devant le châssis, tout près de la plaque. De plus, son ouverture se réduit à une fente très étroite, qui se déplace parallèlement aux petits côtés de la plaque ou bien aux grands. La largeur de cette fente est d'ailleurs réglable dans la plupart des modèles. Elle peut varier entre 1 centimètre et  $1/5$  de millimètre. Aujourd'hui, la plupart des obturbateurs de plaque s'arment sans découvrir, grâce à un rideau auxiliaire plein. On voit en place l'obturbateur de plaque sur les appareils des figures 6, 7, 13, 14, 22.

L'avantage de l'obturbateur de plaque est d'admettre le maximum de lumière avec le minimum de pose. Tandis que l'obturbateur d'objectif expose en même temps toute la surface de la plaque, en démasquant l'objectif soit par le centre (obturbateurs à secteurs pivotants) soit d'un bout à l'autre d'un diamètre (guillotine), le *focal plane* n'admet la lumière que peu à peu, par la fente qui passe successivement sur tous les points de la surface sensible : une mince bande de lumière balaie de bout en bout la plaque, dont chaque portion ne se trouve éclairée que pendant un temps extrêmement court. En rétrécissant suffisamment la fente, on arrive à réduire à  $1/1\ 000$  de seconde, et même à moins encore, le temps d'exposition : la tension variable du ressort contribue encore à donner une gamme étendue de « vitesses ».

Le rendement du focal plane est très élevé, mais il présente, à des degrés plus ou moins évitables, trois graves défauts. D'abord, si les deux lèvres de la fente ne sont pas parfaitement parallèles, la région où elle est le plus large admettra une plus grande somme d'éclairement, d'où traînée plus lumineuse sur l'épreuve positive (aujourd'hui les lèvres du rideau sont toujours à bords métalliques rectilignes). Ensuite, la marche du rideau n'est pas uniforme : la fente a un démarrage lent par inertie, puis précipite son allure grâce à l'élan ; cette accélération n'est que partiellement neutralisée par la perte d'énergie du ressort qui se détend : de sorte que la photo-



graphie sera d'intensité dégradée, une extrémité étant sombre et l'autre claire. Enfin la partie inférieure de la plaque n'est pas impressionnée en même temps que sa partie supérieure, et, si le sujet se déplace très rapidement (automobile, etc.) dans un sens perpendiculaire à l'axe de visée, son mouvement se combinera avec celui de la fente et il peut en résulter une déformation générale, bien que chacun de ses points soit parfaitement net. Ainsi, les mâts, supposés parfaitement verticaux, d'un navire passant par le travers devant l'appareil, se montreront plus ou moins obliques. Une roue d'auto devient une ellipse. Si la fente court dans le même sens que le mobile (ou à contre-sens), celui-ci ne se montrera pas obliqué, mais comprimé ou bien étiré. Néanmoins, en pratique, cette déformation est généralement insignifiante.

**Détermination de la vitesse des obturateurs.** — Il est nécessaire, dans certains cas, de connaître exactement le temps de pose. Les vitesses marquées sur les obturateurs sont quelquefois de simples numéros d'ordre; le plus souvent, cependant, elles sont indiquées en fractions de seconde; mais, à supposer que cette graduation ait été juste au moment de la fabrication, elle cesse inévitablement de l'être tôt ou tard, par suite de l'usure des pièces mobiles, du piston ou du frotteur du frein, et de l'élasticité imparfaite des ressorts, qui se détendent peu à peu. Pour contrôler ou vérifier ces vitesses, il existe divers moyens. Le plus précis est celui qui consiste à photographier un objet brillant animé d'une vitesse connue, en même temps que s'inscrit sur un rouleau une courbe sinueuse tracée par un diapason électrique dont le nombre de vibrations par seconde est constant et d'ailleurs indiqué par le son qu'il émet. Ce dispositif n'est toutefois usité que dans les laboratoires, parce qu'il est compliqué. Une méthode plus simple et suffisante dans la pratique, signalée par Léon Vidal dès 1880, comporte un fort mécanisme d'horlogerie qui imprime à une aiguille brillante et polie un mouvement uniforme de 1 tour par seconde. Le cadran, noir, devant lequel se meut l'aiguille, a 1 mètre de circonférence, qui porte en blanc décimètres, centimètres et millimètres. Si l'on photographie cet appareil en plein soleil, l'aiguille, malgré sa grande vitesse, laissera sur la plaque sensible, grâce à la vive lumière qu'elle réfléchit, la trace de son passage, sous la forme d'un double éventail, en face

des divisions. Les limites de cet éventail font connaître la durée de la pose, par la simple lecture des graduations qui s'y trouvent comprises : les décimètres du cadran correspondent à des dixièmes de seconde, les centimètres à des centièmes, et les millimètres à des millièmes de seconde. D'une manière plus générale, connaissant la vitesse de rotation on déduit facilement de l'angle décrit par l'aiguille la durée de la pose. C'est ainsi qu'on peut utiliser comme index tournant une bandelette de papier blanc collée sur le bord d'un plateau de phonographe à vitesse étalonnée, soit un rayon de roue de bicyclette qu'on a entortillé de papier blanc : elle est posée selle et guidon sur le sol, on lance la roue, et quand elle est arrivée à faire un tour par seconde on déclenche l'obturateur de l'appareil photographiant la roue en plein soleil. Si au développement on voit sur le cliché un secteur s'étendant sur  $10^\circ$  de largeur angulaire, l'exposition a duré  $10/360$  de seconde, soit  $1/36$ .

On peut aussi photographier un mobile éclairé par une lumière d'intermittence connue : par exemple par une lampe électrique alimentée par du courant à 42 périodes.

Un autre procédé consiste à photographier, éclairée par le soleil sur un fond noir, une bille d'acier qu'on laisse tomber le long d'une règle divisée. Les chiffres de celle-ci doivent être lisibles sur le cliché. Comme la vitesse varie suivant le point de la course et que l'on ne peut être sûr de déclencher au moment précis où commence la chute, on est obligé de faire les opérations suivantes :

a) Sur le cliché, on note le point où commence la traînée décrite par la bille; supposons que ce soit à 36 centimètres du point de lâchage de la bille, situé au sommet de la règle et coté *zéro*; on prend la racine carrée de cet espace, soit 6.

b) On prend également la racine carrée de l'intervalle existant entre la fin de la traînée et le point de lâchage zéro; soit 144 centimètres, la racine est 12.

c) On soustrait ces deux racines l'une de l'autre :  $12 - 6 = 6$ .

d) On multiplie ce résultat par 0,45 : le produit représente le temps de pose en centièmes de seconde (ici, 2,7 centièmes, ou  $1/37$ ).

**Rendement des obturateurs.** — La durée utile de pose est celle pendant laquelle *toute la plaque* est illuminée par la lumière traversant *tout l'objectif*. Mais il y a en outre les phases d'ouverture et de fermeture, pendant lesquelles une portion de l'objectif seule-

ment est progressivement découverte et laisse passer une partie de la lumière. Le rapport de ces deux durées, en tenant compte en outre de la dimension des ouvertures de l'obturateur, donne le *rendement*, qui est le rapport entre la quantité de lumière effectivement admise et celle qui aurait traversé l'obturateur si celui-ci avait été *totallement* ouvert dès le début et jusqu'à la fin de l'opération. Rarement ce rendement dépasse 0,5, c'est-à-dire que l'ouverture et la fermeture progressives représentent, en durée et surface, autant que le plein flot de lumière transmis par la pleine ouverture. Il est évidemment désirable que les lamelles s'écartent aussi rapidement que possible pour ouvrir l'obturateur, puis se referment très vite aussi, la pleine ouverture étant maxima. D'autre part, ces périodes incomplètes n'ont plus qu'une importance négligeable quand la durée de la pose devient un peu longue.

**Déclencheur Bowden.** — Le déclenchement pneumatique des obturateurs présente un inconvénient : le caoutchouc perd peu à peu son élasticité, durcit et se fendille, surtout quand on ne s'en sert que de loin en loin, ce qui est précisément le cas pour beaucoup d'amateurs. La poire, le tuyau et la tétine ne tardent donc pas à être mis hors d'usage. On n'y remédie qu'imparfaitement par des immersions dans l'ammoniaque additionnée de deux fois son poids d'eau, où le caoutchouc reprend en partie sa souplesse. Quant aux déchirures, on les répare à l'aide d'une solution de caoutchouc dans la benzine.

C'est pour éviter les inconvénients inhérents à l'emploi du caoutchouc, qu'a été employé le déclencheur Bowden. L'opérateur tient en main une poussette dont le mouvement est transmis au dé clic de l'obturateur par l'intermédiaire d'un fil d'acier glissant à l'intérieur d'un cordon souple constitué par un autre fil d'acier enroulé en spirale et recouvert d'une gaine en fil de coton ou de soie tressée. Ce dispositif, créé pour la commande des freins de bicyclettes, a à peu près supplanté la poire avec son tube.

**Autodéclencheurs.** — Le propriétaire ou l'utilisateur de l'appareil est généralement condamné à ne pas figurer dans les groupes qu'il photographie, puisque c'est lui qui fait fonctionner l'obturateur. On a employé divers dispositifs pneumatiques, électriques ou à tirage, permettant de déclencher à plusieurs mètres de distance ;

ils sont peu pratiques ou sujets à rater s'ils n'ont pas été installés avec soin.

Plus récemment, on a construit de petits instruments où un ressort, préalablement armé, met en mouvement la détente de déclenchement au bout d'un certain nombre de secondes seulement, ce qui permet à l'opérateur d'aller prendre place devant l'appareil. Un instant seulement avant le déclic, un petit bras déplace un voyant rouge pour signifier le « ne bougeons plus! » traditionnel. Plusieurs de

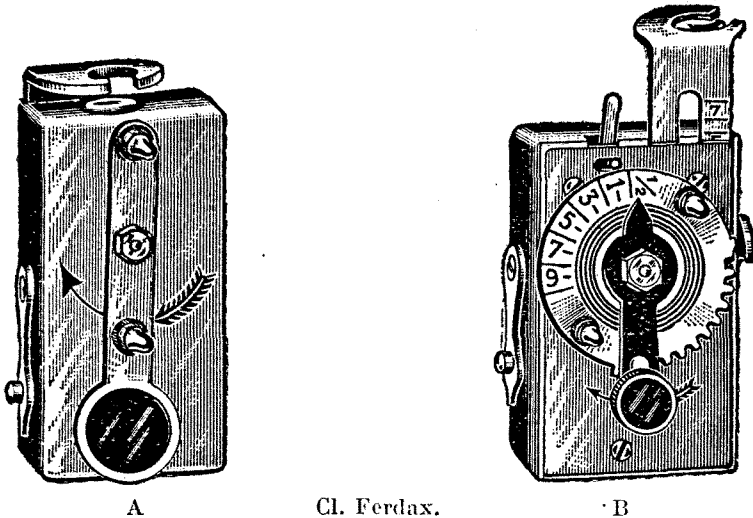


Fig. 41 et 42. — Déclencheurs automatiques à retardement pour l'instantané seulement (A) ou pour l'instantané et la pose de durée variable (B).

ces instruments peuvent également faire automatiquement de la pose par deux déclenchements successifs, et la durée en est réglable à l'avance, généralement par fuite d'air à travers un orifice variable (appareils *Photoclip*, *Haka*, *Cunctator*, *Autex*, *Ferdax*, etc.).

On peut construire pour presque rien un déclencheur différé pour l'instantané, au moyen d'une pince à linge qui en se refermant enfonce le poussoir de l'obturateur : elle est maintenue ouverte par une ligature de ficelle, et de celle-ci part une mèche plus ou moins longue que l'on enflamme et qui met quelques secondes à brûler : quand la ficelle se trouve attaquée par le feu, la pince n'est plus maintenue ouverte, et en se refermant elle actionne le déclenchement.

## OUVRAGES A CONSULTER

- J. DEMARÇAY, *Théorie mathématique des guillotines et obturateurs centraux droits*, Paris (Gauthier-Villars), 1892.
- A. LONDE, *La Photographie instantanée, théorique et pratique*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1897.
- J. DEMARÇAY, *Note sur la théorie des obturateurs photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1906.
- G. MÉNÉTRAT, *Étude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs*, Paris (Ch. Mendel), 1906.
- H. WURTZ, *Les Obturateurs, achat, essai, usage*, Paris (H. Desforges), 1906.
- H. BOURÉE, *Étude pratique des appareils à obturateurs de plaque*, Paris (P. Montel).
-

## CHAPITRE IV

## LE LABORATOIRE ET L'ATELIER

**Dispositions générales.** — Les manipulations photographiques sont bien simplifiées, depuis nombre d'années. Autrefois, le photographe était obligé de préparer soi-même ses plaques, de les nettoyer, les polir, les recouvrir du substratum (albumine ou collodion) destiné à retenir le sel d'argent, et enfin de les sensibiliser; il devait également sensibiliser le papier. Aujourd'hui, il n'en va plus de même, et, sauf dans certaines industries où l'on utilise le collodion, on se sert de plaques vendues prêtes à l'emploi. La plupart des papiers sont livrés de même. Les procédés en sont arrivés à ce point que l'amateur peut réellement se passer de toute installation et travailler comme le peintre, en plein jour, dans un salon. Néanmoins, pour le photographe professionnel et même pour l'amateur désireux d'utiliser toutes les ressources de l'art photographique, une installation spéciale reste encore nécessaire.

Bien qu'une seule pièce suffise, à la rigueur, il vaut mieux disposer de deux pièces contiguës, l'une pour les travaux qui doivent être exécutés en pleine lumière, et l'autre réservée aux opérations qui exigent l'obscurité. La première peut être disposée au gré de chacun, mais la seconde doit satisfaire à certaines conditions que nous allons analyser.

**Cabinet noir.** — Les plaques photographiques sont actuellement si sensibles que tout accès de lumière blanche dans le laboratoire, même faible, comme celle d'une lampe ou d'une bougie, suffirait à les mettre en un instant hors d'usage. Il faut donc que toutes les ouvertures soient bouchées avec soin. Les moindres fissures, aperçues dans les encadrements des portes, les trous des serrures doivent être recouverts de papier noir, ou ce qui est préférable, d'étoffe épaisse. Il faut demeurer au moins 10 à 15 minutes dans le cabinet fermé pour que l'œil, habitué à l'obscurité soit

devenu assez sensible pour percevoir les moindres infiltrations de la lumière extérieure. On garnira également d'étoffe les bords du battant de la porte, de façon que le jour ne puisse s'introduire ni par les côtés, ni par les reflets venus du sol. L'entrée de certains laboratoires est précédée d'un tambour à deux portes disposées de telle sorte que l'une ne puisse s'ouvrir sans que l'autre soit fermée. Si la place le permet, une entrée « à chicanes » (cloisons contrariées) a l'avantage de laisser l'aération se faire tout en empêchant l'accès de la lumière extérieure. Les parois de cette entrée ou du tambour doivent être peintes en noir mat. Par contre, celles du laboratoire doivent être blanches, pour diffuser le mieux possible l'aveuglante clarté de la lampe; il est tout à fait inutile de peindre les murs en rouge ou en vert comme on l'a proposé.

La lumière destinée à l'éclairage du laboratoire sera transmise par des écrans en verre ou en papier fortement colorés. La nuance doit être choisie avec soin parmi celles qui impressionnent le moins le bromure d'argent. C'est le rouge rubis qui est le plus fréquemment utilisé. Néanmoins, comme on emploie dans certains cas des plaques sensibles aux radiations rouges, le verre rubis est alors remplacé par un verre vert. La lumière jaune orangé est utilisable pour certaines émulsions lentes.

Les verres « à l'or » dispersé dans la masse sont de beaucoup les meilleurs; ceux qui sont colorés par du cuivre colloïdal sont des verres blancs doublés par cet émail sur une de leurs faces (beaucoup plus dure, et qui ne s'entame pas par le diamant).

Bien que les verres colorés dans la masse préservent bien les plaques ordinaires des radiations photochimiques, on les remplace assez souvent, surtout quand il s'agit de manipuler des plaques spéciales très sensibles, par des verres blancs recouverts d'une feuille de papier ou d'une couche de gélatine imprégnée d'une solution colorante. La préparation de ces écrans est très simple. Le Dr Luigi Castellani trempe le papier dans :

Alcool méthylique . . . . .	1 000 cc.
Auramine OMP . . . . .	5 gr.
Solution alcoolique de safranine à 0,5 p. 100. . . . .	10 cc.

La feuille colorée dans cette solution est doublée d'un verre dépoli ou d'un papier blanc.

MM. A. et L. Lumière conseillent d'imprégner un papier pelure d'une solution aqueuse de tartrazine à 6 p. 100. Ils ont préparé des papiers translucides rouges ou verts (papiers *Rubra* et *Virida*) lesquels, associés à des jaunes et placés entre deux plaques de verre, constituent des filtres tout à fait inactiniques.

R. Namias indique pour teindre du papier « parchemin végétal » encollé (dans de la solution tiède à 10 p. 100 de gélatine), les solutions suivantes, additionnées de 1 centième d'acide comme mordant :

Tartrazine : 2 p. 100 (jaune). Chrysoïdine, 0,1 p. 100 (orangé). Violet de méthyle, 0,1 p. 100 (violet). Bleu carmin, 1 p. 100 (bleu).

Ces feuilles sont associées de façon variable selon la sensibilité et l'orthochromatisme de l'émulsion à éclairer : pour les plaques ordinaires, 1 feuille bleue entre deux jaunes donnera un vert satisfaisant, ou une jaune et une violette feront un filtre rouge. Deux jaunes et deux bleues alternées pour les panchromatiques; une jaune et une orangée pour les papiers au bromure, ou même seulement une jaune ou deux.

M. Stein recommande de débarrasser de leur sel d'argent deux plaques au gélatinobromure en les traitant par l'hyposulfite de soude. Après lavages, on colore les couches de gélatine, l'une par une solution de tartrazine et l'autre par une solution de violet de méthyle. Après dessiccation, les deux plaques sont appliquées l'un contre l'autre, les deux couches de gélatine en contact. Il est bon de border le tout d'une bande de papier noir collé.

L'écran coloré ne laisse passer que les radiations inactiniques fournies par la source de lumière, naturelle ou artificielle. Autrefois, on utilisait de préférence la lumière du jour : la fenêtre du laboratoire était garnie de verres colorés et recevait ainsi l'éclairage de l'extérieur. Les rayons directs du soleil seraient funestes pour les plaques; le laboratoire doit donc autant que possible être orienté au nord. Cet éclairage étant très variable, on s'en tient généralement aujourd'hui aux sources de lumière artificielle, et les écrans colorés sont ajustés sur des lanternes disposées de manière à recevoir soit une bougie<sup>1</sup>, soit une lampe à huile ou au pétrole,

1. La stéarine fond rapidement dans l'air surchauffé de la lanterne; on vend des godets où la stéarine ou la paraffine peuvent sans inconvénient se liquéfier, une mèche continuant à y tremper verticalement. Se méfier des lampes à essence, produit que l'échauffement ambiant volatilise en une vapeur



soit un bec de gaz, soit une ampoule électrique. La lampe à incandescence brillant sans combustion, peut être placée dans une lanterne complètement close; on fabrique même des ampoules à verre rouge, ce qui dispense de la lanterne, seulement elles sont assez chères, et il y a avantage, au point de vue économique, à se servir des ampoules ordinaires à verre blanc, qui sont très peu coûteuses et qu'il suffit d'enfermer dans une lanterne ou dans un manchon de verre rouge, ou même dans un sac d'étoffe rouge translucide. On peut recouvrir des ampoules ordinaires d'un vernis rouge, qu'on vend même dans le commerce, mais ce revêtement mince est bien rarement satisfaisant comme filtre inactinique. Les *demi-watts* émettent plus de rayons violets que les *monowatts*, et ces dernières plus que des ampoules à filament de carbone; de manière générale, il faut se méfier des fortes intensités lumineuses : 5 ou 10 bougies au plus suffisent largement.

Les lanternes destinées à recevoir des luminaires à combustion (bougie, etc.) sont percées d'orifices destinés à laisser circuler l'air et le gaz carbonique. Mais, pour éviter toute infiltration de lumière blanche, ces ouvertures sont à *chicanes*, c'est-à-dire que l'air et les gaz ne les franchissent qu'en faisant un détour dans des conduits coudés et peints en noir, de façon qu'il n'en sorte point d'autre lumière que celle qui est transmise par les verres colorés. Les lanternes de laboratoire bien comprises sont combinées de manière à donner, à volonté, la lumière rouge, jaune, verte ou blanche, et l'intensité en est réglable au moyen d'une clef extérieure.

La combustion du produit éclairant et la respiration, ainsi que le calfeutrage de toutes les issues, exige que l'on veille à la ventilation du cabinet noir, car, si cette pièce est exigüe et si l'opérateur doit y séjourner assez longtemps, il y risque, sinon l'asphyxie complète, du moins des malaises et des troubles sérieux. D'ailleurs, pendant l'été, on est exposé à s'y trouver suffoqué par la chaleur, qui a aussi pour inconvénient de ramollir la gélatine et d'abîmer les plaques et les papiers sensibles. S'il n'y a pas de cheminée dans le laboratoire, il sera bon d'y utiliser une double ouverture à chicanes, laissant

---

de pression très notable, et explosive avec l'air. De telles lampes devraient toujours avoir leur réservoir situé hors de la lanterne, et non enfermé dedans. Enfin, il est bien préférable que la source lumineuse soit hors du laboratoire, la lumière n'y pénétrant que par un carreau vitré de la paroi.

circuler l'air tout en interceptant la lumière extérieure : l'une admettant l'air frais (par en bas), l'autre évacuant plus haut l'air échauffé.

On doit aussi se préoccuper du chauffage pendant l'hiver, car certains réactifs, et notamment les révélateurs, agissent mal à basse température. Il faut, bien entendu, un mode de chauffage excluant toute flamme visible : bouches de calorifère, radiateur à vapeur, eau chaude ou électricité. La température à atteindre est 16° à 18°.

Un élément essentiel de l'installation du photographe, c'est l'eau, qu'il doit toujours avoir en abondance. Il y faut donc un robinet alimenté par une caisse d'assez grande contenance, ainsi qu'un évier (en ardoise de préférence) pour la vidange des bains et des eaux de lavage. Se rappeler que le zinc est attaqué par divers produits chimiques, et le plomb même par quelques-uns. Le grès vernissé est assurément le meilleur matériau. Si l'on a la faculté de choisir entre plusieurs eaux de provenances différentes, on choisira la moins calcaire et la plus limpide. L'eau trouble sera filtrée ou décantée. L'eau distillée est presque toujours inutile, bien que son emploi figure dans un grand nombre de formules : toute eau bonne à boire convient à la plupart des opérations photographiques. Toutefois le nitrate d'argent, le permanganate de potassium, le chlorure d'or, exigent une eau distillée, n'ayant ni sels ni produits organiques. Le robinet sera disposé de façon à recevoir une pomme d'arrosoir pour le lavage des clichés. La table où seront les cuvettes lors des opérations devra être à une hauteur commode pour travailler assis.

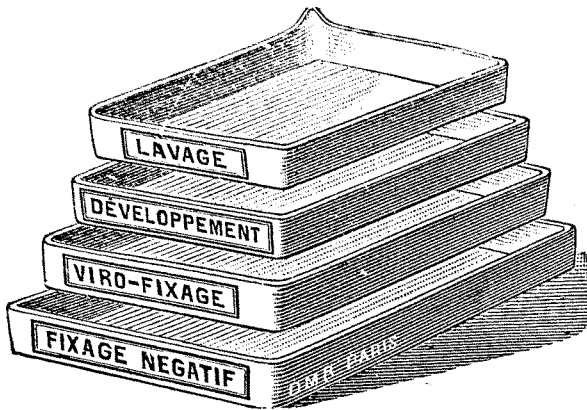
Une ou deux tablettes, des étagères, une armoire où seront rangés l'outillage et les produits chimiques, compléteront l'aménagement du laboratoire. La lumière étant toujours faible, les flacons, cuvettes, etc., fragiles et les confusions faciles, on ne saurait avoir trop d'ordre dans le rangement des accessoires et produits.

**Outillage.** — L'outillage du photographe varie suivant les travaux qu'il se propose d'exécuter et les procédés où il veut se spécialiser. La plupart des accessoires nécessaires seront décrits à mesure que nous aurons à en signaler l'application aux procédés dans lesquels ils sont utilisés. Nous nous bornerons donc à énumérer les principaux objets dont l'emploi est commun à la plupart des procédés usuels.

Balance, thermomètre avec graduation gravée sur la tige, aréomètres (pèse-alcool et pèse-sirops), éprouvettes et verres gradués.

agitateurs en verre, cuiller en verre ou en corne, blaireau à épousseter, diamant à couper le verre, bocaux, flacons bouchés à l'émeri ou à bouchon de liège paraffiné, pinces en bois, pointes à tête de verre, etc., tous objets trop connus de tous pour qu'il soit de quelque utilité d'en donner une description même très abrégée. Il convient seulement de dire un mot des cuvettes, dont le photographe a constamment besoin.

**Cuvettes.** — Les cuvettes sont fabriquées en faïence, en carton laqué, en tôle vernie ou émaillée, en aluminium, en celluloïd, en



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 43. — Cuvettes.

gutta-percha, en porcelaine vraie et en verre. Ces deux dernières substances donnent seules entièrement satisfaction, car elles sont absolument inaltérables, quels que soient les réactifs que l'on y mette (à l'exception de l'acide fluorhydrique, produit d'ailleurs très dangereux à manipuler et à peu près sans emploi en photographie). On ne peut

que leur reprocher d'être pesantes et fragiles, surtout si elles sont hautes (les cuvettes sont souvent trop peu profondes).

Il est vrai que ces inconvénients sont des plus sérieux, et même prohibitifs quand on se propose d'opérer en voyage. L'excursionniste, l'explorateur, feront mieux de se munir de cuvettes en celluloïd, substance très légère et susceptible d'être moulée avec la plus grande précision. On prendra garde seulement de ne pas l'approcher du feu, car elle est extrêmement inflammable, et de s'abstenir d'y verser des solutions contenant de l'acétone, qui est un dissolvant du celluloïd. Elles se déforment et se fendillent parfois aux angles, mais ces fissures peuvent être colmatées par un vernis formé de rognures de celluloïd dans de l'acétone ou de l'acétate d'amyle.

La faïence est à rejeter, parce que, dès que le vernis en est craquelé, la terre poreuse sous-jacente absorbe les liquides, mélange

les réactifs qui devraient être isolés et provoque ainsi des taches. Il faut en dire autant du carton et de la tôle dépouillés de leur enduit protecteur, qui ne résiste d'ordinaire pas longtemps : l'un boit les liquides, l'autre se rouille. Quant à l'aluminium, il ne résiste pas aux solutions alcalines et finit par s'effriter. La gutta-percha est coûteuse et se ramollit trop facilement à la chaleur : il faut en réserver l'application aux procédés nécessitant l'emploi de l'acide fluorhydrique<sup>1</sup>.

Chaque cuvette sera, autant que possible, exclusivement affectée à un emploi particulier : de là l'utilité des inscriptions gravées ou peintes sur ces récipients (fig. 43). Mais il suffit de coller des étiquettes manuscrites, et de passer par-dessus une couche de vernis, par exemple au cellulöid. Une encre noire indélébile, pour porcelaine blanche, est :

Encre de Chine liquide. . . . .	6 cc.
Silicate de soude . . . . .	1 —

Pour une encre blanche :

Sulfate de baryte. . . . .	5 gr.
Silicate de soude . . . . .	10 —

Les cuvettes portent généralement deux ou quatre arêtes moulées en relief sur leur fond intérieur : elles servent à la fois à faciliter la prise et l'enlèvement de la plaque, et à séparer deux ou quatre plaques que l'on y met ensemble, sans risque de chevauchement. La couleur blanche de la porcelaine facilite beaucoup l'observation du cliché en cours de développement; les cuvettes en verre permettent l'éclairage par transparence.

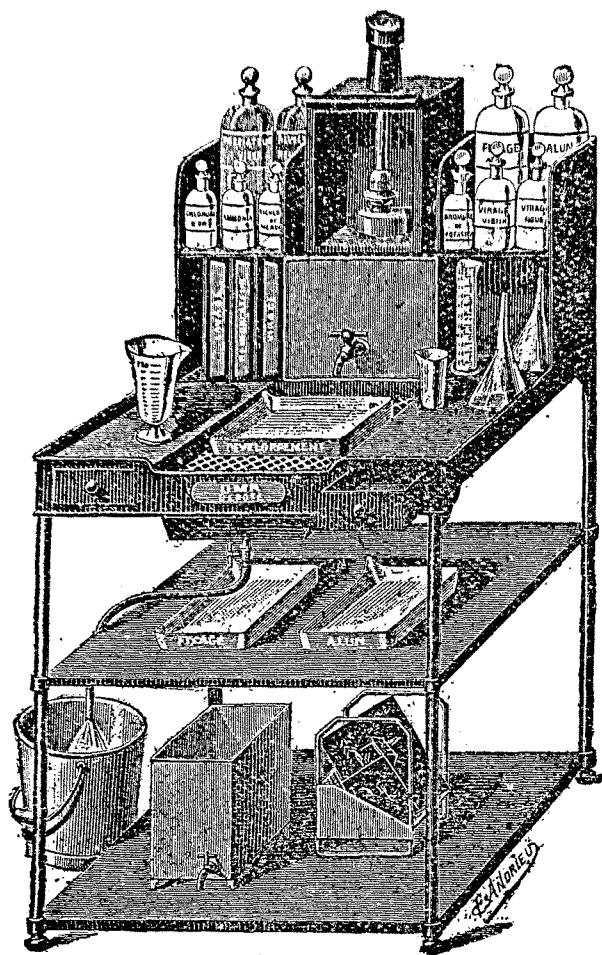
Les pellicules en bande peuvent être maniées plus facilement dans des cuvettes spéciales, assez profondes et à rouleau central sous lequel passe en U le film.

**Laboratoire simplifié pour amateurs.** — Les amateurs qui se bornent à utiliser les procédés les plus faciles peuvent se

---

1. Les bains révélateurs oubliés dans une cuvette, étant oxydables, se colorent en jaune (surtout le pyrogallol et l'hydroquinone) et peuvent tacher de façon indélébile l'intérieur. M. Herslever a signalé que les taches faites par l'hydroquinone sur une cuvette émaillée disparaissent par l'action d'une solution de bichlorure de mercure pendant quelques heures.

contenter d'une installation très rudimentaire. Un placard suffit à ceux qui n'ont pas un grand nombre de plaques à traiter sans interruption. On peut même opérer dans une pièce quelconque dont



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 44. — Meuble à développer.

même pour celui qui se propose d'exécuter des travaux spéciaux ou de se livrer à des recherches.

On construit aussi de petites boîtes, en forme de pupitres ou de manchons, à l'aide desquelles le photographe peut charger ses châssis ou développer ses plaques dans une pièce éclairée comme d'habitude ou même en plein air. Une caissette garnie de verres rouges est

on aura fermé les fenêtres et recouvert de rideaux épais toutes les ouvertures. Et sans même s'astreindre à cette précaution, il n'y a qu'à attendre la nuit, ce qui permet de travailler n'importe où. Dans ce cas, le meuble représenté figure 44 sera très utile, car il contient tout ce qui est nécessaire pour le travail courant : c'est à ce petit buffet que peut se réduire aujourd'hui l'installation du photographe dont les travaux sont limités aux procédés usuels. Un modèle un peu plus grand a des tablettes et volets pliants, ce qui augmente ses ressources et, après refermeture, protège le matériel. Il n'en serait évidemment pas de

percée de deux ouvertures munies de manches en étoffe opaque. Les châssis et la boîte de plaques étant disposés à l'intérieur, l'opérateur ferme l'appareil et passe ses bras dans les manches, serrées aux poignets par des bracelets de caoutchouc. Il peut ainsi, en regardant à travers les verres rouges, ouvrir la boîte de plaques et garnir ses châssis. Il procédera de même pour le développement, après avoir rangé, à l'intérieur de la caisse-laboratoire, le châssis contenant la plaque à développer, la cuvette, le bain révélateur, un ou deux flacons pour le lavage, le fixateur, etc. Cette combinaison n'est évidemment pas très commode, mais peut rendre des services en voyage.

Enfin, les procédés modernes permettent à l'amateur d'exécuter en pleine lumière toutes les opérations de la photographie. Nous avons déjà décrit (chapitre 1<sup>er</sup>) le mode d'emmagasiner des pellicules de celluloid : une fois impressionnées, elles sont introduites, en pleine lumière, dans des cuves à fermeture étanche, où elles sont automatiquement développées et fixées. Le mode d'emploi de ces cuves sera indiqué dans le chapitre consacré au développement. Nous parlerons en même temps des procédés récents de désensibilisation.

Le laboratoire n'est donc plus indispensable, ni pour introduire dans les châssis les plaques ou les pellicules, ni pour révéler l'image latente. Quant au tirage des épreuves sur papier, nous verrons que plusieurs procédés, et des plus usuels (citrate, chlorobromure), s'accommodent de l'éclairage normal d'une pièce ordinaire, lumière du jour ou lumière d'une lampe à pétrole.

Le laboratoire n'est pas davantage nécessaire pour la préparation des bains auxquels doivent être soumis des plaques et les papiers. Les révélateurs, fixateurs, renforçateurs, affaiblisseurs, virages, etc., sont vendus tout préparés, soit en solutions prêtes à l'emploi immédiat, soit sous forme de comprimés ou de mélanges en poudre (*photos*) qu'il suffit de faire dissoudre dans l'eau. Les réactifs à employer, réduits d'ailleurs à trois ou quatre, ne sont donc pas plus difficiles à préparer qu'un verre d'eau sucrée; un enfant sait le faire, et tout le matériel nécessaire à la photographie simplifiée peut aisément trouver place dans le tiroir d'un bureau ou sur une petite étagère, comme s'il s'agissait de peindre à l'huile, à l'aquarelle ou au pastel.

**Contrôle de l'étanchéité du laboratoire.** — Quel que soit le dispositif adopté par le photographe, il est prudent de s'assurer

que la pièce ou l'appareil dans lesquels doivent être découvertes les préparations sensibles sont absolument à l'abri de toute lumière capable d'impressionner le sel d'argent. On a proposé, dans ce but, de soumettre les verres des lanternes à l'examen spectroscopique : c'est chercher une complication bien inutile et qui ne donne pas de résultats plus certains que l'essai très simple dont il va être question.

Il suffit de placer dans le laboratoire (ou dans la boîte qui en tient lieu) un morceau de plaque ou de pellicule sensible et d'en recouvrir la moitié à l'aide d'un carton noir ou de tout autre objet opaque. Au bout de quelques minutes<sup>1</sup>, il est facile de vérifier si la partie restée à découvert a été impressionnée, en plongeant dans un bain de développement la couche sensible soumise à l'expérience.

Toutefois, s'il s'agit de plaques très rapides, il ne faut pas s'inquiéter de la légère impression qu'aurait provoquée une exposition prolongée à la lumière rouge ou verte, car en prenant quelques précautions, en couvrant la cuvette pendant le développement, on évitera de voiler ces plaques, dont l'extrême sensibilité s'atténue d'ailleurs dès qu'elles sont mouillées. On peut charger aussi les châssis en pleine obscurité sans grande difficulté, dès qu'on en a l'habitude.

Les radiations vertes ne sont guère plus actiniques que les rouges pour la plupart des émulsions, et, à intensité égale, elles donnent à l'œil une sensation d'éclairage beaucoup plus intense. La lumière verte est donc à recommander toutes les fois que la plaque, par son *orthochromatisme* (v. p. 116), n'exige pas l'éclairage rouge. La lumière orangée est plus actinique, mais comme l'œil y est très sensible on peut se contenter d'une intensité très faible.

**Atelier de pose.** — Pour le photographe portraitiste, l'atelier de pose est l'élément le plus important de son industrie, et la perfection de ses œuvres dépend en grande partie de l'installation et de l'organisation de cette pièce. L'habileté, le goût, le talent de l'opérateur, ne suppléeraient pas entièrement aux défauts d'un atelier mal compris.

Bien que l'usage de l'éclairage artificiel prenne une extension

---

1. Jamais une plaque n'aura l'occasion de rester plus d'une ou deux minutes exposée à sec et bien en face de la lanterne. Il est donc superflu de faire un essai trop long.

croissante, la lumière du jour est encore utilisée par le plus grand nombre de photographes professionnels. Aussi convient-il de rappeler les règles qui doivent présider à l'édification d'un atelier vitré.

Le principe d'où découlent ces règles, c'est que le portrait exige un éclairage qui ne soit ni trop dur ni trop diffus, de façon que le modelé du visage ne se montre ni trop plat ni trop heurté. Or, un éclairage vertical produirait des ombres trop noires sous les sourcils, sous les narines et sous le menton. L'éclairage horizontal, au contraire, supprimerait complètement ces ombres sur tout un côté de la figure, tandis que le côté opposé resterait entièrement dans l'ombre. C'est pourquoi la lumière doit arriver sur le modèle dans une direction oblique, faisant avec la verticale un angle voisin de  $45^{\circ}$ . Plusieurs dispositions différentes permettent de réaliser cet éclairage.

Dans la plupart des ateliers, la partie vitrée se compose de deux châssis, d'un vertical et l'autre en forme de toiture en pente douce. On obtient cependant d'excellents résultats en réduisant le vitrage à un seul châssis incliné, presque vertical.

L'orientation de l'atelier est très importante, car il est nécessaire d'y éviter l'accès des rayons solaires. Il est vrai que de très habiles amateurs exécutent de très beaux portraits dans des salles où pénètre le soleil; mais ils réalisent ainsi des effets spéciaux, qu'on ne peut obtenir qu'à certaines heures, et que le public, la clientèle d'un professionnel, n'accepterait pas facilement. Le vitrage de l'atelier doit donc faire face au nord (dans notre hémisphère : dans l'hémisphère austral, il faut l'orienter au sud). De plus, l'atelier doit dominer les édifices voisins : s'il en était autrement, la lumière ne viendrait en réalité que d'en haut; elle serait trop verticale, et l'éclairage offrirait les mêmes inconvénients que si le vitrage était réduit à un seul châssis ménagé dans la toiture.

Il n'est pas nécessaire que le vitrage occupe toute la longueur de l'atelier. Un salon de pose assez spacieux est commode pour l'exécution des groupes et l'emploi d'objectifs à longue focale : une longueur de 7 ou 8 mètres est utile pour avoir un recul suffisant, mais il vaut mieux que le vitrage ne s'étende que sur un espace de 3 ou 4 mètres. Un atelier complètement vitré n'offrirait aucun avantage particulier; par contre, il aurait l'inconvénient d'être une vraie serre en été et une glacière pendant l'hiver.



Sous la partie vitrée sont disposés des rideaux de coton blanc soutenus par des anneaux glissant sur des tringles et faciles à déplacer, de manière à permettre de régler rapidement l'éclairage suivant l'effet à obtenir. Chaque photographe combine ses rideaux à sa guise, et ce n'est qu'à la suite d'essais réitérés qu'il finit par se rendre maître de son éclairage. Il y a plus : tel opérateur habitué à son atelier y produit d'excellents portraits, puis, s'il vient à changer de résidence, se trouve embarrassé dans son nouveau local et doit recommencer en quelque sorte un nouvel apprentissage, avant de connaître à fond toutes les ressources de l'éclairage dont il disposera désormais.

\* \* \*

La nécessité de dominer les édifices voisins oblige souvent le photographe à installer son salon de pose au-dessus des toits. Si ses ressources ne lui permettent pas d'avoir un ascenseur, la clientèle consent de moins en moins à gravir six ou sept étages. En outre, les variations de la lumière diurne occasionnent souvent des mécomptes, et, pendant les journées d'hiver, il faut renoncer à opérer dès quatre heures du soir. Aussi s'est-on préoccupé depuis longtemps d'utiliser une source de lumière artificielle qui permette d'opérer dans une salle quelconque, même au rez-de-chaussée ou dans un sous-sol, par n'importe quel temps et à toute heure du jour et de la nuit.

Les premiers essais tentés dans cette voie sont dus à Sillmann et Good, qui obtenaient, dès 1840, des daguerréotypes, en se servant de l'arc électrique. En 1851, Hill exécutait des portraits à l'aide de la lumière Drummond (bâton de chaux ou de magnésie rendu incandescent par le jet d'un chalumeau oxhydrique). En 1857, Law de Newcastle faisait, à Londres, des portraits au gaz. Enfin, Bunsen et Roscoë faisaient connaître, en 1860, la lumière du magnésium, qui est actuellement la source de lumière artificielle la plus fréquemment appliquée aux opérations photographiques de reportage ou d'exploration.

Le gaz avec manchons incandescents est utilisable, mais fort rarement employé en pratique, sinon jamais. On n'emploie, en somme que le magnésium ou bien l'électricité sous l'une des trois formes suivantes : arc électrique, ampoule à incandescence, tube à vapeur de mercure.

Le diffusion et la commodité de l'éclairage électrique ont relégué le magnésium dans l'emploi de source lumineuse portable pour prises de vues improvisées, où il est le seul éclairage de fortune réalisable : vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle il servait encore de procédé régulier d'éclairage en atelier, et de nombreux dispositifs avaient été établis, sous des noms variés, pour diffuser et réfléchir sa lumière très crue, et pour capter les abondantes fumées de magnésie pulvérulente qu'il répandait dans l'air. Bien que ce dernier défaut ait été considérablement réduit par l'adjonction de silicates et d'amiante en fibres incorporées à la poudre, ou d'un poids égal de bioxyde de manganèse, le magnésium n'est guère employé que pour reportage de nuit ou en salles, et scènes en appartements ; si le sujet a peu d'étendue, l'instantané suffit. En ce cas l'éclairage artificiel est surtout réalisé actuellement au moyen du magnésium en poudre, brûlant dans l'air ou en contact d'une substance susceptible de céder facilement de l'oxygène (jusqu'à la moitié du poids), comme le nitrate, le permanganate, ou le chlorate de potasse, mieux encore le perchlorate. Il faut noter que ces substances « comburantes », facilitant la combustion et la rendant très exothermique, rendent le produit assez dangereux et explosant facilement par choc ou friction. Jamais on ne doit triturer des photopoudres au pilon dans un mortier, ni même les enfermer dans des flacons bouchés à l'émeri, la fermeture pouvant écraser des parcelles restées entre le goulot. Le mélange des constituants doit se faire en les laissant couler par petites quantités sur des papiers pliés en gouttières<sup>1</sup>.

On associe souvent au magnésium de l'aluminium, moins combustible mais moins coûteux, un peu de thorium, de cérium ou de zirconium. Un gramme de magnésium en poudre donne en brûlant un éclairage équivalent à peu près à 2500 bougies pendant une seconde : associé à la moitié de son poids de perchlorate de potassium, ce chiffre dépasse 3000, et la combustion s'opère en moins de 1/150 de seconde au lieu de 1/50, si la poudre est bien étalée en un long et mince talus. Le feu est mis soit par une allumette, soit par la flamme d'une lampe à alcool qu'un jet d'air rabat sur le tas de poudre, soit par une étincelle électrique, soit enfin (et beaucoup plus

---

1. La fabrication et la détention de ces poudres sont d'ailleurs soumises à des règlements spéciaux de police.

souvent) par un dispositif à friction et amorce par un ressort ariné avec détente; ce petit appareil, à plateau métallique et gouttière recevant la poudre, a un manche creux qui permet de le monter au bout d'une canne. En cas de fortes doses ou de plusieurs éclairs répétés, il est nécessaire de prévoir un capte-fumée en toile ignifugée, où se dégage la magnésie produite, et qu'on vide dehors.

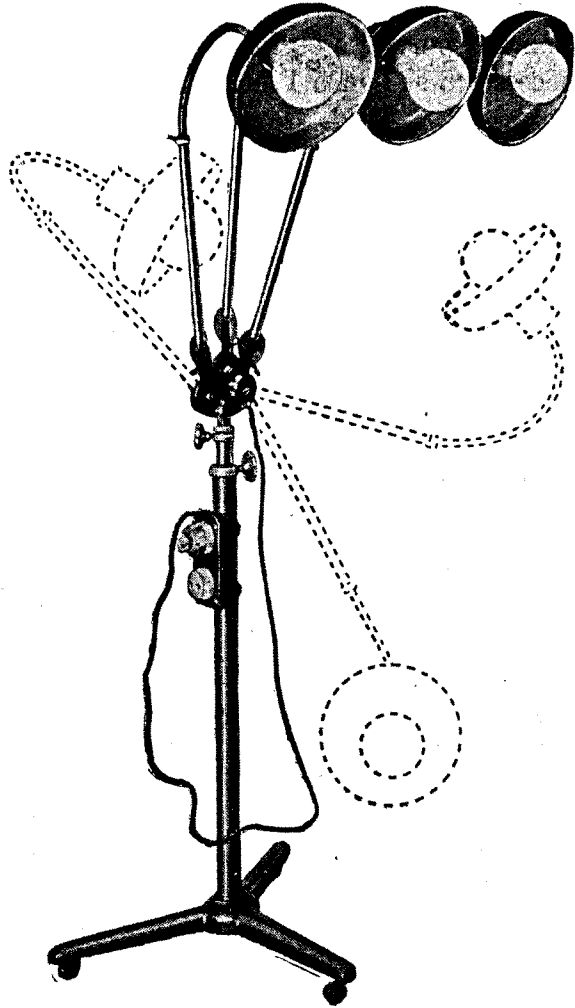
Quant au magnésium laminé en ruban mince, sa combustion est un peu plus lente à poids égal. On a construit de petites lampes déroulant le ruban, à la main ou par mouvement d'horlogerie, au fur et à mesure de sa combustion. Il sert pour les poses (prise de vues dans des cavernes, cryptes, etc.), ou, si l'on fait de l'instantané, ce sera par déclenchement de l'obturateur au cours de la combustion; au contraire, pour l'emploi de la photopoudre à combustion instantanée, l'objectif reste ouvert (la lumière de l'appartement n'ayant qu'un effet insignifiant) et on le referme après l'éclair. Pour un portrait ou petit groupe à environ 3 mètres, et un objectif  $f/8$ , la quantité de magnésium pur à employer est de l'ordre du gramme; pour l'ensemble d'un salon, 2 à 5 grammes.

La lumière électrique a longtemps été l'arc entre charbons, parfois à âme métallique. Le bruit qu'il produit, sa chaleur, sa consommation et l'instabilité de son réglage, l'ont éliminé de la plupart des petites installations; même pour les foyers intenses, comme pour l'éclairage de scènes étendues à cinématographier, il est souvent remplacé par des ampoules ou des tubes. Les ampoules sont exclusivement des *demi-watts*, à filament métallique spiralé serré dans une atmosphère d'azote ou d'argon: ce filament (tungstène) étant porté à plus haute température que dans les monowatts, la lumière est plus blanche, c'est-à-dire plus riche en radiations violettes et ultraviolettes. La lumière devient encore plus actinique si la lampe est *survoltée*, c'est-à-dire alimentée par exemple sous 130 volts si elle est établie pour 110; cela abrège le nombre d'heures qu'elle peut fournir, mais permet une pose très courte. Ces ampoules sont à verre doux pour ne pas éblouir le sujet et ne pas donner d'ombres trop dures, et ont un réflecteur peint en blanc mat ou à l'aluminium (*Nitraphot*, etc.). La puissance de chaque ampoule est généralement de 250 ou 500 bougies. La figure 45 représente un ingénieux support à trois bras souples, permettant de placer les lampes en tels points et directions qu'on désire.

Les tubes à vapeur de mercure ne fonctionnent que sous une tension relativement élevée, mais facile à obtenir en montant un transformateur. L'allumage se fait en basculant le tube pour faire couler le mercure vers une extrémité. La lumière, qui n'est pas accompagnée de chaleur, est bleu verdâtre, fort déplaisante à l'œil et donnant au modèle un aspect cadavérique; mais sa richesse en rayons bleus et violets la rend très actinique et permet des poses très courtes, sans que le sujet en soit ébloui, les tubes ayant généralement une assez grande longueur. Ils sont souvent groupés par deux ou trois en plafonniers et en herse faciles à déplacer, ou devant des réflecteurs orientables montés sur pieds à roulettes.

**Accessoires de pose.** — L'ameublement de l'atelier dépend naturellement du goût de celui qui l'installe, et le choix des accessoires de pose est subordonné

aux travaux que l'on se propose d'y entreprendre. Il y faudra nécessairement un assortiment de sièges de formes et de styles variés, au moins une table, des tapis, des tentures, vases....



Cl. Lemonnier.

Fig. 45. — Tri-lampe universelle à ampoules et bras souples pour tous éclairages *Studio Union*.

D'autres objets sont également indispensables et figurent d'ailleurs dans tous les salons de pose. C'est, d'abord, une série de fonds qui représenteront l'un un intérieur, l'autre un paysage. Un fond clair où quelques nuages seront légèrement indiqués servira à l'exécution des portraits en buste dégradés ou *vignettes*; un fond noir sera nécessaire si l'on a l'intention de tirer des épreuves dites à « fond russe ». Les fonds dont la nuance va en dégradant son intensité depuis un bord jusqu'à l'autre (en hauteur ou en largeur) peuvent être placés avec le côté le plus clair voisin de l'arrivée de la lumière, ou au contraire la partie sombre près du côté éclairé du sujet (effet Rembrandt).

Ces fonds sont peints sur des toiles qui s'enroulent autour de rouleaux supportés par un châssis. On appelle *fonds continus* ceux qui représentent, sur la même toile, le fond proprement dit et la surface qui doit être posée sur le parquet. Si la partie verticale du fond représente un appartement, l'extrémité qui sera disposée horizontalement représentera un tapis; de même, un fond reproduisant l'intérieur d'une église sera accompagné d'un parquet en mosaïque, tandis qu'un fond figurant un jardin ou le bord de la mer se terminera par une peinture représentant du sable, des cailloux ou bien du gazon, un sentier; etc. La partie étalée sur le plancher doit s'étendre au moins à 2<sup>m</sup>,50, afin qu'on n'en aperçoive pas les bords sur l'épreuve. La toile n'est clouée au rouleau ou au châssis porteur de fonds, que par son extrémité supérieure; elle doit descendre librement et dans une direction perpendiculaire, jusqu'au sol, où elle affecte une légère courbe continue et graduelle qui, à la photographie, estompe le raccord entre la partie verticale et la partie horizontale.

Les fonds sont peints à l'huile, mais la surface doit en être mate, afin d'éviter les reflets qui enlèveraient toute vraisemblance à l'effet et rendraient toute illusion impossible. Le peu de profondeur de champ des objectifs à grande ouverture fait que les fonds ne sont pas au point en même temps que le sujet; les défauts de facture ne seront donc pas perceptibles.

L'*appui-tête* a été pendant longtemps un accessoire indispensable. Aujourd'hui, la rapidité de la pose le rend presque toujours inutile. Il y a cependant des cas où cet instrument est encore susceptible de rendre quelques services, notamment quand on se trouve obligé d'opérer avec une faible lumière ou quand il importe de maintenir

très exactement le sujet à l'emplacement déterminé. Aussi n'était-il pas inutile de signaler l'existence d'un outil presque oublié depuis quelques années.

L'éclairage transmis par le vitrage ou émis par les sources de lumière artificielle n'est pas toujours suffisamment bien distribué;

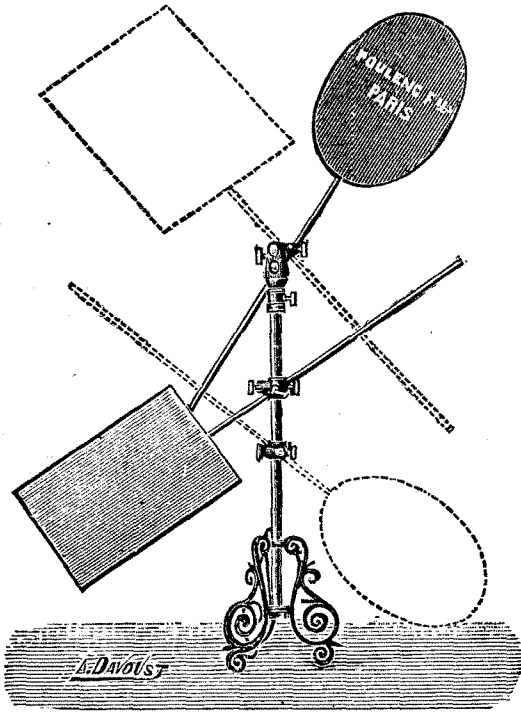
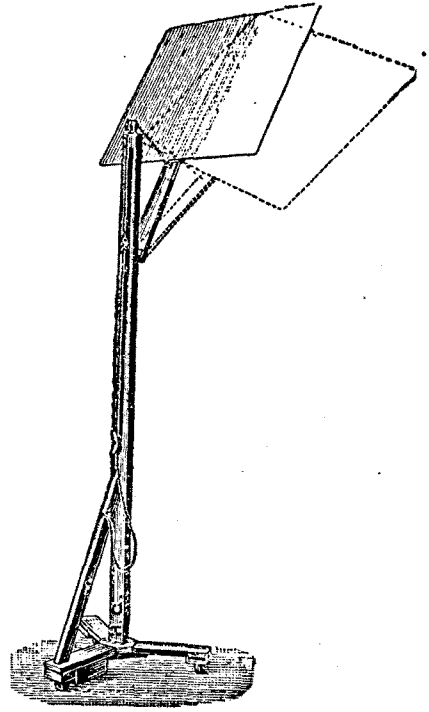


Fig. 46. — Réflecteurs.



Cl. Calmels.

Fig. 47. — Écran de tête.

il est parfois trop dur, même quand il est réglé au moyen des rideaux d'atelier. Aussi le photographe portraitiste a-t-il soin de compléter le réglage de la lumière à l'aide d'écrans et de réflecteurs. Ce sont de petits panneaux formés d'étoffe blanche tendue sur des cadres légers. Suivant la position qu'on leur donne par rapport au modèle et à la source de lumière, ces écrans servent à tamiser et à diffuser la lumière, ou à la refléter vers le côté du sujet placé dans l'ombre, de manière à adoucir le modelé. La figure 46 montre un de ces appareils et en explique suffisamment le fonctionnement. Le dessin suivant représente l'*écran de tête*, dont l'invention est due à M. C. Klary.

Certains photographes règlent complètement leur éclairage à l'aide de cet écran, dont la manœuvre est beaucoup plus rapide et plus commode que celle des rideaux. Il suffit de faire varier l'inclinaison de l'écran, constitué par une étoffe transparente et de l'approcher plus ou moins du modèle, pour réaliser les divers effets d'éclairage. L'écran de tête permet d'ailleurs d'éclairer convenablement un portrait dans une chambre ordinaire et même en plein air, dans une cour ou dans un jardin.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- ✓ A. BADEN-PRITCHARD, *Les Ateliers photographiques de l'Europe*, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 2<sup>e</sup> édition, 1885.
- J. FLEURY-HERMAGIS, *L'Atelier de l'amateur*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (G. Rongier et C<sup>ie</sup>), 1889.
- ✓ E. CLIFTON, *L'Atelier du photographe portraitiste*, Paris (P. Montel), 1924.
- A. DELAMARRE, *Le Laboratoire de l'amateur*, Paris (Ch. Mendel), 1902.
- J.-M. EDER, *Das Atelier und Laboratorium des Photographen*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S (W. Knapp).
- ✓ ESSENHIGH-CORKE, *Les Effets d'éclairage dans le portrait*, Paris (Ch. Mendel), 1911.
- ✓ C. KLARY, *L'Éclairage des portraits photographiques*, 8<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1902.
- ✓ H. BOURÉE, *La Photographie des intérieurs et dans les appartements*, Paris (P. Montel).
- L. P. CLERC, *Le Laboratoire du photographe*, Paris (P. Montel).
- ✓ C. PUYO, *Comment composer un portrait*, Paris (P. Montel).
- ✓ J. BERYL et G. SCHWEITZER, *L'Atelier du photographe et le Portrait à domicile*, Paris (J. de Francia).
- A. LONDE, *La Photographie à l'éclair magnésique*, Paris (Gauthier-Villars), 1905.
- H. D'OSMOND et G. DE PERNAU, *L'Atelier moderne à la lumière du magnésium et l'Atelier électrique*, Paris (P. Montel).

## LIVRE II

# L'IMAGE NÉGATIVE

---

### CHAPITRE V

#### LE GÉLATINOBROMURE

**Historique.** — L'emploi de la gélatine dans la préparation des plaques photographiques avait été proposé, dès 1847, par Abel Niépce de Saint-Victor; mais ce fut Maddox qui prépara, en 1871, la première émulsion. La gélatine était fondue dans l'eau chaude avec du bromure de cadmium. Après y avoir ajouté une solution de nitrate d'argent, le mélange était coulé sur des plaques de verre. La couche une fois sèche était prête à l'emploi, mais possédait une faible sensibilité et fournissait des images presque toujours voilées.

En 1873, King et Johnston reconnurent que le voile était dû à la présence des sels solubles restés dans la gélatine et les éliminèrent par dialyse. Vers la même époque, Kennett mettait dans le commerce une émulsion sèche au gélatinobromure d'argent préparée de la manière suivante : la gélatine est d'abord gonflée dans l'eau froide, puis fondue à chaud. On y introduit alors, d'abord du bromure de potassium, puis du nitrate d'argent. Il se forme ainsi du bromure d'argent insoluble et du nitrate de potasse. On verse ensuite le tout dans une cuvette en porcelaine et on laisse refroidir. Quand l'émulsion est figée, on la lave, afin d'éliminer les sels solubles dont elle est imprégnée. On fait alors fondre de nouveau la gelée, et on la coule sur des plaques de verre. Cette émulsion fournit des images très pures et vigoureuses, mais elle manque de sensibilité.

Le 7 mars 1878, Bennett fit connaître le moyen de donner au



gélatinobromure une sensibilité jusque-là inusitée et qui dépassait de beaucoup celle du collodion. Ce moyen consiste à laisser *mûrir* l'émulsion, en la maintenant à la température de 30 degrés pendant plusieurs jours. On arrive au même résultat plus rapidement en la soumettant pendant quelques minutes à la température de 100 degrés.

Les chiffres suivants donneront une idée de la sensibilité que l'on est parvenu à donner aux émulsions<sup>1</sup> :

Collodion humide. . . . .	1
Émulsion lente pour projections . . . . .	10
— rapide — . . . . .	120
— extra-rapide — . . . . .	220
— ultra-rapide — (environ). . . . .	600

M. Mercier a constaté que certaines substances ajoutées à l'émulsion modifient considérablement ses propriétés et permettent de très grands écarts dans la durée du temps de pose. On peut employer à cet effet, pour 1 litre d'eau, soit 25 grammes d'émétique, soit 20 grammes de morphine, soit 10 grammes de codéine. On verra plus loin que l'addition de matières colorantes en très faibles quantités communique aux émulsions une sensibilité qu'elles n'ont pas d'ordinaire pour certaines radiations, telles que le vert, le jaune ou le rouge.

**Fabrication des plaques au gélatinobromure.** — La préparation des plaques photographiques fait actuellement l'objet d'exploitations très importantes. Certaines usines fabriquent chaque jour des milliers de plaques de tous formats, et, quoique la concurrence ait fait baisser les prix dans de grandes proportions, les produits livrés sont de plus en plus parfaits. On ne trouve plus que rarement des plaques piquées de trous ou inégalement recouvertes d'émulsion. La sensibilité a été accrue, et néanmoins la tendance au voile n'a pas notablement augmenté. Les plaques actuelles sont, en moyenne, à peu près vingt fois plus sensibles qu'au début et ne coûtent pas la moitié de ce qu'elles coûtaient à cette époque. On pourrait seulement critiquer la manière dont les verres sont coupés : il arrive trop souvent

1. D'après Hough, *Journal of the Photographic Society*, 1894, à l'exception du dernier chiffre, relatif aux plaques les plus récentes.

que les plaques présentent sur leurs bords des arêtes vives et tranchantes, susceptibles de blesser les doigts de l'opérateur obligé de les manipuler dans un laboratoire très faiblement éclairé ou même dans l'obscurité complète.

Les procédés de fabrication varient suivant les usines. Chaque usine, d'ailleurs, utilise plusieurs formules, selon la nature des plaques à préparer : plaques lentes, plaques de rapidité moyenne, plaque de sensibilité extrême, plaques orthochromatiques, plaques anti-halo, etc. A titre d'exemple, nous reproduisons la formule indiquée par Eder, en ajoutant que l'amateur n'aura guère de chances d'obtenir de bons résultats s'il veut effectuer lui-même une fabrication aussi délicate :

A. Bromure de potassium . . . . .	20 gr.
Iodure de potassium . . . . .	0,6
Gélatine tendre. . . . .	20
Eau. . . . .	200 cc.
 B. Nitrate d'argent . . . . .	 30 gr.
Acide nitrique . . . . .	1 à 2 gouttes.
Eau distillée. . . . .	125 cc.
 C. Gélatine dure . . . . .	 30 gr.
Eau. . . . .	500 cc.

La gélatine est mise à gonfler à froid dans la quantité d'eau indiquée (solution A). On y ajoute les sels, et l'on fait fondre au bain-marie. On ajoute alors la solution B, en agitant le mélange, et l'on obtient la maturation par une coction à l'eau bouillante d'environ 20 minutes. On refroidit ensuite, et, quand la gelée s'est figée, on la lave au canevas. On ajoute enfin la solution C, on fait chauffer, et on coule sur les plaques.

L'élimination des sels restés dans la gélatine nécessite des lavages prolongés, qui rendent la fabrication onéreuse. Aussi a-t-on cherché à préparer autrement le bromure d'argent. C'est ainsi qu'au lieu de faire agir le nitrate d'argent sur le bromure de potassium, ce qui laisse dans la couche du nitrate de potasse, on met en présence, soit l'acide bromhydrique et le carbonate d'argent, soit le bromure d'ammonium et l'oxyde d'argent dissous dans l'ammoniaque. Il se produit alors, en même temps que du bromure d'argent, un composé volatil qui s'élimine de lui-même.

La sensibilité de l'émulsion dépend de sa maturation, mais cette opération n'est pas sans difficulté. Quand l'émulsion est préparée à une température aussi basse que peut le comporter la fusion de la gélatine (environ 27 ou 28 degrés), elle est absolument transparente, mais très peu sensible. Si, pour en accroître la sensibilité, on la soumet à l'action de la chaleur, on la voit devenir peu à peu opaline, et l'examen au microscope montre que le bromure d'argent s'agglomère en grains de plus en plus volumineux. La durée varie beaucoup suivant la température, la formule, l'alcalinité et l'émulsion, etc. Il serait au moins exagéré de croire que la sensibilité croît exactement dans la proportion où l'on mûrit l'émulsion; il n'est pas exact non plus de penser que le grain, ou grosseur des particules de bromure d'argent, augmente justement comme la maturation. Cependant, d'une façon générale, la rapidité n'est ainsi acquise qu'au détriment de la finesse des images, et cet inconvénient a longtemps limité la sensibilité des émulsions. Aujourd'hui, la plupart des fabricants arrivent, à l'aide de recettes tenues secrètes, à livrer des plaques très rapides à grain relativement fin. Néanmoins, l'émulsion n'en est pas aussi fine que celle des plaques lentes et ne convient pas aux travaux de reproductions, qui exigent une grande perfection de détails. Une émulsion ultra-rapide moderne contient moitié de son poids de gélatine, un tiers de bromure d'argent, et dix fois moins d'iodure, qui mûrit aisément tout en diminuant les chances de voile spontané, écueil qui a longtemps gêné les maturations très poussées. La qualité de la gélatine exerce une influence très marquée sur la sensibilité.

L'émulsion est coulée automatiquement sur les plaques au moyen de machines spéciales qui assurent à cette opération toute la régularité nécessaire (un demi-gramme environ au décimètre carre). De grandes feuilles de verre sont mécaniquement entraînées sur un long support horizontal. Elles passent, d'un mouvement uniforme, sous le distributeur relié au réservoir d'où coule l'émulsion tiède. Le verre recouvert de gélatinobromure continue son mouvement de progression, et l'émulsion refroidie se prend en gelée. La plaque est alors portée dans le séchoir, vaste pièce ventilée à température constante. Après dessiccation, les feuilles de verre sont découpées au diamant suivant les différents formats usuels, puis emballées dans ces boîtes de carton étiquetées que connaissent tous les photographes.

Les plaques étaient autrefois séparées les unes des autres par de petites bandes de carton plissé; elles sont enveloppées, par paquets de six ou de quatre, dans du papier rouge ou noir. Ces papiers doivent n'exercer aucune action sur l'émulsion, par émission de vapeurs chimiques ou de radiations emmagasinées : tous ne conviendraient pas à cet emploi, et leur choix fait l'objet d'essais préalables.

Il va sans dire que toutes ces opérations sont effectuées à l'abri de la lumière blanche, dans des locaux éclairés par des lanternes à verres rouges ou verts. L'air y arrive généralement filtré pour n'amener aucune poussière, et pour la même raison le personnel ne travaille pas dans ces ateliers avec des vêtements de ville.

Les dimensions normales que le Congrès international de Bruxelles avait proposé, en 1891, de donner aux plaques sensibles sont les suivantes :

Série 2/3	Série 3/4	Série carrée
32 — 48	36 — 48	48 — 48
24 — 36	24 — 32	36 — 36
16 — 24	18 — 24	24 — 24
12 — 19	12 — 16	12 — 12
8 — 12	9 — 12	8 — 8

Le commerce n'a adopté que quelques-uns de ces formats et a combiné un grand nombre de dimensions, dont voici les plus usuelles :

MESURES FRANÇAISES

4 1/2 × 6 cent.	8 1/2 × 10 cent.	21 × 27 cent.
6 × 8 —	9 × 12 —	24 × 30 —
6 1/2 × 9 —	12 × 15 —	27 × 33 —
8 × 8 —	13 × 18 —	30 × 40 —
8 × 9 —	15 × 21 —	40 × 50 —
8 × 10 —	18 × 24 —	50 × 60 —

MESURES ANGLAISES (en pouces)

3 1/4 × 4 1/4 p. = 8	× 10 1/2 c.	10	× 12 1/5 p. = 25	× 30 1/2 c.
4 × 5 — = 10	× 12 1/2 —	12 1/2	× 15 1/5 — = 30 1/2	× 38 1/2 —
4 3/4 × 6 1/2 — = 12	× 16 1/2 —	23	× 17 — = 58 1/2	× 43 —
5 × 7 — = 12 1/2	× 19 —	25	× 21 — = 63	× 53 —
5 × 8 — = 12 1/2	× 20 —	30	× 25 — = 76 1/2	× 63 —
6 1/2 × 8 1/2 — = 16 1/2	× 21 1/2 —	30	× 40 — = 76	× 102 —
8 × 10 — = 20	× 25 —			

Si l'on voulait que toute plaque coupée en deux portions égales eût la moitié identiquement homologue à la plaque primitive (car  $12 \times 16$ , double de  $8 \times 12$ , n'a point comme ce dernier format un de ses côtés plus long que l'autre de moitié), les côtés devraient être entre eux dans le rapport 1 à  $\sqrt{2}$ , c'est-à-dire  $100\text{mm} \times 141\text{mm},4$  par exemple. Ce standard si logique n'a malheureusement été ni proposé ni adopté.

Les formats  $5 \times 7$  et  $10 \times 15$  se répandent depuis quelques années, surtout en Allemagne.

**Supports souples.** — Le support de la couche sensible a donné lieu à d'innombrables recherches. Le verre a l'avantage d'être parfaitement transparent, mais il est lourd et fragile. Il doit être de « surchoix » tout spécial comme pureté et coulage; après nettoyage parfait, la face à émulsionner reçoit préalablement une couche de préparation spéciale. On a tenté, à plusieurs reprises, de revenir au papier, dont l'emploi remonte aux premiers temps de la photographie, mais sa transparence imparfaite prolonge le tirage des épreuves, et les défauts de sa texture nuisent à la pureté des images. On est cependant parvenu à fabriquer des papiers dont l'homogénéité est très suffisante dans la plupart des cas. La couche sensible, à gélatine particulièrement épaisse, pouvait, dans certaines marques, se « pelliculer » après séchage (voir p. 227) et on conservait ainsi des films de gélatine très mince et sans halo ni le moindre grain, le papier (fortement baryté) en étant séparé. La fabrication de ces papiers n'a malheureusement pas été poursuivie. On peut rendre très transparent un papier au gélatino-bromure ayant servi de cliché négatif, pourvu qu'il soit sans baryte, de la façon suivante. Après fixage *et alunage*, l'imbibé dans la solution suivante chauffée à  $80^\circ$  :

Huile de lin . . . . .	200 gr.
Paraffine . . . . .	400 —

Après imbibition complète, égoutter, essorer entre deux buvards lisses, laisser sécher.

*Autre formule* : appliquer au dos du papier (au moyen d'une éponge ou d'une touffe d'ouate, de l'essence de térébenthine dans laquelle on a dissous le quart de son poids de baume du Canada.

Enfin une épreuve au bromure traitée cinq minutes par le formol, est mise gélatine contre une plaque de verre : une friction en tous

sens de l'index contre le papier désagrège peu à peu celui ci et l'enlève en fragments qui roulent sous le doigt. On repasse au formol et on fait sécher sur le verre.

Néanmoins le support actuellement le plus usité, après le verre, c'est le celluloïd. Dès 1881, Stebbing avait proposé l'emploi de cette substance, mais s'était vu obligé d'y renoncer, parce qu'il n'était pas possible, à cette époque, de l'obtenir en plaques régulières et suffisamment diaphanes. Carbutt, en 1889, réussit à fabriquer des pellicules très minces. La même année, la Compagnie Eastman mettait en vente des pellicules inextensibles, inaltérables pendant un temps suffisamment long et aussi transparentes que le verre. On sait que cette substance, découverte aux États-Unis par les frères Hyatt, se prépare en partant du collodion (additionné de camphre). Depuis lors, l'emploi du celluloïd n'a cessé de se répandre chaque jour davantage, et la vogue dont jouissent auprès des amateurs les *vitroses* en celluloïd semi-rigide et surtout les *films* ou bandes souples, est amplement justifiée par la commodité et la facilité de leur application. Leur légèreté, leur encombrement très faible, leur indifférence aux chocs, leur aptitude à se laisser cintrer (pour certaines vues panoramiques), la possibilité de les recouper en formats désirés, balancent aisément leur prix plus élevé. Nous avons d'ailleurs déjà décrit le mode de fonctionnement du *film-pack* et des bobines pelliculaires. Les feuilles de celluloïd qui ne sont recouvertes de gélatine que sur l'une de leurs faces, ont le défaut de se rouler et de rester tordues lorsqu'on les fait sécher, après les avoir passées dans les différents liquides que comportent les procédés photographiques. Les fabricants évitent cet inconvénient en coulant sur la face opposée à l'émulsion une couche de gélatine ordinaire, qui se gonfle dans l'eau de la même manière que le gélatinobromure et subit, en séchant, le même retrait. La pellicule reste ainsi parfaitement plane.

La grande inflammabilité du celluloïd (qui le rend très dangereux pour l'exploitation cinématographique, où les bandes défilent à quelques centimètres d'une lampe électrique surchauffée) l'a fait remplacer par des acétocelluloses diverses, voisines des vernis à séchage rapide et des soies artificielles incombustibles.

La couche sensible est quelquefois étendue sur une plaque de verre enduit de talc ou d'encaustique et doublée d'une pellicule de collodion, de façon à pouvoir être facilement séparée de son sup-

port et reportée sur un autre. Ces pellicules détachables sont très utiles dans certains procédés de gravure ou bien dans la photographie en couleurs. La pellicule n'adhère à son support que par les bords; pour la détacher, il suffit de pratiquer une incision tout autour, à 1 ou 2 millimètres des bords, à l'aide d'un canif.

**Plaques orthochromatiques.** — Si l'on expose au spectre solaire une plaque sensible ordinaire, on remarque, en la traitant par les réactifs habituels, qu'elle est impressionnée dans la région bleue et violette<sup>1</sup>, ainsi que dans l'ultra-violet. Mais, si l'exposition n'est pas trop prolongée, les autres régions du spectre, même le jaune et l'orangé, qui nous paraissent si lumineux, ne déterminent qu'une réduction très faible. Enfin, le rouge et une certaine région du vert ne laissent à peu près aucune trace d'impression. Il ne faudrait pas croire que la lumière agit d'autant moins sur le bromure d'argent que l'on se rapproche du rouge, et d'autant plus que l'on est plus près du violet : le vert, voisin du bleu, agit beaucoup moins que le jaune, pourtant plus rapproché du rouge.

La sensibilité du bromure d'argent est donc très différente de celle de notre œil, et il en résulte que la reproduction de certains sujets est très infidèle. Cette différence se traduit même par des effets choquants. La peau est reproduite plus noire qu'elle n'est en réalité; des taches de rousseur à peine visibles sont très exagérées.

Dans un paysage bien éclairé, l'azur foncé d'un ciel limpide est traduit par une surface uniformément blanche, tandis que le vert clair des prairies est figuré par une teinte sombre.

Ces anomalies s'atténuent dans une certaine mesure en prolongeant le temps de pose, parce que la réduction du sel d'argent ne demeure pas proportionnelle à la durée de l'exposition, mais

---

1. Entre 4 000 et 5 000 Angströms, c'est-à-dire dans la région du spectre où les ondulations lumineuses ont entre elles un intervalle (*longueur d'onde*) de 0,4 à 0,5 millième de millimètre, ce qui représente 800 à 600 millions de millions de vibrations par seconde. Plus on va vers l'ultra-violet, plus les ondulations sont serrées (3 dix-millièmes de millimètre par exemple) et rapides (un million de milliards d'oscillations), pour arriver ainsi dans le domaine des rayons X. Au contraire en arrivant dans l'infra-rouge, qui n'impressionne d'ailleurs pas les plaques photographiques, on a des ondulations espacées (un millième de millimètre et plus), qui ne se suivent qu'à 200 ou 300 millièmes de millièmes de seconde.

ce palliatif est souvent insuffisant et n'est du reste pas toujours possible, notamment quand il s'agit de portraits ou de sujets en mouvement exigeant une pose très courte.

Il était donc nécessaire de rendre le bromure d'argent sensible à toutes les radiations visibles.

En 1873, Vogel découvrait que l'addition au bromure d'argent d'une substance absorbant certains rayons colorés, le rend sensible à ces mêmes rayons. Ainsi, l'addition de *coralline* détermine la sensibilisation pour le jaune, et le vert d'aniline qui absorbe le rouge rend la couche sensible au rouge. Il suffit d'ajouter une très petite quantité de ces matières colorantes, pour produire l'effet voulu. Et même, si l'on en ajoute trop, l'effet produit est moindre. Il s'agit seulement de colorer le sel d'argent; si le colorant se trouve en excès, il colore aussi le substratum (collodion ou gélatine) du sel sensible, et alors cette couche colorée absorbe inutilement les radiations, qu'elle empêche de venir impressionner le sel d'argent.

Vogel assurait que toutes les solutions colorantes déterminaient un effet sensibilisateur. Sa théorie ainsi généralisée a été contestée. Il convient de remarquer que beaucoup de couleurs ne présentent pas la même teinte à l'état solide qu'en solution. C'est le pouvoir absorbant à l'état solide qu'il faut considérer : par là s'expliquent certaines divergences entre les expérimentateurs.

Ce qui est certain, c'est qu'un grand nombre de matières colorantes usuelles modifient la sensibilité des émulsions. En 1874, Becquerel signalait la chlorophylle comme sensibilisant le bromure d'argent pour le rouge orangé. En 1876, Waterhouse désignait l'éosine comme sensibilisateur pour la région verte du spectre. On a également employé, avec succès, l'érythrosine, la chrysaniline, le violet de méthyle, la cyanine, le vert malachite, la rhodamine, la nigrosine, le rose Bengale, etc. Jusque vers 1910, la plupart des substances sensibilisatrices se rattachaient à la famille de la fluoescéine.

Plus récemment, les chimistes ont réussi à préparer des matières colorantes spécialement destinées à la sensibilisation des plaques photographiques. Ces substances ne sont pas utilisées en teinture, comme les précédentes, à cause de leur prix élevé et de leur trop faible résistance à la lumière, mais leur pouvoir sensibilisateur est extrêmement remarquable. Parmi ces matières colorantes,



nous citerons le pinachrome, le pinacyanol, le pinaverdol et l'orthochrome. Elles dérivent de la quinoléine, et sont principalement de cyanines. Elles agissent à un très grand degré de dilution, généralement en liquide alcoolique.

On trouve dans le commerce des plaques sensibilisées soit pour le vert, soit pour le rouge, et désignées sous le nom de plaques *orthochromatiques* (de ὀρθός, juste, et χρώμα, couleur). Il en existe aussi qui sont rendues sensibles à la fois au vert, au jaune et au rouge : on les nomme *panchromatiques* (de πᾶν, tout, χρώμα, couleur). Ces plaques portaient autrefois le nom d'*isochromatiques* (ἴσος, égal, χρώμα, couleur), mais il y a actuellement une tendance à renoncer provisoirement à ce qualificatif, qui n'est pas exact. En effet, une émulsion a beau être rendue sensible à la région du spectre qui s'étend de bleu vert au rouge extrême, elle n'en conserve pas moins une excitation de sensibilité pour le bleu, le violet, et même l'ultra-violet invisible : ceci dans le cas des émulsions d'emploi courant ; mais les émulsions fines et lentes très peu mûries peuvent être rendues plus sensibles au vert et au rouge que pour le bleu.

Pour compenser cette inégalité, il est nécessaire d'interposer un verre jaune en avant ou en arrière de l'objectif, ou bien d'imbibuer la gélatine d'une solution colorante jaune destinée à produire le même effet et facile à éliminer soit par de simples lavages, soit à l'aide d'un réactif décolorant. L'écran (ou mieux *filtre*) fait de verre coloré dans toute sa masse, présente une plus grande épaisseur au passage des rayons obliques qu'à ceux qui le traversent perpendiculairement : d'où inégalité dans l'éclairage du centre et des bords. On fait surtout aujourd'hui des filtres en gélatine colorée très mince placée entre deux lames de verre incolore bien planées. Il est à observer que la couleur n'est jamais d'une stabilité absolue, et qu'il faut pas exposer inutilement ou longtemps ces accessoires à la lumière. *L'esculine*, incolore, absorbe complètement l'ultra-violet. Mais la plupart des écrans-filtres sont d'un jaune plus ou moins intense pour éteindre plus ou moins les radiations violettes et bleues : on vérifie au spectroscope l'étendue de leur zone absorbante. Plus les radiations absorbées étaient actives sur l'émulsion, plus l'effet de l'écran est marqué. Le « coefficient » de celui-ci varie donc suivant les plaques sensibles ; il est généralement compris entre 4,5 et 6, parfois davantage. Les écrans liquides fournissent des résultats plus constants.

l'absorption dépendant de la concentration de la solution et de l'épaisseur de la couche liquide. Les substances proposées à cet effet sont l'aurantia, l'acide picrique, l'éosine, le jaune naphthol, le bichromate de potasse, etc. Le D<sup>r</sup> Eder et M. Edouard Belin leur préfèrent le chromate neutre de potasse à 4 p. 100. Cette solution absorbe totalement les bleus, sans empiéter sur les régions voisines du spectre, et le retard de pose qu'elle occasionne est moindre qu'avec le bichromate. Le liquide est placé dans une cuve en verre à faces parallèles, constituée par deux disques de verre maintenus écartés l'un de l'autre par un anneau de même matière. Deux orifices fermés par des bouchons de liège ou de verre servent à remplir et à vider la cuve. Une monture en laiton entoure le récipient et sert à le fixer sur le parasoleil de l'objectif. Pour que l'interposition de la cuve ne nuise pas à la netteté de l'image, il faut que les deux disques de verre soient travaillés avec la même précision que les lentilles de l'objectif.

Les émulsions orthochromatisées au cours de leur fabrication conservent pendant assez

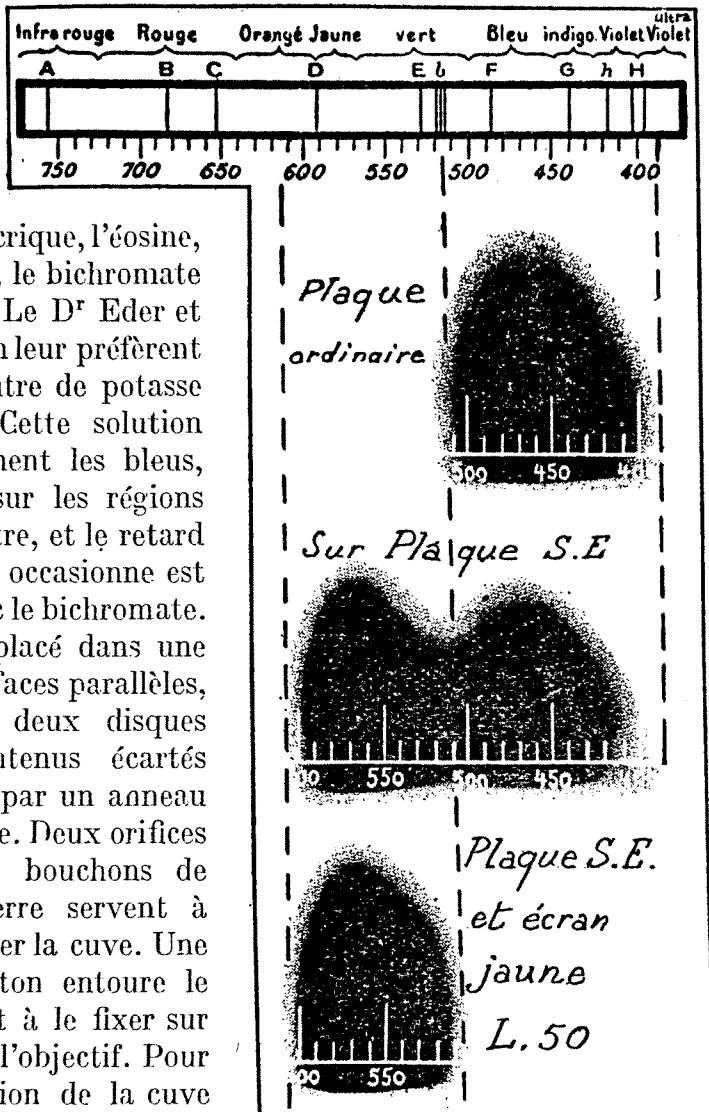


Fig. 48. — Répartition de la sensibilité de plaques ordinaires et orthochromatiques (Lumière) dans les régions du spectre solaire, dont les longueurs d'onde sont indiquées, en haut de la figure, en millièmes de millimètre.

longtemps leur sensibilité pour les radiations peu actiniques. Néanmoins cette sensibilité s'altère, à la longue, dans des conditions encore mal définies : aussi est-il préférable, autant que possible, d'utiliser ces plaques dans l'année de leur fabrication.

On peut également orthochromatiser une plaque ordinaire, en l'imprégnant d'une solution colorante convenablement préparée. Cette sensibilisation, dite *au trempé*, donne d'excellents résultats, mais ne persiste que peu de temps, si elle n'est pas effectuée avec tout le soin voulu. Presque tous les bains orthochromatisants ont une tendance plus ou moins marquée à voiler la plaque. Préparer les solutions avec de l'eau bien pure, et conserver à l'obscurité; il vaut mieux qu'elles soient récentes. Il est évident que l'opération doit se faire dans l'obscurité.

Voici quelques formules de sensibilisation orthochromatique au trempé.

1. Pour sensibiliser au jaune et au vert.

	<u>Miethe ou Vogel.</u>	
Solution d'érythrosine à 1 p. 1 000 . . . . .	20 cc.	50 cc.
Ammoniaque pure . . . . .	1,5 —	2 —
Eau distillée . . . . .	150 —	150 —

Plonger deux minutes la plaque dans l'ammoniaque diluée à 1 0/0, puis, sans laver, immerger dans le bain deux minutes, et sécher dans l'obscurité.

2. Pour sensibiliser au jaune, au jaune orangé et au rouge orangé, immerger une minute dans :

Solution alcoolique de rouge de quinoléine 1 p. 1 000 . . . . .	20 cc.
— cyanine à 1 p. 1 000 . . . . .	2 —
Eau q. s. p. . . . .	150 —
Ammoniaque . . . . .	2 —

Rincer, sécher.

3. Pour sensibiliser au rouge et à l'orangé, laver à l'eau cinq minutes, puis immerger deux minutes dans une solution fraîche de :

Solution alcoolique récente de pinacyanol à 1 p. 1 000 . . . . .	2 cc.
Eau distillée . . . . .	100 —

Passer les plaques dans l'alcool à 90°, sécher.

4. Pour sensibiliser au vert, remplacer ci-dessus le pinacyanol par le pirtaverdol.

5. Pour sensibiliser au vert, au jaune et à l'orangé, immerger deux minutes dans :

		ou :	
Eau distillée . . . . .	150 cc.	150 cc.	
Alcool à 90° . . . . .	20 —	40 —	
Ammoniaque pure . . . . .	2 —	2 —	
Solution alcoolique de cyanine à 1 p. 1 000.	4 —	2 —	
— d'éosine à 1 p. 1 000.	30 —	20 —	

Laver, sécher. Utiliser dans les vingt-quatre heures, car les plaques se voilent peu à peu.

#### 6. Sensibilisation au rouge<sup>1</sup>

Eau . . . . .	100 cc.
Ammoniaque . . . . .	5 —
Homocol en solution alcoolique à 1 p. 1 000 . . . . .	1 à 2 —

Employer une cuvette très propre; immersion, deux minutes. Séchage fait en deux heures au plus, après trois minutes de lavage à l'eau courante. Conservation des plaques satisfaisantes.

7. Bain pour plaques panchromatiques : 2 centimètres cubes de pinachrome au 1/1 000 dans 100 centimètres cubes d'eau distillée avec 1/100 d'ammoniaque. Durée de l'immersion, trois minutes; lavage, autant.

#### 8. Autre bain pour plaques panchromatiques (Konig) :

Eau distillée . . . . .	200 cc.
Ammoniaque . . . . .	2 —
Solution d'orthochrome T au 1/1 000. . . . .	3 à 4 —

La solution d'orthochrome est préparée en dissolvant à chaud 1 gramme de cette substance dans 100 centimètres cubes d'alcool à 90°. Après dissolution, on ajoute 500 centimètres cubes d'alcool et

---

1. On a même pu rendre des plaques sensibles aux radiations *infra-rouges*, que notre œil ne perçoit même pas, en trempant les plaques dans une solution très diluée (1/25 000), préparée au moment même, de bleu alizarine S, avec adjonction de 1/50 000 de nigrosine B, de 1/100 d'ammoniaque et de 1/150 de nitrate d'argent (Lehmann).

400 centimètres cubes d'eau distillée. Cette liqueur doit être conservée dans l'obscurité. La solution d'orthochrome peut être remplacée par des solutions de pinachrome ou de pinaverdol préparées de la même manière. Avec ces dernières matières colorantes, la sensibilité est plus accentuée pour le rouge. On a encore employé le rouge d'éthyle (Miethe, Otto Perutz), le rouge glycin (Kingelberger), etc.

9. *Autre bain panchromatique* : 1 décigramme de *pantochrome* (Barbier, 1920) dissous à chaud dans 100 centimètres cubes d'alcool méthylique additionné de même volume d'eau. Durée, cinq minutes (cuvette parfaitement propre).

Après l'immersion de la plaque dans l'un quelconque de ces bains, il est essentiel de la rincer pour éliminer l'excès de colorant, et surtout de la faire sécher le plus rapidement possible à l'air libre, ou mieux dans une étuve ventilée. Grâce à ces précautions, M. Ch. Simmen a réussi à conserver des plaques qui possédaient encore au bout de deux ans toute leur sensibilité chromatique.

En ajoutant à ces bains 5 à 6 centimètres cubes d'une solution alcoolique au 500<sup>e</sup> de rouge de quinoléine, les plaques sont moins sujettes au voile et se conservent plus longtemps. En supprimant l'ammoniaque, la sensibilité pour le rouge et le vert est légèrement diminuée, mais la dessiccation peut être moins rapide sans inconvénient, si les plaques doivent être employées dans un délai d'environ un mois. La tendance au voile est aussi moins marquée.

On peut *hypersensibiliser* les plaques sèches panchromatiques du commerce, en les immergeant trois à cinq minutes (de préférence après lavage à l'eau) dans :

Eau . . . . .	72 cc.
Alcool à 90° . . . . .	25 —
Ammoniaque . . . . .	3 —

Sécher rapidement; employer dans un court délai. La sensibilité générale aussi bien que chromatique se trouve exaltée.

Les plaques sensibilisées pour le rouge ne sauraient évidemment être manipulées à la lumière d'une lanterne à verre rouge : elles y seraient certainement voilées. Le laboratoire sera donc éclairé par une lanterne à verre vert. Pour les plaques sensibilisées au vert, on se servira de l'éclairage rouge. Enfin, les plaques panchroma-

tiques exigeront des précautions toutes particulières. La lumière, très atténuée, sera transmise par un verre enduit de tartrazine et de violet de méthyle (V. p. 91). Et même, si l'émulsion est très sensible, il vaudra mieux s'exercer à charger les châssis dans l'obscurité complète. C'est également à l'abri de toute lumière que les plaques seront extraites des châssis et placées dans la cuvette contenant le bain de développement. Néanmoins, une fois l'émulsion bien imbibée, il n'y aura aucun inconvénient à regarder le cliché à la lumière rouge : M. E. Valenta a reconnu<sup>1</sup> que la sensibilité communiquée aux émulsions pour les rayons jaunes et rouges est considérablement diminuée dès leur immersion dans le révélateur.

Signalons que l'on a employé des filtres (rouges avec, naturellement, émulsions très sensibles à cette région du spectre) pour obtenir des photographies nettes et détaillées à travers la brume : les radiations rouges et orangées étant celles qui traversent le mieux cette dernière, comme le prouve la teinte rouge que prend facilement le soleil couchant.

**Plaques anti-halo.** — Les plaques ordinaires se prêtent mal à la reproduction des sujets qui présentent de fortes oppositions, de vives lumières se détachant sur des surfaces sombres. Tels sont les paysages éclairés à contre-jour et les vues d'intérieurs dans lesquelles sont comprises des fenêtres bien éclairées ou des sources lumineuses (lampes ou foyers) placées devant un fond obscur. On remarque alors que la lumière empiète sur les parties sombres et se trouve entourée d'une sorte d'auréole ou *halo*. Ce phénomène est dû à la lumière qui a traversé de part en part la couche sensible et son support, et s'est ensuite réfléchi sur la seconde face du verre ou de la pellicule.

Pour éviter le halo, il suffit donc d'empêcher cette réflexion nuisible. On y parvient soit en enduisant le dos de la plaque d'une couleur opaque mêlée à un agglutinant, soit en interposant entre l'émulsion et son support une sous-couche colorée absorbante. Dans le premier cas, l'anti-halo est éliminé par les bains et les eaux de lavage qui dissolvent l'agglutinant; dans le second il est décoloré ou dissous à l'aide de réactifs appropriés. Il existe même des plaques dont l'anti-halo est constitué par une substance soluble dans l'un

1. *Photogr. Correspondenz*, 1902, p. 214.

des bains nécessaires aux opérations photographiques, en sorte que l'emploi de ces plaques n'entraîne aucune espèce de complication<sup>1</sup>. C'est ainsi qu'on a formé l'anti-halo d'une couche de gélatine imprégnée d'iodure de plomb. Cette substance, jaune opaque, absorbe complètement les radiations actiniques et se trouve ensuite éliminée par le bain de fixage à l'hyposulfite de soude. On trouve également dans le commerce, des plaques dont l'anti-halo est constitué par une feuille enduite d'un adhésif coloré en noir. Après la pose, ou après l'achèvement du cliché, cette feuille est séparée du verre. Pour être efficace, le revêtement doit être non seulement transparent et coloré, mais de même indice de réfraction que le verre.

Les plaques anti-halo doivent être employées chaque fois que l'on a à reproduire un sujet à contrastes violents : couchers de soleil, sous-bois où les branches laissent apercevoir le ciel, portraits à contre-jour, vues prises la nuit et comportant des sources de lumière comprises dans le champ de l'instrument. A défaut de plaques anti-halo, on utilisera des plaques ordinaires dont on aura eu soin d'enduire le verre d'un pigment opaque. L'anti-halo le plus simple est préparé en mélangeant du noir de fumée ou de l'ocre avec de la colle de pâte ou de la dextrine. Le mélange suivant indiqué par Lévy, a l'avantage de sécher en cinq minutes :

Solution épaisse de gomme arabique . . . . .	50 gr.
Caramel . . . . .	50 —
Terre de Sienne brûlée broyée à l'eau . . . . .	100 —
Alcool . . . . .	100 cc.

Autre formule (Hélain) : noir de fumée fin 10 grammes, ou ocre rouge 25 grammes. Humecter d'alcool, ajouter 100 grammes de dextrine jaune, mélanger; ajouter 100 grammes d'eau contenant en dissolution 6 grammes de chlorure d'ammonium. Après mélange et vingt-quatre heures de repos, appliquer au dos du verre avec un pinceau plat, uniformément et en couche mince. Sèche en deux à trois heures.

Pour enlever cet enduit avant le développement, de manière à pouvoir examiner le cliché par transparence, il suffit de placer au

---

1. Les révélateurs à l'acide pyrogallique risquent toutefois de rendre insoluble la sous-couche colorée de certaines marques de plaques anti-halo.

fond d'une cuvette des morceaux de drap imbibés d'eau. La gomme en contact avec ce drap se gonfle, et, si l'on passe ensuite un linge sec, le pigment y adhère. La plaque se trouve ainsi débarrassée de l'anti-halo sans que la couche sensible ait été mouillée.

On a aussi indiqué, comme procédé pratique pour improviser un revêtement anti-halo, d'employer des feuilles de papier sensible noirci au soleil, puis imbibées de glycérine.

Il existe une seconde cause de halo, dont l'effet est beaucoup moins marqué : c'est l'éclairement de la région voisine par un point de l'émulsion frappé par la lumière, qu'il diffuse à l'entour. Il ne peut être supprimé que par l'emploi d'une couche très mince et à grain très fin : d'où la netteté des anciens clichés sur albumine.

**Conservation des plaques.** — Les plaques au gélatinobromure, ainsi que les pellicules et les papiers recouverts d'émulsion, doivent être préservés avec soin de la lumière et de l'humidité. Les voyageurs qui entreprennent des expéditions lointaines doivent emballer leurs provisions de plaques dans des caisses métalliques soudées. Il faut également éviter, autant que possible, l'action prolongée d'une température trop élevée, qui risquerait de *voiler* la plaque : la couche sensible plongée dans le bain de développement y noircirait comme si elle avait été exposée à la lumière.

Si toutes les précautions voulues sont observées, les plaques conservent longtemps toutes leurs qualités. On en trouve bien quelques-unes qui, par suite de quelque défaut de fabrication, présentent, au bout de quelques mois, un *voile marginal*, c'est-à-dire se couvrent, au développement, de taches noires généralement limitées aux bords; mais, par contre, on cite d'excellents clichés obtenus sur des plaques datant de plus de vingt ans.

La conservation des pellicules et des papiers est très incertaine, à cause des réactions que le celluloid ou l'encollage sont susceptibles de provoquer à la longue.

**Régénération des plaques voilées.** — Voir le chapitre VII, p. 154.

\*  
\* \*

**Sensitométrie.** — Pour connaître la sensibilité d'une émulsion, il est nécessaire d'avoir un moyen de la comparer à un étalon. Il est souvent utile d'évaluer exactement le temps de pose, et alors



il faut naturellement mesurer la sensibilité de la plaque, lui appliquer un chiffre, un coefficient susceptible d'entrer dans la formule qui indiquera les calculs à effectuer. Tel est le but de la *sensitométrie*.

La sensibilité d'une couche sensible est définie par l'*opacité* qu'elle peut prendre (après développement si elle n'est pas à noircissement direct) pour une exposition de durée déterminée en présence d'un éclairage également défini. L'opacité est elle-même la proportion de la lumière pénétrante qui persiste à sa sortie de l'autre côté de la couche. Ces deux quantités de lumière (avant et après la traversée) se mesurent évidemment au moyen d'un photomètre, instrument de physique dont la description sort de notre cadre et dont il existe de très nombreux modèles.

La lumière est supposée constante, toujours égale à elle-même. Ce peut être une lampe étalonnée (ampoule électrique ou flamme déterminée). Dans la méthode de Warnerke, c'est celle que fournit la phosphorescence d'une plaque enduite de sulfure de calcium devant laquelle on a fait brûler un morceau de fil de magnésium. Cette phosphorescence ne peut pas dépasser une certaine intensité, quel que soit l'éclat de la source lumineuse à laquelle le sulfure a été soumis. On aurait beau brûler trois ou quatre fois plus de magnésium, la lueur émise ensuite par la plaque phosphorescente n'en serait nullement augmentée. Aujourd'hui, la source lumineuse de référence a été définie par le Congrès international de Photographie de 1928.

Pour des durées de pose doubles, triples... à cette lumière, l'opacité de la plaque exposée devra devenir double, triple,... c'est-à-dire que la région exposée ne laisse plus passer, après développement et fixage, que la moitié, le tiers... de la lumière la frappant sur la face opposée. Toutefois, cette proportionnalité du noircissement à l'exposition n'est vraie que dans certaines limites : il y a « saturation » quand le temps a suffisamment multiplié l'action de la lumière, aussi un très court éclairement intense agit-il beaucoup plus qu'un très faible prolongé ; ainsi, un très petit diaphragme oblige à augmenter le temps de pose plus que son ouverture ne l'indique mathématiquement.

On définirait donc la sensibilité d'une plaque en indiquant la perte de transparence qu'elle acquiert (une fois développée) après une pose de durée déterminée en présence d'une éclairage standard

également bien défini. Deux ou plusieurs plaques différentes exposées ensemble à la même lumière auraient, après développement identique des opacités différentes. Mais plutôt que de mesurer au photomètre la proportion de lumière transmise, on simplifie cette mesure en évaluant la transparence au moyen d'une série de filtres de plus en plus opaques, ou mieux d'un « coin photométrique » coulissant, et en voyant à quel degré d'opacité il faut arriver pour voir une lumière sous la même teinte qu'à travers le cliché noirci, comparaison qui se fait avec un photomètre spécial à coin mobile, dit *densitomètre*.

L'opacité est l'inverse de la transparence : si un filtre ne laisse passer que  $1/10$  de la lumière qui le frappe, son opacité est de 10, sa transparence de 0,1.

Il est très important de faire attention à ceci : c'est qu'un filtre constitué par deux épaisseurs n'est pas *deux fois* plus opaque qu'une seule épaisseur, comme on serait porté à le croire d'abord, mais son opacité est portée *au carré*. Ainsi, si un millimètre d'épaisseur de verre teinté ne laisse passer que  $1/10$  de la lumière qui l'aborde (opacité 10), deux verres superposés (ou un de 2 millimètres d'épaisseur) ne laisseront passer non pas que  $1/20$  mais bien  $1/100$  seulement. En effet, le second ne laisse passer que  $1/10$  de ce qui a pu traverser le premier, soit  $1/10$  de dixième, ce qui est bien un centième de la lumière primitive. Un troisième millimètre arrêterait les  $9/10$  de ce centième subsistant, et il n'en passerait donc que 1 millième, ou  $1/10^3$ . On voit que *l'opacité augmente beaucoup plus vite que l'épaisseur* : elle croît de façon *exponentielle*, ou *logarithmique*.

C'est donc une mauvaise combinaison que celle du sensitomètre, déjà ancien, de Warnerke, où une série d'ouvertures étaient recouvertes d'un nombre croissant de papiers translucides semblables superposés : il y en avait 1 devant l'ouverture n° 2 (la première étant libre), 2, 3, 4... sur les ouvertures 3, 4, 5.... Si un papier sensible exposé à la lumière sous cette série de fenêtres laissait visible, après développement, la trace de l'ouverture n° 24, et un autre papier le n° 25, cela ne revenait pas du tout à dire que le second était de  $1/25$  plus rapide que l'autre.

Au contraire, un *coin sensitométrique* de Goldberg est formé de deux verres plans formant un angle très faible dans lequel on a coulé de la gélatine uniformément teintée d'encre de Chine et de bleu, donnant une teinte gris neutre. L'épaisseur de ce prisme de gélatine

colorée va donc en croissant uniformément d'une extrémité à l'autre et son opacité croît dans le même sens mais beaucoup plus vite comme nous l'avons dit. Si l'épaisseur va de 0<sup>mm</sup>,5 à 3 millimètre soit le rapport 1 à 6, et qu'à l'extrémité mince l'opacité soit de 1 elle sera de 10<sup>6</sup>, soit un million de fois plus forte, à l'extrémité épaisse tout point intermédiaire aura une opacité intermédiaire non peut être évaluée par moyenne arithmétique, mais par moyenne géométrique c'est-à-dire sur une échelle logarithmique comme l'est la graduation de la règle à calcul : au milieu, le coin a une opacité qui n'est pas 500 000, mais 10<sup>3</sup>, soit 1 000 seulement.

\*  
\* \*

L'opacité étant ainsi définie et cotée, revenons à la *densité* d'une surface sensible noircie par la lumière. L'opacité donnée par le dépôt d'argent noir sur la plaque croît si vite avec l'intensité de l'éclairement ou la durée de la pose<sup>1</sup>, qu'on serait obligé de tracer les résultats sur un quadrillage où l'échelle des opacités devrait être beaucoup plus réduite que celle des éclaircissements, ce qui ne donnerait aucune évaluation précise pour les faibles opacités. Aussi porte-t-on sur ces diagrammes non pas les valeurs des opacités, mais le rapport de leur augmentation (progression géométrique) à celle des temps de pose (progression arithmétique). Ces rapports sont, depuis trois cents ans appelés des logarithmes.

Ainsi, pour des temps de pose 1, 2, 3, 4... on marquera des densités qui seront les logarithmes des opacités : 0, 1, 2 ou 3 quand les opacités résultantes sont 1, 10, 100, 1 000.

Dans ces conditions, établies en 1890 par Hurter et Driffield, le diagramme des noircissements, tracés sur papier carroyé, serait une ligne droite si la plaque gagnait en densité juste proportionnellement au temps de pose. Si l'on fait un grand nombre d'essais et de mesures de manière à tracer point par point ce diagramme, on constate qu'il n'en est ainsi que dans une portion seulement de l'échelle

---

1. Une source de 10 bougies éclairant pendant une seconde produit le même noircissement qu'une bougie en dix secondes (BUNSEN et ROSCOË). Toutefois cette équivalence, qu'on jugerait évidente au premier abord, n'est exacte que dans des limites assez étroites : 1 000 bougies pendant une seconde noircissent plus la couche qu'une bougie pendant mille secondes. Schwarzschild a précisé suivant quelle loi a lieu cette sensibilisation par la lumière intense

les temps de pose : en deçà et au delà, le tracé n'est plus rectiligne, mais courbe. La figure 49 montre l'aspect de cette « courbe caracté-

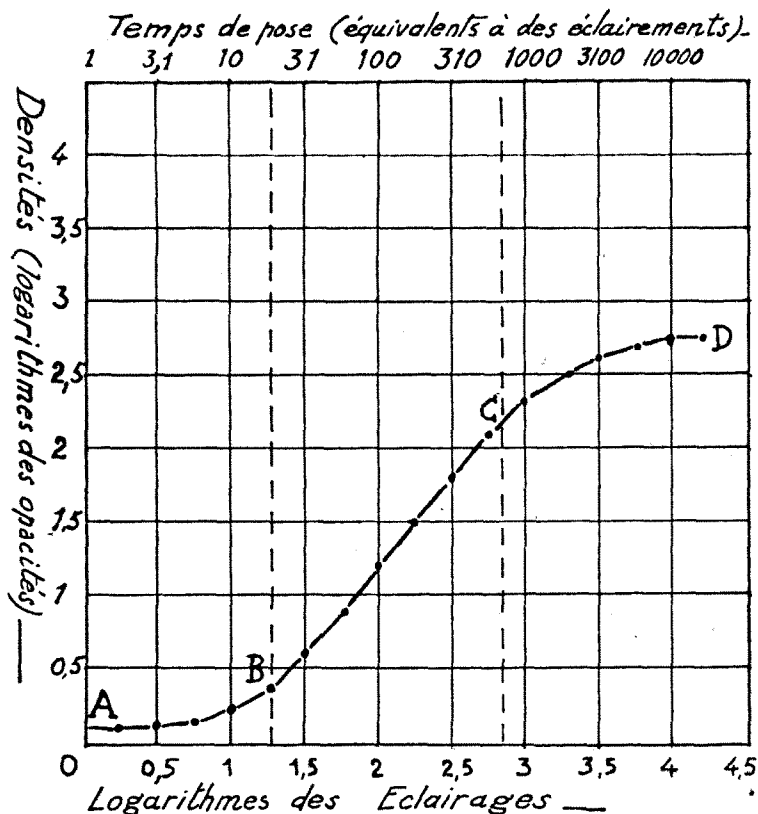


Fig. 49. — Courbe caractéristique d'une émulsion. La mesure des opacités de la plaque ou du papier en des endroits qui ont été de plus en plus éclairés (soit par accroissement de la lumière, soit par des poses de plus en plus longues), donne des valeurs de densités que l'on pointe sur le fond quadrillé, aux points correspondants. En réunissant ces points, on a une *courbe caractéristique* de l'émulsion.

De A à B, le noircissement croît plus lentement que l'impression lumineuse : c'est la région de sous-exposition. De B à C, la courbe est une droite, et l'opacification est proportionnelle à l'éclairage : c'est la zone de pose correcte, qui s'étend ici des éclairages 25 à 600 environ : on a donc une *tolérance de pose* de 1 à 24 fois. Au delà de C, soit 24 fois le temps de pose, il y aura surexposition.

« *caractéristique* » d'une plaque : on voit que la partie rectiligne est comprise entre les valeurs d'éclairage 25 et 600 environ, c'est-à-dire 1 à 24, et, pour les valeurs de densités entre 0,5 et 2 environ, soit le rapport

de 1 à 316 (puisque le logarithme décimal 0,5 correspond à 0,31 et le logarithme 2 à 100). Les rapports des noirs et des blancs resteront donc conservés si les plus grands blancs du sujet ne sont pas plus de 316 fois lumineux que les plus grands noirs, auquel cas il faudrait poser exactement un certain temps pour un éclairage donné. Le temps de pose pourra d'autre part varier dans la proportion de 1 à 2 au maximum en conservant un rendu correct des valeurs; mais dans ce dernier cas, il faudra que les blancs et les noirs extrêmes du sujet n'aient pas entre eux plus d'opposition photogénique que 316/2 ou le rapport 13,5 à 1 environ. Cela correspond d'ailleurs aux oppositions de ton extrêmes que présente couramment un portrait, un groupe, un paysage tout en lointains, etc. Un portrait doux en atelier ou une vue prise par brouillard peuvent même avoir leurs plus grands lumières 5 ou 6 fois plus lumineuses seulement, que leurs plus grandes ombres, ce qui laisse alors une « latitude de pose » considérable de 1 à 50 par exemple : aussi un portrait de peu de « relief » est facile à réussir au moins convenablement. Par contre s'il y a de grandes oppositions (robes blanches et verdure sombres, contrastes de jours surtout), la tolérance de pose devient presque nulle; c'est pourquoi les vieux classiques professaient qu'« il ne faut jamais photographier avec le soleil devant soi », ce qui privait de beaux effets. Il se peut même qu'une plaque ne permette pas de rendre correctement des oppositions considérables, qui peuvent atteindre 1 contre 600 ou 800 (intérieur à contre-jour avec fenêtre sur le ciel devant l'objectif).

C'est la « courbe sensitométrique » de chaque plaque (ou papier) établie par le fabricant, qui peut permettre de se rendre compte de sa souplesse et de la « gamme des rendus » de celle-ci. L'inclinaison de cette courbe (portion rectiligne) sur l'abscisse ou ligne des éclaircissements, est appelée le *gamma*  $\gamma$ , ou *facteur de développement*, de cette émulsion.

La sensibilité de la plaque est exprimée à la suite d'une formule établie par Hurter et Driffeld, et que traduit le point où l'abscisse est coupée par la portion rectiligne prolongée. Une plaque de moyenne rapidité a environ 150 à 200 dans la notation H. D. (Hurter et Driffeld); les rapides, 400 à 500; les extra-rapides, 700; on dépassait maintenant 1 000. Une plaque de sensibilité 800 H. D. demande 2 fois moins de pose qu'une 400 H. D., et 4 fois moins qu'une 200 H.

D'autres échelles existent encore, comme celle de Scheiner; ici les variations d'éclairage sont obtenues par la rotation d'un disque percé d'une ouverture radiale dont la largeur s'accroît du bord vers le centre : la portion de la plaque voisine de ce centre, exposée à la lumière sous ce disque tournant, est celle qui reçoit le plus de lumière pendant la pose, et cette quantité est aisément mesurée, comme est mesurée l'opacité de la plaque en ses différentes

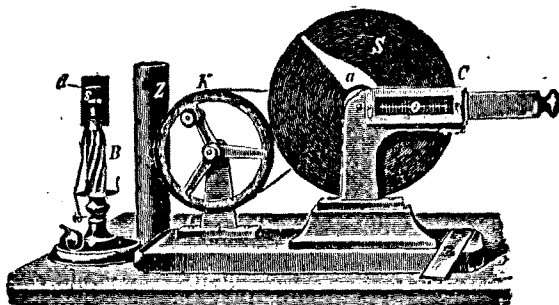


Fig. 50. — Sensitomètre Scheiner.

régions. La graduation Scheiner va de 1 pour les plaques très lentes à environ 25 pour les plus rapides; le 13 correspond à 120 H. D., le 16 à 240, le 19 à 480.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- BURTON, *Fabrication des plaques au gélatinobromure*, Paris (Gauthier-Villars), 1901.
- ✧ RIS-PAQUOT, *La préparation des plaques au gélatino-bromure par l'amateur lui-même*, Paris (Gauthier-Villars), 1903.
- R. NAMIAS, *Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen Chemie. I. Band : Photographische Negativprozesse und orthochromatische Photographie*, Halle a/S. (W. Knapp).
- H. QUENTIN, *Notes pratiques sur l'orthochromatisme*, Paris (Ch. Mendel).
- F. QUÉNISSET, *Les Phototypes sur papier au gélatinobromure*, Paris (Gauthier-Villars), 1901.
- A. DELAMARRE, *Les Négatifs sur papier au gélatinobromure d'argent*, Paris (H. Desforges), 1902.
- ✧ C.-E.-K. MEES, *La Photographie des objets colorés*, trad. L.-P. Clerc, Paris (H. Calmels), 1910.
- J.-M. EDER, *Système de sensitométrie des plaques photographiques*, trad. Ed. Belin, Paris (Gauthier-Villars), 1903.
- G. MOREAU, *La Sensitométrie photographique et ses applications*, Paris (Gauthier-Villars et Masson, *Encyclopédie Léauté*), 1928.
- L. LOBEL et M. DUBOIS, *Manuel de Sensitométrie*, Paris (P. Montel), 1929.
- E. GOLDBERG, *La formation de l'Image photographique* (traduct. Lobel et Clerc), Paris (P. Montel), 1926.
- MEES et SHEPPART, *The Theory on the photographic Process*, London, 1907.

## CHAPITRE VI

## L'EXPOSITION

**Chargement des châssis.** — Les plaques ne doivent être extraites des boîtes qui les contiennent qu'en lumière inactinique, rouge ou verte suivant la nature de leur émulsion. Il est d'ailleurs parfaitement possible de les mettre en châssis dans l'obscurité complète; il est même nécessaire de procéder de la sorte, soit quand il s'agit de manipuler des plaques extrêmement sensibles à toutes les radiations visibles (les plaques *autochromes*, par exemple), soit lorsqu'on a des doutes sur l'inactinisme de l'éclairage dont on dispose. Avec un peu d'habitude, on distingue facilement au toucher le côté verre, qui est lisse, du côté gélatine, dont la surface est plus mate. Ce contact du doigt provoque des taches ineffaçables s'il n'est fait très discrètement et tout à fait dans l'extrême angle. On évite du reste toute erreur en se rappelant que les plaques sont toujours emballées couche contre couche. La première de chaque paquet se présente donc avec le côté verre en dessus; la seconde, au contraire, a l'émulsion sur la face extérieure; la troisième et la cinquième ont, comme la première, le verre en dessus, tandis que la quatrième et la sixième se présentent le verre en dessous, de même que la seconde.

Contrairement à ce qui est souvent recommandé, nous déconseillons formellement, au moment d'introduire une plaque dans un châssis, de passer un pinceau en blaireau très doux sur la couche de gélatine, sous prétexte d'en enlever les poussières qui pourraient s'y trouver : chaque grain opaque déterminant une ombre qui se traduirait par une petite lacune dans l'impression lumineuse, donc autant de points transparents sur le phototype négatif et autant de points noirs sur l'épreuve positive. Les ateliers modernes de fabrication de plaques sont équipés avec un luxe incroyable de précautions, ne recevant par exemple que de l'air filtré. Leurs émulsions sont par-

faitement exemptes de poussières (s'il en était tombé au cours de l'étendage, elles resteraient d'ailleurs engluées dans l'émulsion figée par refroidissement, et le blaireutage ne pourrait les retirer). Au contraire, les pinceaux ou raclettes traînant dans les tiroirs ne peuvent être que des nids à poussières. Par contre, il est recommandable d'essuyer soigneusement l'intérieur des châssis (ce qui n'est d'ailleurs pas faisable avec les châssis à rideau entier).

La plaque sera placée dans le châssis, la gélatine en avant et le verre en arrière, excepté dans certains cas qui seront indiqués (autochromie, impressions photomécaniques). On veillera à ce qu'elle y soit solidement assujettie et que le ressort la maintienne butée contre les taquets de retenue, sans quoi l'image risquerait de manquer de netteté, si la couche sensible n'occupait pas exactement le plan déterminé par la mise au point. On s'assurera également que les taquets sont bien vissés et ne peuvent tourner d'eux-mêmes.

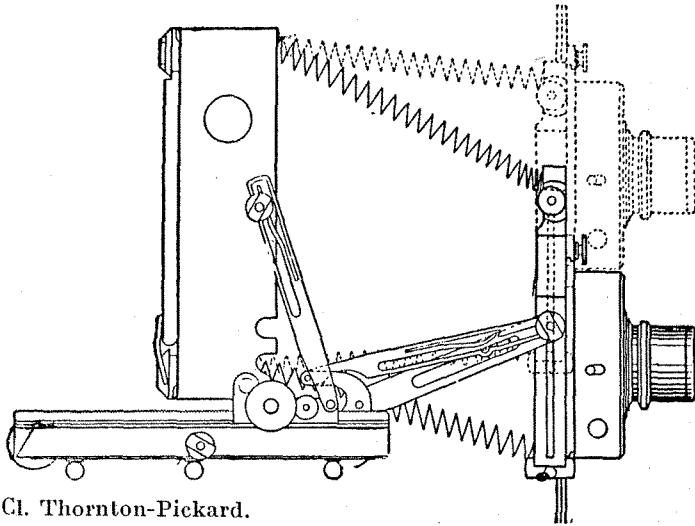
Quant aux pellicules en bandes, elles sont enroulées, comme on l'a vu, sur des bobines que l'on manipule en plein jour, et, pour les passer dans le *magasin*, il n'y a qu'à se conformer aux instructions du constructeur. La manœuvre varie quelque peu suivant l'appareil, mais elle est toujours d'une extrême simplicité, à la portée même d'un enfant. Il en est de même pour le *film-pack* et autres combinaisons similaires.

**Installation de l'appareil.** — Quand le temps de pose n'est pas réduit à une fraction de seconde, il est nécessaire de veiller à la stabilité de la chambre noire et à la rigidité de son support. Toutes les vis de serrage seront vérifiées, et l'on s'assurera, en exerçant une légère poussée sur le chariot mobile, qu'il ne bascule pas au moindre effort.

L'appareil doit être placé dans une position exactement horizontale (sauf dans quelques cas très rares et à la condition que le sujet ne contienne point de lignes droites). Si le modèle se trouve trop haut ou trop bas, s'il y a sur le verre dépoli trop ou pas assez de ciel, il faudra bien se garder d'incliner l'appareil : la mise en plaque sera rectifiée en manœuvrant le décentrement en hauteur. L'objectif sera donc monté ou descendu (fig. 54), jusqu'à ce que l'image s'encadre dans le verre dépoli telle qu'on désire la reproduire. Remarquons toutefois que certaines chambres noires sont munies d'un chariot à bascule : dans ce cas, le décentrement peut s'obtenir en incli-



nant la base de l'appareil, mais en maintenant verticaux le châssis et la planchette d'objectif. Ce qui ne peut être obtenu que s'il existe

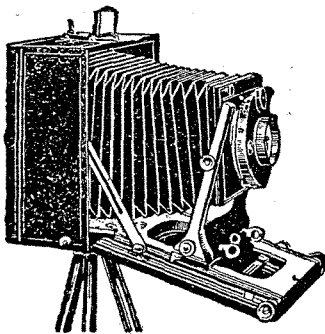


Cl. Thornton-Pickard.

Fig. 51. — Décentrement de haut en bas.

deux bascules, l'une à l'avant permettant d'incliner la planchette porte-objectif, l'autre à l'arrière pour le châssis porte-plaques.

Ces préceptes sont également applicables aux instruments à main. Il faut veiller à leur horizontalité (c'est pourquoi tous les



Cl. Union.

Fig. 52. — Chambre Universelle *Quadrat-Primar*.

appareils portatifs construits avec soin sont munis d'un ou deux niveaux à bulles d'air) et décentrer, si c'est nécessaire. Malheureusement, un grand nombre de ces appareils sont dépourvus de décentrement, et bien plus encore de bascules, de sorte qu'on en est réduit à les incliner. De là ces déformations de lignes, si désagréables dans les reproductions de monuments, et qu'il est

actuellement de mode d'utiliser, dans l'intention de donner « une impression » plus ou moins fantaisiste d'élan ou de mouvement. Le photographe en accuse à tort l'objectif; l'instrument le plus parfait ne saurait donner des lignes correctes, quand

son axe n'est pas perpendiculaire au plan du modèle à reproduire, et ces images défectueuses sont imputables, non pas à l'appareil, mais à celui qui l'emploie dans de mauvaises conditions. L'amplitude du décentrement, généralement bien faible dans les appareils d'amateur, doit être d'autant plus grande que l'objectif est de plus courte distance focale.

Nous avons dit p. 29 que le viseur permet de se rendre compte sans verre dépoli, des limites de l'image, c'est-à-dire de la « mise en plaque », non sans certaines réserves.

**Mise au point.** — Dans l'atelier, la mise au point s'effectue toujours à l'aide du verre dépoli; il en est de même chaque fois que la disposition de l'appareil le permet, car c'est la seule manière d'assurer la netteté des images. Pour n'être pas gêné par la lumière ambiante, l'opérateur se place sous un voile noir qui couvre la chambre noire, et observant l'image que l'objectif projette sur le verre dépoli, il manœuvre la crémaillère qui fait avancer ou reculer le chariot mobile, jusqu'à ce que le sujet à reproduire se montre avec le maximum de netteté. Le voile est quelquefois remplacé par un cône souple opaque adapté à l'arrière-corps et terminé par un œillette à travers lequel on observe l'image. Une disposition analogue sert à régler la mise au point dans les appareils portatifs du type *reflex* (fig. 13, 14).

Pour y voir plus clair, quand l'éclairage est faible, certains photographes mettent au point avec la plus grande ouverture de l'objectif, qu'ils ne diaphragment qu'après. Il faut éviter de procéder ainsi, car la distance focale est plus ou moins modifiée par l'ouverture : le diaphragme, en effet, arrête les rayons marginaux dont le foyer est plus près que les rayons centraux; une très petite ouverture ne laisse passer que les rayons dont le foyer est plus éloigné du centre optique. On devra donc, autant que possible, mettre au point avec le diaphragme qui servira pendant la pose, ou tout au moins avec une ouverture peu différente.

La mise au point, quand on la veut très précise, est facilitée par l'emploi d'une loupe, sertie dans une douille à mouvement hélicoïdal que l'on peut immobiliser en tournant une bague de serrage. Le réglage une fois effectué suivant la vue de l'opérateur, celui-ci n'a qu'à appliquer la base de la monture sur le verre dépoli pour observer avec le maximum de netteté et de grossissement les images qui s'y forment.

Certains travaux de reproduction exigent une netteté parfaite. La loupe de mise au point est alors remplacée par un microscope à support, et à tirage réglable comme ci-dessus. Le maximum de précision est obtenu en traçant sur le verre dépoli une fine croix (au tire-ligne ou au crayon très dur et aigu), puis en rendant cet endroit transparent par un peu de vaseline : la loupe ou le microscope gros-

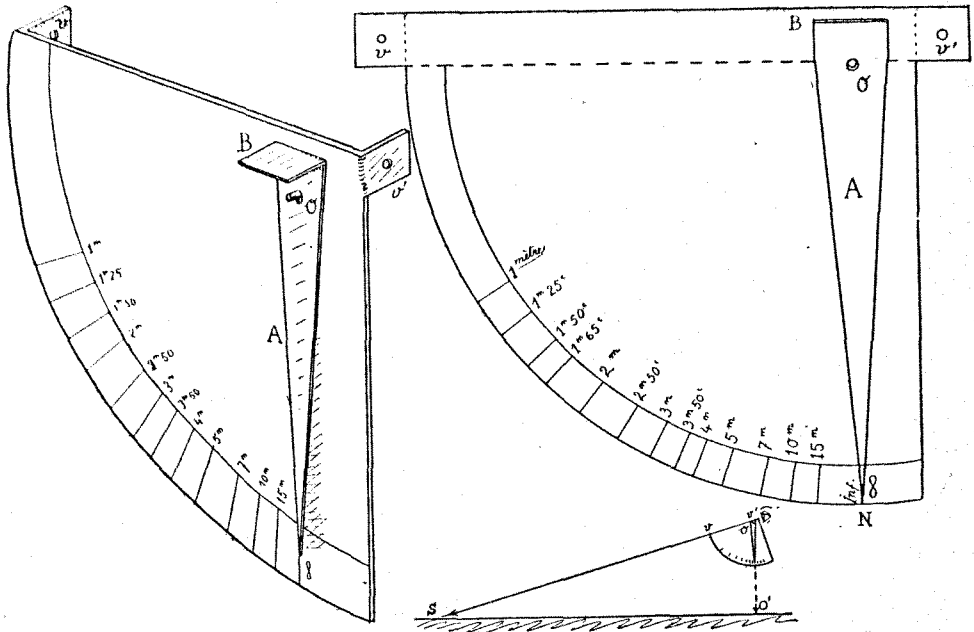


Fig. 53. — Télémètre des tangentes, à aiguille oscillante, facile à construire soi-même. A droite, plan de construction. En bas, emploi : la pression du doigt sur la partie B de l'aiguille pendant librement (v. fig. de gauche) l'immobilise. Le sol où se trouvent le sujet et l'opérateur doit être horizontal; de plus, l'œil de celui-ci doit se trouver à 1 m. 50 au-dessus du sol (on peut s'en assurer par un fil de cette longueur partant de l'ocillon de visée et terminé par un bouton, qui doit toucher la terre).

sissent à la fois l'image et la croix, et assurent leur netteté commune.

Dans certains appareils portatifs, la mise au point se fait *au juger*. Le chariot mobile porte un index qui se déplace en regard d'une échelle graduée sur laquelle sont inscrites des distances en mètres ou en pieds (*feet*, de 30<sup>cm</sup>,5). L'opérateur mesure directement ou au télémètre, ou simplement évalue, l'éloignement de l'objet qu'il désire reproduire avec le maximum de netteté et amène l'index

devant le chiffre correspondant. Il va sans dire que cette évaluation ne saurait être qu'approximative. Néanmoins, en se bornant aux petits formats, on obtient d'ordinaire des images suffisamment nettes.

Il existe divers types de ces télémètres, à coïncidence, à mise au point, à dédoublement, etc. Nous ne les décrirons pas, chacun étant vendu avec une notice et un mode d'emploi. Donnons seulement (fig. 53) le dessin d'un petit télémètre « des tangentes » très facile à construire soi-même, et dont la légende indique l'emploi. Ajoutons enfin : 1<sup>o</sup> que la connaissance exacte de la distance est d'autant plus indispensable que l'objectif est à plus grande ouverture (appareils de reportage) et aussi que le sujet est plus rapproché; 2<sup>o</sup> que pour ne pas perdre de temps par cette mensuration supplémentaire, il existe des appareils où la manœuvre du viseur télémétrique commande en même temps la mise au point.

La mise au point achevée, il faut avoir soin de serrer la vis ou le levier qui empêchent le chariot mobile de se déplacer.

\* \* \*

**Temps de pose.** — L'évaluation du temps de pose est certainement la partie la plus délicate des opérations photographiques. La complexité du problème à résoudre résulte de l'extrême variabilité des éléments dont il faut tenir compte : sensibilité de la plaque, ouverture relative de l'objectif, intensité de l'éclairage, effet à réaliser.

Chaque marque de plaques a sa sensibilité propre. On trouve même des différences pour la même marque, non seulement d'une boîte à une autre, mais même d'une plaque à une autre enfermée dans le même paquet. Cependant ces différences sont peu importantes. Aujourd'hui, la fabrication est suffisamment régulière pour que la sensibilité de chaque marque puisse être considérée comme pratiquement constante. Ce n'est pas de là que viennent les erreurs d'évaluation.

L'erreur peut encore moins provenir de l'objectif, puisque sa luminosité est indiquée par l'ouverture du diaphragme (Nous avons dit que les très petites ouvertures, rarement utilisées, ne suivent pas tout à fait la loi mathématique de la luminosité). Un objectif dont l'ouverture est de  $F : 10$  possède sensiblement la même luminosité qu'un objectif d'égale ouverture relative, alors même que les deux

instruments seraient de constructions toutes différentes. Ceci n'est cependant pas rigoureusement exact : si l'un des deux objectifs offre un plus grand nombre de surfaces réfléchissantes ou si les verres en sont légèrement colorés, sa rapidité sera diminuée par l'absorption de lumière. Toutefois, comme cette absorption est constante, il sera facile d'en tenir compte en prolongeant légèrement la pose, et le photographe habitué à se servir d'un objectif n'éprouvera aucun mécompte de ce chef.

Il n'en est pas de même pour l'éclairage.

L'éclat de la lumière varie suivant les pays, suivant les saisons, suivant l'heure du jour, l'état du ciel et l'état hygrométrique de l'atmosphère, l'altitude, etc. Son intensité est modifiée par les milieux plus ou moins transparents qu'elle doit traverser, par l'éloignement du sujet à photographier, par les reflets émanés des objets environnants. Mais il ne suffit pas de mesurer ou d'évaluer la puissance de la source lumineuse : puisque ce n'est jamais elle-même que l'on photographie, il s'agit de savoir quelle proportion en est reflétée par le sujet, ou objet éclairé par elle et photographié. Or ce pouvoir réflecteur varie de moins de 1 p. 100 (suie, velours noir) à 85 p. 100 pour le blanc glacé pur. Et il faut en outre tenir compte de la couleur. De là l'extrême complexité du calcul des temps de pose, et la difficulté qu'éprouve à l'évaluer exactement même le praticien accoutumé à ces incessantes variations.

Les tableaux suivants indiquent la valeur relative de ces éléments variables.

Si l'on fait usage de plaques très rapides (sensibilité Hurter et Driffield de l'ordre de 500) le temps de pose est donné directement, *en centièmes de seconde*, par le *produit* de trois facteurs pris dans les tableaux, A, B et C. Soit, par exemple, un paysage, en plein soleil, à photographier en septembre, à 3 heures du soir, avec un objectif dont l'ouverture est de  $f/5$ . Les facteurs correspondant à ces conditions sont : 4 (tableau C), 2 (tableau B) et 0,25 (tableau A). En les multipliant l'un par l'autre, nous obtenons :

$$4 \times 2 \times 0,25 = 2 \text{ centièmes de seconde.}$$

Si nous avons à employer dans les mêmes circonstances une émulsion 3 fois moins sensible, le produit devrait évidemment être multiplié par 3. En réalité donc, le calcul du temps de pose

consistera à trouver le produit de quatre facteurs, et quelques essais préliminaires seront utiles pour déterminer le coefficient de sensibilité de l'émulsion utilisée.

**A. — Coefficients de clarté selon l'ouverture.**

*(Le temps de pose pour l'ouverture relative normale f/10 étant pris pour unité, le temps de pose pour une ouverture relative quelconque, toutes choses égales d'ailleurs, sera donné par ce tableau.)*

DIAMÈTRE D'OUVERTURE UTILE DU DIAPHRAGME		TEMPS DE POSE	DIAMÈTRE D'OUVERTURE UTILE DU DIAPHRAGME		TEMPS DE POSE	
Anastigmats	f/2,5	0,06	achromatiques	f/8	rectilignes	0,64
	f/3	0,09		f/10		1,00
	f/3,5	0,12		grands angulaires	f/15	2,25
	f/4	0,16			f/20	4,00
	f/5	0,25			f/30	9,00
	f/6	0,36			f/40	16,00
	f/7	0,49			f/50	25,00

**B. — Coefficients d'époque.**

HEURES		JUIN	MAI JUILLET	AVRIL AOUT	MARS SEPTEMBRE	FÉVRIER OCTOBRE	JANVIER NOVEMBRE	DÉCEMBRE
Midi.		1	1	1,5	1,5	1,5	2,5	4
11 h. matin.	1 h. soir.	1	1	1,5	1,5	2	3	5
10	—	1	1	1,5	2	2	4	6
9	—	1	1,5	1,5	2	3	6	
8	—	1,5	1,5	2	3	6		
7	—	2	2,5	3	6			
6	—	3	3,5	6				
5	—	5	6					
4	—	12						

## C. — Coefficients d'éclat intrinsèque.

SUJETS	EN PLEIN SOLEIL	A LA LUMIÈRE DIFFUSE	CIEL COUVERT	TEMPS SOMBRE	TEMPS TRÈS SOMBRE
Nuages. . . . .	0,5	1	1,5	3	5
Marines, sujets éloignés . . . . .	1	2	4	6	10
Effets de neige . . . . .	3	6	12	18	30
Marines, sujets rapprochés . . . . .	2	4	8	12	20
Paysages, avant-plan rapproché. . . . .	4	8	16	24	40
Eau et feuillages . . . . .					
Monuments, avant-plan bien éclairé . . . . .	8	12	24	36	80
— — dans l'ombre. . . . .					
Feuillages épais à l'avant-plan . . . . .	12	20	40	60	100
Groupes, sujets de genre en plein air. . . . .					
Portraits à l'intérieur, au moins. . . . .	20	40	80	120	200

Le résultat de ce calcul n'est d'ailleurs qu'une indication approximative, une base d'appréciation, utile sans doute, mais seule une longue pratique mettra en garde contre les sources d'erreur, sans cependant en préserver entièrement, car sur ce point si délicat des opérations photographiques, les plus expérimentés eux-mêmes sont exposés à se tromper, surtout en plein air. Dans l'atelier, le professionnel journallement habitué à son éclairage finit par s'en rendre maître et par connaître toutes les particularités météorologiques susceptibles de modifier la durée normale de la pose.

Un précepte à ne pas perdre de vue dans cette évaluation, c'est qu'il vaut mieux poser trop que pas assez. Il est toujours difficile de remédier à la sous-exposition; il est même impossible de faire apparaître, soit au développement, soit au renforcement, les détails qui manquent complètement, tandis qu'on peut arriver à tirer parti d'un cliché surexposé même très fortement : d'après von Hübl, un développement bien conduit permet de corriger une pose 500 fois trop longue.

Cependant, ce précepte même n'a rien d'absolu, car le temps de pose normal doit être modifié suivant l'effet à réaliser : en le prolongeant, on atténue les duretés d'un sujet à contrastes exagérés;

en l'abrégeant, on accentue, au contraire, un modelé trop plat.

D'autres tableaux, dont les valeurs *s'additionnent* au lieu de se multiplier ont été établis par MM. Huilliard et Cousin. Nous ne pensons pas nécessaire de les reproduire ci-dessous, car leur disposition est d'aspect tout à fait analogue aux précédents.

**Photomètres.** — La détermination du temps de pose à l'aide des tableaux précédents exige un calcul bien simple, mais qui rebute néanmoins la plupart des photographes. Par ailleurs, tous les éléments de ce calcul n'offrent pas le même degré de certitude : l'ouverture du diaphragme, la saison, l'heure du jour, la sensibilité de la plaque, sont connues avec précision, mais il n'en est pas de même pour l'éclat intrinsèque du sujet, qui varie suivant l'état du ciel, la limpidité de l'atmosphère, les poussières qui peuvent s'y trouver en suspension, la distance des divers éléments du tableau, l'intensité et surtout les couleurs des reflets qui en modifient l'éclairage.

Certains amateurs préfèrent se fier à leur longue pratique, à leur expérience, et consulter un carnet de notes où ils retrouvent, parmi leurs précédents essais, des exemples en apparence identiques à l'opération qu'ils vont exécuter. Et souvent ils se trompent, parce que, si le carnet de poses fournit des indices certains sur la saison et l'heure, il ne saurait en être de même relativement à la situation du sujet et aux circonstances atmosphériques. Ce carnet d'ailleurs, n'est plus d'aucune utilité au photographe qui voyage et commence à opérer sous un climat nouveau, dont les particularités atmosphériques ne lui sont pas encore connues.

De là l'utilité des instruments qui font connaître automatiquement le temps de pose, non pas d'une manière absolument précise, mais avec une approximation pratiquement suffisante, les erreurs résultant de leurs indications restant toujours susceptibles d'être compensées par un développement bien conduit.

On en distingue deux catégories : les *photomètres optiques*, basés sur l'action physiologique de la lumière, et les *actinomètres*, basés sur son action chimique. On a imaginé un grand nombre de photomètres, de l'une et l'autre catégorie, mais la plupart ne diffèrent les uns des autres que par des détails de construction peu importants, en sorte qu'il suffira de décrire seulement les plus répandus.

Une troisième catégorie d'instruments comprend en réalité des tableaux dans le genre de ceux que nous avons donnés, mais dont



les résultats sont obtenus automatiquement par le jeu d'index, de glissières ou réglottes, de lucarnes mobiles, etc. Par exemple le posomètre Kaufmann, ou divers cercles et réglottes en carton à plusieurs échelles coulissantes.

Les photomètres optiques, fondés sur la sensibilité de notre rétine, comparent l'éclairage du sujet à la lumière la plus faible que notre œil soit capable de percevoir. Il suffit, à cet effet, d'interposer entre l'œil et le sujet un écran plus ou moins diaphane et dont on peut évaluer la transparence.

Tel est, par exemple, le *photomètre normal* de Degen. Un étui percé d'un œilleton contient deux réglottes dont l'une porte une graduation correspondant au diaphragme, tandis que la seconde sert à faire glisser l'un sur l'autre deux prismes en verre violet à bases opposées, dont la superposition forme un écran de transparence variable, suivant l'épaisseur du verre coloré que la lumière a à traverser, l'ensemble des deux prismes restant d'épaisseur constante.

Pour évaluer le temps de pose, on place l'index de la réglotte des diaphragmes sur le chiffre correspondant à l'ouverture de l'objectif, on vise dans l'œilleton l'objet à photographier, et l'on tire la réglotte des prismes jusqu'à ce que l'objet visé disparaisse presque complètement. On n'a plus alors qu'à lire, sur la graduation extérieure, le temps de pose exprimé en secondes et fractions de seconde. Cette graduation comprend quatre index qui correspondent aux plaques lentes, rapides, extra-rapides et ultra-rapides.

Les photomètres optiques font connaître en un instant le temps de pose, mais, comme les indications qu'ils fournissent dépendent d'une sensation physiologique, elles sont parfois entachées de quelque incertitude. L'impression que produit la lumière sur la rétine est variable d'un opérateur à l'autre : l'un pourra encore apercevoir une lueur dans le photomètre, quand un autre n'y distinguera rien. Cette impression n'est même pas constante pour le même opérateur : l'état de repos ou de fatigue de l'œil influence plus ou moins l'appréciation, et un observateur qui est resté longtemps en pleine lumière extérieure ne verra pas dans le photomètre le même degré d'opacité que celui qui sort à peine d'un appartement peu éclairé. Toutefois, il est assez facile de tenir compte de cette cause d'erreur, puisqu'on est prévenu que l'œil ébloui juge la lumière plus faible

qu'elle n'est réellement et a une tendance à prendre un temps de pose trop long. Du reste, il suffit de fermer les yeux pendant quelques instants, avant l'observation photométrique, pour que la vue soit notablement reposée de l'éclat de la lumière ambiante. Si la visée dure un peu longtemps, l'œil s'accommode peu à peu à la diminution de lumière, et finit par percevoir de nouveau les détails à travers le verre foncé.

Il faut aussi tenir compte des couleurs du sujet et de la différence qui existe entre la sensibilité chromatique de notre œil et celle des émulsions, même orthochromatiques. Notre œil est surtout sensible au vert, au jaune et au rouge orangé, tandis que le gélatinobromure l'est principalement au bleu, au violet et même à l'ultra-violet que nous ne voyons pas du tout. C'est pour compenser cette différence que les prismes du photomètre de Degen sont en verre violet.

D'autres photomètres, comme le *Lios*, produisent l'assombrissement par la fermeture progressive d'un iris admettent le flux de

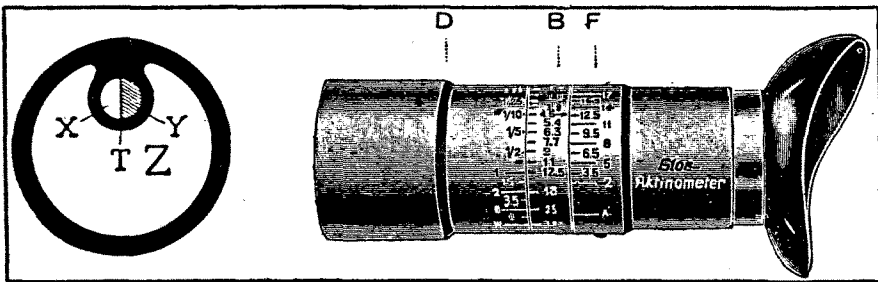


Fig. 54. — Photomètre *Lios*, de Schlichter. A gauche, le champ tel qu'il apparaît dans l'appareil avant que l'on ait fait tourner le tube D jusqu'à égalisation des champs X et Y et la disparition du bleu. Le tube tournant F sert à régler l'instrument d'après la sensibilité de la plaque.

lumière sur un verre dépoli diffuseur. D'autre part, comme il peut y avoir incertitude sur le choix des détails qui disparaîtront dans l'assombrissement (un blanc très vif ou un coin de ciel resteront perceptibles jusqu'à la fin), il y a des photomètres où l'on fait disparaître par assombrissement une ou plusieurs lucarnes découpées dans la paroi obscure. On peut aussi, par déplacement de verre teinté, abaisser le ton général de l'image jusqu'à l'intensité d'une des teintes-repères portées par l'appareil, et dont chacune est accompagnée

de l'indication du temps de pose qui convient pour l'objectif d'ouverture donnée. Enfin mentionnons que si la plupart des photomètres optiques sont faits pour viser le sujet même au travers d'eux (*Diaphot*, *Justaphot*, etc.), d'autres, comme le Decoudun, se posent sur le verre dépoli, et sont ainsi éclairés non par l'objet, mais par son image.

Le *Posophotomètre* « *Filmograph* » évite l'erreur due à l'accoutumance de l'œil, en faisant viser à travers le prisme dégradé assom-

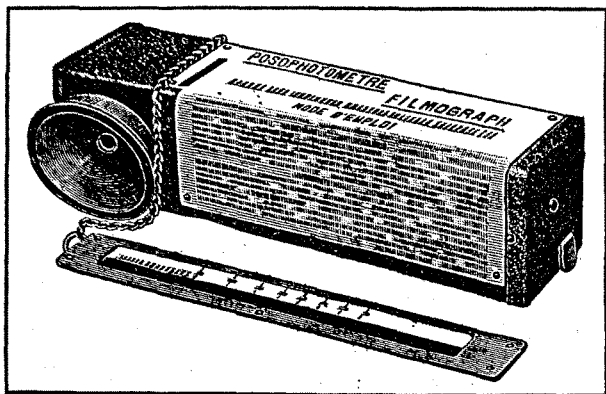


Fig. 55. — Le posophotomètre *Filmograph* (en dessous, son coin à opacité progressive et graduée).

brissant, non pas le sujet, mais le filament incandescent d'une lampe de poche, dont un rhéostat permet de corriger les variations d'éclat provenant de l'état de la pile. Quand le filament paraît suffisamment assombri pour ne plus se détacher en clair sur le sujet (visé sans interposition du verre sombre),

le coin dégradé qui a coulissé indique par sa position la luminosité correspondante. L'accoutumance oculaire a joué pour le filament aussi bien que pour le sujet.

Les *actinomètres* (de  $\alpha\kappa\tau\acute{\iota}\varsigma$ , rayon, et  $\mu\acute{\epsilon}\tau\rho\nu$ , mesure) font connaître le temps de pose d'après celui qu'emploie à prendre une teinte déterminée, un papier sensible à la lumière, dirigé vers le sujet. Ils sont basés sur ce fait d'expérience que, si notre œil ne sait pas apprécier exactement le rapport existant entre deux tons différents, il juge assez bien si deux tons contigus sont ou non identiques. A cet effet, une bande de papier sensible est enfermée dans une boîte percée d'une ouverture sur les côtés de laquelle sont peintes deux teintes peu différentes l'une de l'autre. Le papier exposé au jour brunit progressivement et, avant de noircir, passe successivement par les deux teintes servant d'étalons comparatifs. On arrête l'opération quand le papier, ayant légèrement dépassé la

teinte la plus claire, n'a pas encore atteint la teinte la plus foncée. Connaissant le temps qui s'est écoulé pour passer du blanc pur à cette teinte moyenne, il est très facile d'en déduire le temps de pose : il suffit de consulter une table dans laquelle il est tenu compte de l'ouverture de l'objectif et de la sensibilité des principales marques de plaques. Cette table est généralement gravée sur le boîtier même de l'instrument. L'actinomètre de Wynne est un des plus anciens et des plus répandus. Le *Chronopose* « Exact » de Cannevel est un modèle français apprécié.

Le *pose-mètre*, de Watkins (fig. 56), est un actinomètre. Le mode d'emploi en est bien facile : on dirige vers le sujet à reproduire l'ouverture sous laquelle on aperçoit le papier sensible ; on tire la bande de papier, de manière à découvrir une nouvelle surface non encore impressionnée, entièrement blanche, par conséquent, et l'on consulte une montre, afin de savoir le temps qui s'écoulera avant que le papier ait pris la teinte voulue. Ce temps une fois connu, le temps de pose est donné par la table qui accompagne l'instrument.

Les indications ainsi recueillies sont assez sûres, du moins dans le milieu de la journée. A l'aurore et au crépuscule, il faut se méfier de la différence que présentent pour les rayons de différentes couleurs la sensibilité du papier et celle des émulsions. Il existe cependant des actinomètres où cette différence a été prévue. C'est ainsi que le *pose-mètre* de Watkins est construit avec un cadran spécial pour les plaques autochromes.

Le *Chronoscope P. A. P.* est un véritable petit appareil photographique chargé de papier très sensible, et à objectif rudimentaire, mais ultra-lumineux. On le braque vers le sujet pendant un nombre déterminé de secondes, puis on regarde rapidement et à l'ombre à laquelle des teintes-repères jointes à l'instrument, est comparable la teinte générale de l'image obtenue.

On peut reprocher aux actinomètres la lenteur avec laquelle le papier prend la coloration voulue, quand il est dirigé vers un sujet faiblement éclairé. Ce papier spécial est pourtant aussi sensible



Cl. Kodak.

Fig. 56. — Actinomètre.

que possible, tout en ne se modifiant pas avec le temps et l'humidité. Enfin, il est parfois incommode de tenir l'instrument constamment braqué dans la même direction, pendant que l'on consulte sa montre, surtout s'il faut en même temps surveiller et maintenir la chambre noire ébranlée par le vent.

**Temps de pose des sujets en mouvement.** — On désigne sous la dénomination très impropre d'*instantanés* les phototypes exécutés en moins d'une seconde. Quand il s'agit de reproduire un sujet en mouvement, le temps de pose déterminé d'après les indications précédentes serait presque toujours trop long pour avoir une image nette. Le temps de pose est alors déterminé d'après le déplacement apparent du sujet. Le plus souvent, le cliché impressionné dans ces conditions sera sous-exposé, mais on pourra y remédier, dans une certaine mesure, à l'aide d'un développement bien conduit, et l'essentiel est d'obtenir une image dont les contours ne soient pas doublés ou déformés.

Le déplacement apparent du sujet dépend non seulement de sa vitesse réelle, mais encore de sa distance et de la direction dans laquelle il se déplace. Un objet qui s'avance vers l'objectif ou qui s'en éloigne se déplace apparemment beaucoup moins vite qu'un objet qui passe perpendiculairement à l'axe optique. L'image d'un objet éloigné étant plus petite que celle d'un objet rapproché, il est clair que le déplacement du premier est moins apparent que celui du second, à vitesses réelles égales. D'autre part, la netteté recherchée dépend du maximum que l'on veuille tolérer comme largeur de flou (généralement  $1/10$  de millimètre pour les clichés documentaires et de petit format,  $1/4$  ou  $1/5$  pour les formats plus grands ou les épreuves non destinées à servir de mines de détails); et aussi de la longueur focale de l'objectif. De là quelques indications des vitesses qu'il convient de donner à l'obturateur, suivant la nature du sujet et les circonstances de la pose.

Une vitesse d'obturation de  $1/25$  de seconde suffit pour les objets qui se déplacent très lentement et se trouvent placés à une distance 200 fois supérieure à la distance focale. C'est dans ces conditions que peuvent être photographiés les navires dans le port, les vagues lentes, le bétail au pâturage. Pour le portrait, le modèle peut être approché jusqu'à 20 fois la distance focale.

En  $1/50$  de seconde, on peut reproduire des scènes dont le mou-

vement est lent, un homme en marche transversale à une distance 250 fois supérieure à la focale de l'objectif (son image sur le verre dépoli n'a pas plus de 1 centimètre). On peut reproduire aussi des scènes plus rapides, si l'objet mobile se déplace obliquement, et, à plus forte raison, s'il s'approche ou s'il s'éloigne de l'appareil.

L'instantané à  $1/100$  de seconde permet de prendre des chevaux au galop, à la distance de 250 fois la focale, s'ils viennent vers l'opérateur. La même vitesse est applicable aux vagues rapides, aux coureurs passant en travers de l'axe optique, à 500 distances focales.

En réduisant l'exposition à  $1/300$  de seconde, on reproduit des scènes de rue, des chevaux galopant obliquement par rapport à l'axe optique, des cyclistes à allure modérée et à une distance 200 fois plus grande que la focale employée.

Enfin, les obturateurs fonctionnant à  $1/500$  et à  $1/1\ 000$  de seconde sont nécessaires pour aborder la photographie des chevaux de course, des automobiles et des trains en marche, des oiseaux ou des aéroplanes en plein vol.

\* \* \*

**Prise du sujet.** — Le mise au point étant réglée, on ferme l'objectif, soit en plaçant le bouchon sur le parasoleil, soit en armant l'obturateur. On remplace ensuite le verre dépoli par le châssis, et l'on ouvre le volet pour démasquer la plaque. Cette manœuvre a généralement pour effet d'ébranler plus ou moins la chambre noire montée sur un pied pliant, dont la rigidité laisse presque toujours à désirer. Il importe donc que les vibrations ainsi communiquées à l'appareil aient cessé avant d'ouvrir l'objectif, sans quoi les contours des images seraient doublés. Il en serait de même si l'on retirait trop brusquement le bouchon. L'obturation par commande mécanique est bien préférable, car, si le mécanisme en est bien équilibré, il n'y a point de secousse au moment de l'ouverture. De plus, l'opérateur n'est plus obligé de regarder l'objectif et peut concentrer toute son attention sur le sujet à reproduire.

Si l'on se sert d'un appareil à main, on veillera à son horizontalité, au moment de la pose, en jetant un coup d'œil sur le niveau d'eau, avant de presser la détente.

**Artifices divers.** — Dans les reproductions de paysages, une

difficulté résulte souvent de la grande différence de luminosité entre les diverses parties du tableau. Il arrive que les lointains sont surexposés, tandis que les premiers plans ont reçu une pose à peine suffisante ou même manquent de détails dans les ombres. Pour le même motif, les détails du ciel sont masqués par la surexposition, ou bien, si l'on abrège l'exposition de manière à reproduire fidèlement le modelé des nuages ou les graduations délicates d'un ciel pur, alors c'est le terrain qui n'est plus détaillé et présente des contrastes trop durs, sans demi-teintes.

Le moyen d'y remédier est connu depuis longtemps. Il suffit d'employer un obturateur à volet, comme celui de Guerry, et de le faire fonctionner lentement : le volet s'ouvrant de bas en haut, il est facile de comprendre que les premiers plans poseront dès le début et jusqu'au dernier instant, donc plus longuement que les lointains, et que le ciel ne sera démasqué que pendant un instant beaucoup plus court.

L'obturateur de Guerry est abandonné des touristes, parce qu'il est trop volumineux. On arrive au même résultat à l'aide d'une lamelle opaque montée devant le haut de l'objectif et qui, suivant sa position, arrête plus ou moins les radiations venues du ciel; le bord inférieur en est dentelé, de manière à adoucir les contrastes à proximité de la ligne de démarcation. Il faut éviter de placer cette lamelle trop près du centre optique. En effet, si elle se trouvait dans une position voisine des diaphragmes, elle n'aurait d'autre effet que de diminuer la quantité de lumière transmise par l'objectif; le temps de pose en serait prolongé, et toutes les parties de l'image s'en trouveraient également assombries. Plus la lamelle est éloignée de l'objectif, plus son interposition est efficace pour déterminer une différence d'impression entre le haut et le bas de l'image. Si l'objectif est de forme très courte, s'il n'est pas muni d'un parasoleil, il ne faudra pas placer la lamelle directement contre la lentille frontale, mais bien sur une bague additionnelle qui allongera légèrement la monture. Il ne faut pas non plus exagérer l'écartement, car la partie supérieure du tableau finirait par ne plus être du tout impressionnée. On peut d'ailleurs ne laisser cet écran que pendant une partie de la pose, que l'on termine à pleine ouverture de l'objectif. Or vend depuis quelques années des écrans transparents à faces bier planes et parallèles, en *verre dégradé* : jaune dans la partie supérieure

ce qui affaiblit les rayons émis par le ciel et l'horizon, et devenant incolore dans leur moitié inférieure, qui laisse arriver intégralement la lumière moins intense des premiers plans.

C'est à l'aide d'une disposition analogue que sont obtenus ces portraits-bustes en dégradé sur fond noir, que l'on appelle ordinairement *fond russe*. Le modèle pose devant un panneau noir, et l'objectif est muni d'un tube à l'extrémité duquel est disposé un *dégradateur*. On désigne sous ce nom une plaque percée d'une ouverture dont la forme se rapproche de celle du buste et de la tête. Comme elle est placée assez loin du plan focal, ses contours se dessinent très flous, très estompés, sur le verre dépoli.

Les vignettes sur fond blanc exigent l'emploi d'un dégradateur pendant le tirage positif, mais généralement on estompe préalablement la partie inférieure au moment de la pose, à l'aide d'un écran partiel interposé en avant de l'objectif. L'appareil d'atelier représenté figure 1 (V. p. 17) porte, à sa partie antérieure (partiellement masquée par l'avant-corps), un cadre destiné à recevoir des planchettes évidées pour les portraits-vignettes.

Nous parlerons plus loin (p. 538) des photographies truquées où le même personnage figure dans plusieurs positions.

Nous avons dit que pour compenser les différences d'actinisme entre les diverses couleurs émises par le sujet, les plaques orthochromatiques dont la couche n'est pas colorée en jaune exigent presque toujours l'interposition d'un écran de même couleur. Le meilleur moyen de réaliser une compensation parfaite est d'employer l'écran liquide qui a été décrit au chapitre précédent; mais cette solution n'est pas pratique en excursion, et la plupart des photographes préfèrent se servir d'un écran en verre coloré, à surfaces exactement planes et parallèles. Ainsi que nous l'avons dit, il est préférable que la lame colorée soit de la gélatine, cellophane, etc., très mince, et non le verre même.

**Lumière artificielle.** — Nous avons déjà parlé (p. 101) de la lumière artificielle utilisée dans l'atelier. Mais là ne se limitent pas ses applications : les reproductions d'intérieurs, la photographie au théâtre, dans les grottes, les souterrains, les mines, en exigent l'emploi, et il n'est pas jusqu'aux fonds sous-marins qui n'aient été explorés par la plaque sensible, grâce à son concours.

Dans les industries photomécaniques, les reproductions sont



généralement exécutées à la lumière électrique, qui possède sur le magnésium l'avantage de la continuité joint au silence et à l'absence de fumée. L'arc voltaïque, surtout en vase clos, donne un éclairage très actinique et économique. Depuis quelques années, on utilise aussi la lampe à mercure, de Cooper-Hewitt, dont la lumière blafarde, assez désagréable à la vue, est pourtant très riche en rayons chimiques et se prête on ne peut mieux aux opérations photographiques et cinématographiques. Son peu d'étendue spectrale, réduite à la région verte, bleue et violette, permet d'employer des objectifs n'ayant besoin que d'un achromatisme réduit facile à obtenir en laissant une grande ouverture.

Dans l'emploi du magnésium, il est rare qu'on n'éclaire le sujet que par un seul foyer : les images obtenues dans de semblables conditions se montreraient trop dures, les contrastes en seraient exagérés, et les demi-teintes manqueraient. Aussi dispose-t-on d'ordinaire plusieurs sources de lumière, combinées de manière à produire un éclairage plus doux. Si toutes les sources de lumière se trouvent du même côté du modèle, on donnera un léger éclairage au côté opposé, à l'aide d'écrans blancs qui réfléchiront la lumière en la diffusant. Si l'on répartit les sources lumineuses de chaque côté du sujet, il faudra éviter qu'elles s'y trouvent en nombre égal à droite et à gauche, car on tomberait alors dans le défaut contraire, et l'éclairage serait trop plat. On disposera, par exemple, trois lampes à droite et une seule à gauche ou *vice versa*.

Le nombre des foyers, la quantité de poudre à brûler, dépendent évidemment de l'étendue de la scène à reproduire et, s'il s'agit d'un intérieur, de la couleur des parois. Pour un portrait, la lumière bien diffusée d'une seule lampe pourra suffire, tandis que pour une vaste nef, un hall, un jardin, il en faudra une dizaine et même bien davantage. Les scènes photographiées la nuit (rues, salles de spectacle ou de bal) comportent généralement des foyers lumineux réverbères, candélabres, girandoles, lampions, etc.), qui seront visible sur la photocopie et qui détermineraient un halo, si l'on faisait usage de plaques ordinaires. On aura donc soin, en pareil cas, de n'employer que des plaques anti-halo.

Parfois, la lumière artificielle est combinée avec la lumière de jour, et certains artistes ont produit de la sorte des œuvres très remarquées. C'est ainsi qu'il est possible d'obtenir de beaux poi

traits dans une chambre ordinaire. Le modèle étant éclairé de face par la fenêtre, si l'appareil est placé entre le modèle et la fenêtre, on n'aura qu'une image sans relief. Mais, si l'on dispose, à droite ou à gauche du modèle, un peu plus haut que sa tête, une lampe à magnésium, cet éclairage supplémentaire convenablement dosé donnera au modelé tout le relief nécessaire. Les contrastes seront très accusés si la pose est très réduite, parce que l'éclairage latéral sera alors prépondérant; si, au contraire, la pose est prolongée et la charge de magnésium réduite, alors c'est l'éclairage de face qui fournira l'effet prédominant, et les contrastes seront adoucis.

C'est également en combinant la lumière diurne avec l'éclair magnésique que l'on réalise les effets de lampe ou de foyer. La source de lumière artificielle est dissimulée, soit sous l'abat-jour d'une lampe à pétrole, soit à l'intérieur d'une cheminée, à la place qu'y occupe d'ordinaire le combustible. L'éclair est allumé à l'aide d'une transmission pneumatique ou électrique, le tube de caoutchouc ou les fils conducteurs étant soigneusement dissimulés, de manière à demeurer invisibles sur l'épreuve. Le sujet semble ainsi éclairé par la lampe ou par le feu que l'on suppose allumé dans la cheminée, et, en même temps, l'éclairage de face venu de la fenêtre atténue les contrastes, qui seraient trop heurtés si la scène n'était éclairée que par la combustion du magnésium.

#### OUVRAGES A CONSULTER

F. DILLAYE, *Principes et Pratique d'art en photographie. Le paysage*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

F. BOISSONNAS, *Essai de Photographie binoculaire*, Paris (Ch. Mendel), 1900.

BERGERET et DROUIN, *Les Récréations photographiques*, Paris (Ch. Mendel), 1894.

C. DUVIVIER, *La prise du cliché et le choix de la composition*, Paris (de Francia).

H. EMERY, *La Photographie artistique*, Paris (Ch. Mendel), 1900.

J. CARTERON, *Le Paysage en photographie*, Paris (de Francia), 1913.

G.-E.-M. GAUTHIER, *La Représentation artistique des animaux*, Paris (Ch. Mendel), 1894.

A. MAZEL, *La Photographie artistique en montagne*, Paris (Ch. Mendel), 1902.

C. PUYO, *Notes sur la photographie artistique*, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

H.-P. ROBINSON, *La Photographie en plein air*, 2 vol. (3<sup>e</sup> édition), Paris (Gauthier-Villars), 1899.

- ✓ H.-P. ROBINSON, *Les Éléments d'une photographie artistique*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
  - G. BRUNEL, *Variations et détermination du temps de pose en photographie*, Paris (Ch. Mendel), 1897.
  - E. GENET, *Le temps de pose en photographie*, Paris (P. Montel).
  - ✓ PH. CLARK, *Données numériques de Photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1928.
  - A. DE LA BAUME PLUVINEL, *Le Temps de pose*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.
  - A. LONDE, *La Photographie instantanée théorique et pratique*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1897.
  - L. VIDAL, *Calcul des temps de pose et Tables photométriques*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1884.
  - E. PITOIS, *Le Secret du temps de pose*, Paris (Librairie Delagrave), 1921.
  - ATÉ, *La table des temps de pose*, Paris (Mayo).
  - ✓ H. FOURTIER, *Les Lumières artificielles en photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1895.
  - ✓ A. LONDE, *La Photographie à l'éclair magnésique*, Paris (Gauthier-Villars), 1905.
  - ✓ A. LONDE, *La Photographie à la lumière artificielle*, Paris (O. Doin et fils), 1914.
  - ✓ A.-PIERRE PETIT, *La Photographie simplifiée et la Lumière artificielle*, Paris (Gauthier-Villars), 1903.
  - RIS-PAQUOT, *Manuel pratique de photographie à la lumière artificielle*, Paris (Ch. Mendel), 1904.
-

## CHAPITRE VII

## LE DÉVELOPPEMENT

**Image latente.** — Les sels d'argent qui n'ont été exposés à la lumière que pendant très peu de temps ne se distinguent pas, à première vue, de ceux qui ont été conservés dans l'obscurité. Ainsi une plaque au gélatinobromure impressionnée dans la chambre noire ne diffère apparemment en rien de ce qu'elle était auparavant. On n'y remarque aucune trace d'image, et cependant il est facile de la faire apparaître, à l'aide de divers réactifs. Le premier qui ait été employé (par Daguerre) était la vapeur de mercure, pour les plaques d'argent iodé.

On appelle *image latente* l'impression invisible déterminée par la lumière; *révélateurs*, les réactifs employés pour la rendre visible; et *développement*, l'opération par laquelle l'image est révélée. Cette image est *négative* : les ombres du modèle n'ayant pas impressionné l'émulsion lui laissent son aspect primitif, clair, tandis que les parties correspondant aux blancs se trouvent noircies par le révélateur. Le développement achevé, l'image est fixée dans une solution d'hyposulfite de soude, qui dissout le bromure d'argent que le révélateur n'a pas décomposé. Les noirs du sujet se trouvent ainsi représentés par la gélatine transparente, tandis que les gris et les blancs sont traduits par l'argent réduit à l'état métallique, d'autant plus opaque que l'impression lumineuse a été plus intense.

La nature de l'image latente a soulevé des controverses qui durent encore et suggéré des hypothèses qu'il n'a pas été possible, jusqu'ici, d'étayer sur des bases inébranlables. Quelle est, au juste, la modification que subit le bromure d'argent rapidement exposé à la lumière? Pour les uns, c'est une action chimique, tandis que les autres y voient une action physique.

Les partisans de la théorie chimique supposent que l'action lumineuse réduit partiellement le bromure d'argent et le transforme en

un sous-bromure très instable, facilement décomposé par les révélateurs, qui sont des substances réductrices. Ces corps se combinent avec le brome, et l'argent est précipité à l'état métallique, si finement divisé qu'il est noir au lieu d'être brillant. Cette hypothèse est fondée sur les faits suivants.

1<sup>o</sup> L'action prolongée de la lumière suffit pour réduire complètement les sels d'argent; c'est du reste sur cette propriété qu'est fondé le tirage des épreuves sur papier à noircissement direct. Il est dès lors légitime d'admettre que le sel d'argent exposé à la lumière pendant un temps très court sera légèrement décomposé, trop peu sans doute pour qu'il nous soit possible d'y découvrir un changement d'aspect, mais assez cependant pour que cette faible réaction amorce une réaction plus complète.

2<sup>o</sup> Si l'on dissout dans l'hyposulfite de soude le bromure d'argent d'une plaque exposée dans la chambre noire et non développée, cette plaque devient entièrement transparente et n'accuse pas la moindre trace d'image. Cette image existe, néanmoins, et l'on peut la faire apparaître en la traitant par une solution d'acide gallique additionnée de nitrate d'argent. On en conclut que la lumière a décomposé une petite quantité de bromure d'argent, soit à l'état de sous-bromure, soit même à l'état d'argent métallique. Ce produit de la décomposition, insoluble dans l'hyposulfite, est resté dans la couche de gélatine, et, quoiqu'il y soit en trop faible quantité pour y être aperçu, il constitue des points d'attraction pour les molécules d'argent mises en liberté par l'action réductrice de l'acide gallique sur le nitrate d'argent.

A ces arguments, les partisans de l'action physique objectent :

1<sup>o</sup> Si l'action de la lumière sur le bromure d'argent était une action chimique, elle serait proportionnelle à sa durée, ou du moins serait d'autant plus complète qu'elle se serait exercée plus longtemps. Or, il n'en est rien : en prolongeant la pose au delà d'une certaine limite, on obtient des images ternes, grises, voilées, *solarisées*, et, si la surexposition est excessive, l'image finit par se renverser, les noirs se substituant aux blancs, et réciproquement. On arrive même à tirer parti de ce phénomène d'inversion pour obtenir des *contretypes* directs, c'est-à-dire pour avoir une image positive sans passer par l'intermédiaire d'un cliché négatif, comme nous le dirons plus loin (p. 375).

2° La lumière n'est pas le seul agent susceptible de provoquer une impression latente. Les corps radio-actifs et les émanations qui se dégagent de certaines substances exercent une action de même nature. C'est ainsi qu'une plaque peut être mise hors d'usage pour avoir séjourné dans un châssis fermé par un volet en zinc ou même en bois fraîchement enduit d'un vernis à base de térébenthine. Encore ces phénomènes ne seraient-ils pas absolument décisifs, puisqu'ils n'excluent pas toute action chimique, mais il y a plus. Le simple contact des doigts sur une émulsion sensible et même la pression d'un corps absolument inactif, comme une baguette de verre, suffisent pour déterminer des réductions locales, invisibles avant le développement, mais révélées de la même façon que l'impression lumineuse. Les bandes de papier plissé qui séparent les plaques empaquetées ensemble laissent, de même, des traces assez fréquentes de leur contact avec l'émulsion. C'est pourquoi il est recommandé de manipuler avec les plus grandes précautions les papiers au gélatinobromure : la moindre éraillure, le plus léger frottement, se trouvent accusés, au développement, par des traits noirs. L'action de la lumière pourrait donc avoir également pour effet de provoquer un ébranlement moléculaire : le bromure ne serait pas décomposé, mais se trouverait dans un état instable qui faciliterait sa décomposition par les révélateurs.

3° M. Dewar et les frères Lumière ont vérifié que la plaque photographique reste susceptible de s'impressionner à des températures extrêmement basses ( $-252^{\circ}$ ), voisines du zéro absolu, tandis que les affinités du fluor, considérées comme les plus puissantes, ne se manifestent déjà plus à  $-180^{\circ}$ . On est ainsi amené à admettre que la formation de l'image latente dérive non d'une action chimique, qui serait absolument paralysée à une si basse température, mais d'une action physique ou intra-atomique, comme c'est le cas de la radio-activité ou de la fluorescence, dont les manifestations sont indépendantes des conditions de température.

D'autres expériences, qu'il serait trop long d'énumérer, sont encore citées à l'appui ou à l'encontre de chacune des théories. Ce qu'il semble logique d'en conclure, c'est que l'action exercée par la lumière sur les sels d'argent est complexe. Les nombreuses recherches effectuées dans cette voie par le Dr Lüppo Cramer tendraient à établir qu'une exposition très courte aurait surtout pour effet de

modifier la structure moléculaire du composé sensible, en produisant de l'argent libre restant en solution solide à l'état colloïdal dans le sel d'argent en excès; mais que si l'action lumineuse est suffisamment prolongée, il se produit des modifications chimiques, d'ailleurs variables suivant la nature de l'émulsion (gélatine ou collodion) et suivant son degré de maturation.

Outre la lumière proprement dite (à longueur d'onde allant jusqu'au violet de 0,4 millièbre de millimètre), diverses autres influences peuvent transformer le sel d'argent : les radiations invisibles de très courte longueur d'onde (ultra-violet, rayons X de divers degrés de « dureté », radiations non matérielles du radium, thorium, uranium, etc., peut-être d'autres ondulations plus resserrées encore); la pression, l'effluve électrique, la chaleur, diverses émanations ou solutions chimiques, produisent aussi le noircissement, ou *voile*.

**Destruction de l'image latente. — Régénération. —**

L'impression lumineuse qu'a subie le bromure d'argent peut être détruite à l'aide de bains oxydants. Cette propriété permet d'utiliser les plaques *voilées*, c'est-à-dire exposées accidentellement à la lumière, et qui seraient perdues s'il n'était pas possible d'en effacer la réduction latente. Il arrive en effet — trop souvent — qu'une fausse manœuvre ou une erreur fassent ouvrir en plein jour un châssis ou une boîte de plaques, et que celles-ci, par conséquent, se trouvent instantanément voilées. Comme elles sont par ailleurs en bon état, on peut leur restituer leur sensibilité primitive, ou du moins voisine, en les immergeant (à la lumière rouge ou verte) dans un des bains suivants :

(Les plaques régénérées à l'aide des ces bains suivants sont toujours plus lentes qu'auparavant et ne se conservent pas très longtemps.)

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Bichromate de potasse. . . . .	30 gr.
Bromure de potassium. . . . .	15 —
B. Eau. . . . .	1 000 cc.
Ammoniaque. . . . .	50 gr.
Nitrate d'ammoniaque. . . . .	50 —
Bromure de potassium. . . . .	25 —

La plaque est d'abord laissée pendant cinq minutes dans la solution A, puis lavée abondamment et immergée dans la solution B, d'où

on ne la retire qu'au bout d'une demi-heure. On lave à nouveau, et on fait sécher dans l'obscurité.

On peut utiliser la formule suivante, qui est plus simple et permet d'obtenir des images à contrastes brillants :

Eau. . . . .	1 000 cc. ou 1 000 cc.	
Acide chromique . . . . .	5 gr.	10 gr.
Bromure de potassium. . . . .	10 —	15 —

La plaque est immergée dans cette solution pendant cinq minutes, lavée à l'eau courante et séchée aussi rapidement que possible, à l'abri de la lumière. On peut remplacer l'acide chromique par le même poids de bichromate de potassium. Sensibilité : 1/3 ou 1/4 de la primitive.

Autre formule :

Bromure de potassium . . . . .	6 gr.
Chlorure de cuivre . . . . .	50 —
Eau . . . . .	1 000 —

Immersion : dix minutes.

Autre formule :

Eau . . . . .	1 000 gr.
Bichromate de potassium . . . . .	5 —
Acide sulfurique pur . . . . .	10 cc.

Immersion : deux minutes. Laver, égoutter et sécher. La plaque ainsi régénérée est à peu près deux fois à deux fois et demie moins sensible que primitivement. Elle doit être employée dans la semaine.

M. L. Tranchant est arrivé à rendre aux émulsions voilées leur rapidité primitive, en les traitant par une solution d'urée. La plaque est d'abord plongée dans le bain régénérateur, qui détruit l'action de la lumière :

Eau . . . . .	100 cc.
Bromure de potassium . . . . .	3 gr.
Acide sulfurique . . . . .	1 —

Après trois minutes d'immersion, dans l'obscurité on la lave dans 8 eaux au moins, et on la passe dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Urée. . . . .	1 gr.



On l'y laisse cinq minutes, on l'égoutte sans la laver, et on la fait sécher lentement dans une boîte où s'accomplira la maturation.

\* \* \*

**Généralités sur le développement.** — Avant de décrire les méthodes proposées pour effectuer l'opération du développement, il est nécessaire de faire connaître les principales propriétés des révélateurs. Un grand nombre de substances sont susceptibles de révéler l'image latente, et on peut les doser de bien des manières. Aussi les formules de bains de développement sont-elles extrêmement nombreuses. Les citer toutes serait impossible et n'aurait d'ailleurs d'autre résultat que de rendre confuses les notions qu'il s'agit au contraire de clarifier. Nous n'indiquerons donc que les formules les mieux étudiées et dont les résultats sont les plus sûrs.

Tout révélateur est essentiellement un *réducteur*, c'est-à-dire avide d'oxygène : sa conservation est donc limitée, par la force même des choses. On avait pensé que cette action réductrice prenait à l'eau une partie de son oxygène, pour laisser de l'hydrogène libre qui allait se combiner au brome du bromure, isolant ainsi l'argent à l'état libre. Le bain préparé doit donc être conservé aussi à l'abri de l'air que possible : en flacons bien bouchés et pleins. Si le flacon doit rester entamé, on achèvera de le remplir en y mettant des billes de verre, ou simplement de petits cailloux lavés. Employer pour la préparation de l'eau privée d'air par ébullition. Un révélateur trop vieux est très lent, et donne non seulement dur et sans détails, mais voilé et avec des blancs jaunés.

Quel que soit le révélateur employé, l'opérateur devra observer quelques préceptes essentiels. La plaque ou la pellicule extraite du châssis est d'abord époussetée au blaireau, car les poussières déposées sur l'émulsion, même après la pose, pourraient occasionner des points transparents. Il faudra la préserver soigneusement de la lumière, même de celle que fournit la lanterne à verres rouges ou verts, car les émulsions actuelles sont extrêmement sensibles pour la plupart tant qu'elles sont sèches. Une fois bien imbibées par le révélateur, leur sensibilité sera très diminuée. Néanmoins il sera prudent de couvrir la cuvette d'une planchette ou d'un carton, au début du développement.

La plaque est immergée dans le révélateur, *la gélatine en dessus* : si elle reposait contre le fond de la cuvette, elle risquerait d'y adhérer, et en tout cas ne se développerait que très peu aux endroits de contact, formant des zones claires très marquées. Pour que l'action du bain soit régulière, il est nécessaire d'agiter la cuvette pendant le développement. Si le liquide restait immobile, on remarquerait sur la couche soit des dépôts pulvérulents, soit des stries et des marbrures qui risqueraient de compromettre le cliché. Un léger mouvement communiqué à la cuvette suffit amplement pour éviter ces précipités, et, comme on emploie généralement des bains assez concentrés, à l'aide desquels le développement est achevé au bout de cinq ou six minutes, le balancement de la cuvette n'offre aucun inconvénient.

Les pellicules en ruban long sont un peu difficiles à manier dans les liquides ; on ne doit jamais les laisser s'y enrouler en cylindres ou se vriller en spirale, car les parties en contact produiraient des taches et adhérences irrémédiables. On en tient les deux extrémités entre le pouce et l'index de chaque main (ou mieux, par deux pinces à ressort), et en les montant et les descendant alternativement, sans tendre la pellicule mais en la laissant former une courbe (chaînette) qui trempe dans la cuvette, on la fait circuler continuellement dans le bain. Cette manipulation est facilitée si le film passe sous un rouleau de verre de 15 millimètres environ de diamètre, reposant librement dans la cuvette (il en est de spéciales, à fond demi-cylindriques). On a aussi employé des tambours tournants, sur jante desquels est fixée la pellicule, et qui trempent dans la cuvette par leur partie inférieure.

Les révélateurs doivent être employés, autant que possible, à la température de 16° à 18° environ. Plus froid, le bain n'est pas assez actif, son action est lente et conduit à des images ternes et dépourvues d'intensité. Plus chaud, il développe rapidement, mais risque de voiler le négatif et d'occasionner le décollement de la gélatine. Cependant le décollement sera évité si l'on prend la précaution de passer tout autour de la plaque, avant de l'immerger, un corps gras quelconque, un morceau de chandelle par exemple, appliqué sur les bords de la couche de manière à y dessiner un liséré imperméable à l'eau, large de 2 millimètres. Les divers révélateurs sont inégalement modifiés dans leur action par les variations de température.

S'il n'est pas possible, pendant l'été, de refroidir le révélateur au-dessous de 25°, on pourra durcir au préalable la couche de gélatine dans une solution à 5 p. 100 d'alun de chrome.

*Développement dans l'eau pure* (pour le voyage). — Si l'on prévoit l'impossibilité de s'approvisionner de révélateur au cours d'un voyage, on peut enduire le dos des plaques (au cabinet noir, évidemment), de la composition suivante, qui se dissoudra dans une cuvette d'eau pure en constituant un révélateur :

Acide pyrogallique . . . . .	10 gr.
Acide salicylique . . . . .	1 —
Dextrine . . . . .	10 —
Alcool. . . . .	4 cc.
Eau. . . . .	20 —

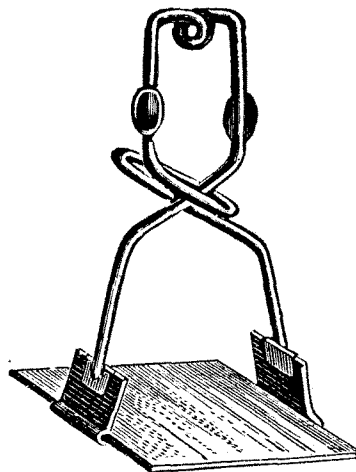
Certains révélateurs tachent les doigts, d'autres provoquent, à la longue, un eczéma assez douloureux. Les taches s'enlèvent facilement par des lavages à l'acide chlorhydrique dilué, ou par application de permanganate de potassium en solution au millième, puis de bisulfite de soude en solution commerciale étendue de 1 à 2 volumes d'eau. Ce traitement est applicable au linge ou aux vêtements tachés de révélateur. Quant à l'eczéma, on le guérit par l'application d'une des trois pommades suivantes :

I. Turbith minéral (sous-sulfate de mercure). . . . .	1 gr.
Précipité blanc (protochlorure de mercure) . . . . .	1 —
Bioxyde jaune mercurique. . . . .	0,5 —
Vaseline pure . . . . .	60 —
II. Lanoline . . . . .	10 gr.
Ichtyol. . . . .	5 —
Vaseline blanche. . . . .	15 —
Acide borique. . . . .	20 —
III. Lanoline . . . . .	40 gr.
Acide phénique . . . . .	1 —
Oxyde de plomb. . . . .	2,5 —
Azotate de mercure . . . . .	2 —

On chauffe doucement et on mélange avec une spatule en bois. Les doigts enduits de l'une de ces pommades sont recouverts d'un gant pendant la nuit.

Ces remèdes sont assez efficaces, mais il est préférable d'éviter

d'en avoir besoin, en employant des moyens préventifs bien simples. On n'a qu'à faire usage de doigtiers en caoutchouc, qui permettent de manipuler les plaques sans que la peau soit en contact avec le révélateur. Pour soulever plus facilement la plaque, on se sert de crochets en corne qui s'adaptent à l'index. On peut aussi tenir le cliché à l'aide de pinces (fig. 57) qui dispensent d'employer le doigtier ou le gant de caoutchouc. Pour sortir les plaques de la cuvette où elles baignent, on a fait de petites bascules coudées qui s'ajustent par pince sur le bord de la cuvette. Enfin, le plus simple est de s'en tenir aux révélateurs qui n'occasionnent ni taches ni accidents cutanés (paramidophénol, par exemple).



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 57. — Pince à clichés.

Une disposition différente est adoptée pour le développement des *films* de cinématographe. Comme il s'agit dans ce cas de bandes de très grande longueur, on les enroule en spires parallèles juxtaposées sur de grands cylindres que l'on fait tourner au-dessus d'une longue cuvette demi-cylindrique. L'inconvénient de ce mode de manipulation est que la surface sensible reste à l'air entre deux immersions, ce qui favorise beaucoup le voile chimique; on peut l'éviter par la désensibilisation préalable (p. 193).

#### Composition et caractères des principaux révélateurs.

— Les substances révélatrices n'agissent pas seules : le révélateur à l'hydroquinone, par exemple, ne contient pas que de l'hydroquinone. Le développement exige la présence de certains *adjuvants*, soit pour accélérer l'action réductrice, soit pour la modérer, soit pour empêcher la coloration de la gélatine. De là la complexité de la plupart des formules de révélateurs et la nécessité d'en modifier la composition suivant les circonstances. Tous, sans exception, contiennent du *sulfite* de sodium (dit, à tort, sulfite de soude). Ne pas le confondre avec le *bisulfite* (acide). Ce sel, oxydable, se transforme assez vite en sulfate, qu'il soit en poudre ou en solution. Dans le premier cas, le conserver en flacons bien bouchés, le débouchage étant effectué si possible à l'air bien sec. Pour les solutions, employer

de l'eau *bouillie* (et non pas filtrée), partiellement refroidie dans le flacon bouché, et non en large récipient; il est préférable que cette solution, pour pouvoir se conserver en attendant son emploi, soit très concentrée (20 p. 100 à 18°, 44 p. 100 à 40°), et additionnée d'une faible quantité (1/2 gramme au litre) d'hydroquinone ou de paramidophénol. Au moment de l'emploi, on ramènera au degré de concentration voulue par addition d'eau : pour passer de 20 p. 100 à 3 p. 100, on verse 3 centimètres cubes de la solution concentrée et l'on ajoute de l'eau jusqu'à obtenir 20 centimètres cubes. Ajoutons que le sulfite *crystallisé* (en cristaux translucides) est de moins bonne conservation à sec que le sulfite *anhydre*, et, vu sa teneur en eau, doit être employé en poids exactement double. Il est d'ailleurs deux fois moins cher.

Les paragraphes suivants ont pour objet de faire connaître le mode de préparation des principaux révélateurs, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

\* \* \*

**Révélateur à l'adurool.** — La formule normale, applicable à un phototype exactement posé, est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Adurool . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 —
Carbonate de soude . . . . .	80 —
Bromure de potassium . . . . .	1 —

En cas de sous-exposition, on augmentera légèrement la quantité de carbonate; le développement sera alors accéléré, et le cliché moins heurté, mais il faut éviter l'excès de sel alcalin, qui risquerait de voiler l'image. Si la pose a été trop longue, on ajoutera un peu de bromure, qui ralentit le développement, augmente les oppositions et permet de corriger les excès de pose même considérables. L'adurool est un dérivé chloré de l'hydroquinone, plus énergique et moins oxydable. Il est très peu ralenti par le froid, non plus que par le bromure de potassium. Il est extrêmement soluble dans l'eau (100 p. 100).

Ce révélateur se conserve pendant quelque temps en flacon bien bouché et se colore peu, ne dépassant pas la teinte jaune pâle. Il ne tache pas les doigts et ne colore pas la gélatine. Il fournit des

clichés vigoureux, dans un temps assez court, avec peu de tendance au voile. L'image est d'une bonne nuance noire, avec une gamme très régulière de tons. Il convient également bien au portrait, au paysage et à la reproduction du trait. Le même bain peut servir pour plusieurs plaques, mais alors son énergie s'affaiblit, et le développement s'effectue plus lentement.

Ce révélateur, de fabrication allemande (Hauß), est aujourd'hui peu employé en France.

**Révélateur à l'amidol ou diamidophénol.** — Formule normale :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 gr.
Diamidophénol (chlorhydrate). . . . .	5 —

Cette solution ne se conservant que peu de temps, il ne faut la préparer qu'au moment de l'emploi (la solution de sulfite, plus concentrée, est faite à l'avance, et pour l'emploi on y ajoute, après dilution, le diamidophénol en poudre puisé avec une petite cuiller à moutarde, qui en pèse 1/2 gramme avec une suffisante précision). Si, au cours du développement, on s'aperçoit que le cliché manque de pose (les premiers détails doivent apparaître au bout de 15 à 20 secondes), on ajoute au bain normal une solution concentrée de sulfite de soude, sans cependant dépasser le double de la quantité indiquée ci-dessus. Si, au contraire, on reconnaît qu'il y a eu excès de pose, on étend rapidement le bain de son volume d'eau et on y ajoute du diamidophénol, et un peu de solution de bromure sans dépasser le triple de la dose normale<sup>1</sup>. Il convient toutefois de remarquer que ce révélateur agit trop rapidement pour permettre la correction des erreurs de pose à ceux qui ne sont pas très familiarisés avec son emploi. Son principal avantage est de développer sans le secours

1. On peut également corriger l'excès de pose par addition de bromure de potassium ou de bisulfite de soude. Cette dernière combinaison constitue le révélateur au diamidophénol *en liqueur acide*, dont les avantages ont été peut-être exagérés par divers auteurs, mais qui fournit néanmoins des clichés brillants et bien modelés (BALAGNY). Nous en donnons ci-après une formule :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	3 gr.
Diamidophénol . . . . .	0,5 —
Bisulfite de soude (solution commerc.) . . . . .	5 cc.
Solution à 10 p. 100 de bromure de potassium. . . . .	3 —

d'aucune substance alcaline caustique susceptible d'abîmer la gélatine. Il est d'une préparation et d'un maniement très simples, et fournit des clichés très harmonieux, remarquablement fouillés, d'un gris noir à grain très fin pur et brillant. Il convient bien pour le portrait; c'est aussi le révélateur de choix pour les papiers au bromure. Son peu de souplesse (l'adjonction de bromure de potassium ne ralentit guère son action) le rend peu maniable pour les débutants, et exige une pose très exacte.

Pour les papiers, et même pour les diapositives, abaisser la quantité de sulfite à 20 grammes par litre, et ajouter 5 à 10 centimètres cubes d'une solution de bromure de potassium à 10 p. 100.

La solution peut être conservée pendant quelques jours, dans des flacons pleins, bien bouchés et à l'abri de l'humidité. Malgré ces précautions, elle ne tarde guère à s'altérer : le bain brunit et perd son activité.

Le révélateur au diamidophénol ne colore pas la gélatine, mais les doigts et surtout les ongles de l'opérateur finissent, à la suite d'une longue manipulation, par prendre une teinte rose ou, parfois jaune brun. On fera facilement disparaître cette coloration, en plongeant, le plus tôt possible après l'emploi du révélateur, les doigts tachés dans une solution d'hypochlorite de chaux ou de potasse (chlorure de chaux ou eau de Javel). On évitera d'ailleurs ces taches si l'on prend les précautions indiquées p. 159 (doigtier de caoutchouc, crochet, pinces, etc.).

**Révélateur au chloranol.** — Ce produit (A. et L. Lumière) est une combinaison de métol et de chlorohydroquinone, qui peut se passer d'alcali comme la métoquinone des mêmes fabricants, mais est plus soluble et moins oxydable à l'air, tant en solution qu'en poudre, ce qui en fait un bon développeur lent en cuve verticale. Il s'emploie poids pour poids au lieu de la métoquinone dans la même formule (v. p. 170).

**Révélateur au crésophénol.** — Faire dissoudre, dans l'ordre indiqué :

Eau bouillie, quantité suffisante pour faire. . . . .	1 litre.
Crésophénol . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre. . . . .	50 —
Carbonate de soude anhydre . . . . .	50 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100 . . . . .	2 à 3 cc.

Si les plaques ont une tendance à donner des images dures, on ajoutera 5 grammes de lithine caustique, et l'on doublera la quantité d'eau.

Ce révélateur a été indiqué par M. Bouillaud, comme convenant tout particulièrement aux portraits exécutés à la lumière artificielle. Il donne des négatifs brillants, bien fouillés, sans empâtement et de grain très fin. La correction des écarts de pose s'obtient facilement en modifiant la formule normale : en cas de surexposition, on diminuera la dose de carbonate; on l'augmentera dans le cas contraire. La sous-exposition sera également corrigée en ajoutant du crésophénol ou en diminuant le bromure.

**Révélateur à la diamidorésorcine.** — Formule normale :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 gr.
Diamidorésorcine . . . . .	10 —

Cette solution ne doit être préparée qu'au moment de l'emploi, car elle perd assez rapidement son énergie. On emploie peu aujourd'hui ce révélateur, dont les propriétés, sont à peu près les mêmes que celles du diamidophénol. Cependant la diamidorésorcine a l'avantage d'être sensible à l'action du bromure de potassium, qui retarde la venue de l'image et permet ainsi de corriger facilement la surexposition. Quand le phototype apparaît trop rapidement et se montre voilé, on n'a qu'à ajouter au bain quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 p. 100. Si, au contraire, on s'aperçoit que le cliché est sous-exposé, on ajoutera du sulfite de soude, sans toutefois dépasser le double de la dose normale.

Ce révélateur tache les mains, mais ne colore pas la gélatine. Les taches seront enlevées de la même manière que celles qu'occasionne le diamidophénol. Il est peu employé.

**Révélateur à l'édinol.** — Formule normale (Bayer) :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Édinol . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	40 —
Phosphate tribasique de soude . . . . .	60 —

Ces proportions peuvent être modifiées dans une large mesure, ce qui donne une grande élasticité à ce révélateur et le rend applicable aussi bien aux instantanés qu'aux phototypes surexposés.



Pour accélérer le développement, corriger la sous-exposition ou atténuer les contrastes du sujet, on augmente la dose de phosphate tribasique (qui peut être remplacé par un carbonate alcalin ou par la soude caustique). Pour ralentir le développement, corriger un excès de pose ou obtenir une image très vigoureuse, on diminue la quantité de phosphate, ou de l'alcali qui le remplace, et on augmente la quantité d'édinol.

Ce révélateur, voisin du paramidophénol mais moins énergique, n'est guère employé qu'en Allemagne. Il n'exerce aucune action nuisible sur la peau.

**Révélateur au glycin (ou Iconyl).** — Le grand intérêt de ce révélateur est d'être presque inoxydable, ce qui le désigne pour le développement lent<sup>1</sup>. Il n'emploie que très peu de sulfite.

Préparer séparément les deux solutions suivantes :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	15 gr.
Glycin . . . . .	10 —
B. Eau . . . . .	500 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	100 gr..

Pour un développement normal, on prendra 4 parties de A et 1 partie de B. Pour corriger un excès ou augmenter les contrastes, on prendra un peu plus de la solution A et un peu moins de la solution B. On fera l'inverse pour corriger un manque de pose ou pour adoucir le modelé. Ces modifications permettent d'obtenir à volonté des clichés très vigoureux ou, au contraire, d'une extrême douceur.

Formules en un bain :

Eau . . . . .	1 000 cc. ou 1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	65 gr.   45 gr.
Carbonate de potasse . . . . .	90 —   40 —
Glycin . . . . .	20 —   8 —
Bromure de potassium . . . . .	1 —

1. Formule pour développement lent en cuve verticale (durée : une heure environ) :

Eau bouillie . . . . .	p. f. 100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	2 gr.
Glycin . . . . .	2 —
Carbonate de potassium . . . . .	51 —

Après dissolution complète, compléter à 1 litre avec de l'eau bouillie.

**Révéléateur à l'hydramine.** — Formule normale :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hydramine . . . . .	5 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	15 —
Lithine caustique . . . . .	3 —

On fait dissoudre dans l'eau, d'abord le sulfite et la lithine<sup>1</sup>, puis l'hydramine. Le mélange est agité jusqu'à dissolution complète, sans s'inquiéter des flocons légers qui subsistent quand on ne se sert pas d'eau distillée et qui n'ont aucune influence nuisible sur les phototypes.

La surexposition est corrigée en ajoutant un peu de bromure de potassium en solution à 10 p. 100. L'effet modérateur est déjà sensible lorsqu'on verse 1 centimètre cube de cette solution dans 100 centimètres cubes de révélateur.

La sous-exposition est corrigée en ajoutant quelques gouttes d'une solution de lithine caustique à 1 p. 100.

Le révélateur à l'hydramine se conserve bien en solution; son action énergique à faible dose permet de n'employer qu'une petite quantité des substances qui le constituent pour préparer un bain concentré susceptible de développer plusieurs clichés, jusqu'à épuisement; son action graduelle le rend particulièrement propre au développement des clichés posés et même surexposés, d'autant plus que sa grande sensibilité aux bromures alcalins permet de corriger facilement des excès de pose. Il ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts.

MM. Lumière préparent le révélateur à l'hydramine en remplaçant le sulfite de soude et la lithine par un produit spécial qu'ils nomment *formosulfite* (combinaison de formolène et de sulfite de soude). La formule normale devient alors :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Formosulfite . . . . .	70 gr.
Hydramine . . . . .	5 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100 . . . . .	10 cc.

**Révéléateur à l'hydroquinone.** — Ce révélateur, un des plus anciens (Abney, 1880), a comme caractéristiques de donner des

1. Il faut conserver en flacon bien bouché la lithine caustique, qui devient inefficace en absorbant l'acide carbonique contenu dans l'air.

contrastes très marqués, ce qui le réserve pour les reproductions de documents au trait; d'être très sensible au bromure, et aussi à la température : au-dessous de 13°, il est à peu près inactif. L'image cesse vite de gagner en intensité. Formule normale :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hydroquinone . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	40 —
Carbonate de soude anhydre . . . . .	55 — <i>45</i>

L'action de ce bain est retardée par le bromure de potassium; elle est accélérée soit en augmentant la dose de carbonate alcalin, soit en y ajoutant quelques gouttes d'essence de térébenthine<sup>1</sup>.

Le révélateur à l'hydroquinone peut servir plusieurs fois, mais fonctionne de plus en plus lentement. L'image est pure, avec des blancs bien transparents; sa nuance est d'un brun noir; son grain manque de finesse, et les contrastes sont facilement exagérés par la sous-exposition, qui se traduit par des effets très durs et des noirs opaques. Aussi l'associe-t-on le plus souvent avec le métol, ou génol, qui a des caractères opposés : ce qui donne un excellent révélateur, très maniable. On l'a aussi associée à l'amidol, au glycin.

Le solution brunit à l'air, mais ne tache pas les doigts.

**Révélateur à l'iconogène.** — Préparer les deux solutions :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude . . . . .	60 à 75 gr.
Iconogène . . . . .	15 —
B. Eau . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de soude . . . . .	150 gr.

La formule normale comprend 75 centimètres cubes de A et 25 centimètres cubes de B. En cas de surexposition, on diminuera la quantité de B. On l'augmentera, au contraire, en cas de sous-exposition, sans dépasser le quadruple de la dose normale. En cas d'incertitude, on commencera dans 90 centimètres cubes A + 15 centimètres cubes B.

1. Quelques gouttes de teinture d'iode constituent, pour l'hydroquinone, un bon accélérateur. Elle adoucit les images qui viennent trop dures.

Formule en un seul bain :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	75 gr.
Carbonate de potassium. . . . .	25 —
Iconogène. . . . .	10 —

Le révélateur à l'iconogène n'est plus guère employé qu'en Allemagne, surtout pour le portrait, car il fournit des clichés gris bleu, très doux, brillants, à grain fin. La solution verdit, à l'air, puis brunit. Elle tache les doigts en rose.

**Révélateur à l'hydroquinone et à l'iconogène.** — Les deux révélateurs précédents ayant des propriétés tout opposées (l'hydroquinone fournit des images vigoureuses, mais dures, tandis que l'iconogène en fournit de très douces, mais dépourvues de vigueur), on a préparé un révélateur combiné, généralement à l'aide de deux solutions :

A. Eau bouillie . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude cristallisé . . . . .	150 gr.
Iconogène . . . . .	16 —
Hydroquinone . . . . .	4 —
B. Eau bouillie . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	40 gr.

Pour les instantanés, on mélange 3 parties de A avec 1 partie de B; on ajoutera un peu de carbonate pendant le développement, si on le juge nécessaire. Pour les clichés posés, on augmente la quantité d'eau et on emploie très peu de carbonate.

Autre formule, pour développement à deux cuvettes :

A. Eau bouillie . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude cristallisé . . . . .	150 gr.
Iconogène . . . . .	15 —
Hydroquinone . . . . .	5 —
B. Eau bouillie . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	50 gr.

Une des cuvettes contiendra 100 centimètres cubes de A et 10 centimètres cubes de B; une autre, 10 centimètres cubes de A pour 100 centimètres cubes de B.

**Révéléateur au métol (ou génol, ou vitérol).** — Préparer les deux solutions :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Métol ou génol . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude . . . . .	100 —
B. Eau . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	100 gr.

*(Dissoudre toujours le métol avant le sulfite.)*

Le révélateur normal sera composé en mélangeant 3 parties de A et 1 de B. La dose de carbonate sera augmentée si le cliché manque de pose, et diminuée s'il est surexposé.

Le métol donne des clichés très fouillés dans les ombres, délicats et harmonieux, rarement intenses. L'image apparaît tout à coup dans son entier, et non pas progressivement. Elle est d'abord légère, grise, mais gagne en vigueur progressivement, et l'on peut développer très à fond sans craindre la dureté, car l'action s'arrête quand elle a donné son maximum. Le phototype est noir et d'un grain fin. La solution se conserve bien et ne s'oxyde que lentement. Elle ne tache pas, mais à cause d'une impureté (une diamine) qui l'accompagne souvent, elle peut provoquer des accidents cutanés : c'est surtout le métol de certaines usines allemandes qui occasionne l'eczéma dont nous avons parlé, ainsi que des inflammations assez douloureuses. Ces accidents doivent être évités en touchant le moins possible le bain révélateur et en manipulant les plaques à l'aide de pinces ou de crochets. Si on ne peut les éviter, on appliquera sur les doigts une des pommades indiquées page 158.

Formule en un seul bain (concentré) :

Eau . . . . .	500 gr.
Sulfite de soude . . . . .	75 —
Métol . . . . .	8 —
Carbonate de potassium . . . . .	40 —
Bromure de potassium . . . . .	1 —

Pour l'emploi, ajouter 2 à 4 volumes d'eau. Pour avoir des négatifs doux, réduire le carbonate à 15 ou 20 grammes, et diminuer ou supprimer le bromure.

Le principal inconvénient du métol est d'agir trop rapidement au début et de produire un voile superficiel, qui ne nuit pas à l'harmoni-

nie du phototype, mais qui rend difficile le contrôle du développement. C'est un des révélateurs le moins sensibles aux variations de température.

**Révéléateur à l'hydroquinone et au métol.** — Les propriétés du métol étant, à peu près comme celles de l'iconogène, opposées aux propriétés de l'hydroquinone, la combinaison de ces deux révélateurs offre des avantages analogues à ceux du révélateur à l'iconogène et à l'hydroquinone. On aura le modelé très harmonieux et les ombres remarquablement fouillées qui caractérisent le développement au métol, joints à la vigueur, à l'intensité propres à l'hydroquinone. Ce révélateur fonctionne bien dans de grandes limites de température. L'image augmente régulièrement d'intensité pendant plus longtemps qu'avec l'hydroquinone seule, et moins prématurément qu'avec le seul génol. C'est en somme un révélateur très maniable et très complet, convenant à tous les cas, et qui est extrêmement employé. C'est lui qui constitue la grande majorité de ceux qui sont vendus tout préparés en flacons.

On préparera les deux solutions :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude . . . . .	34 gr.
Métol . . . . .	11 —
Hydroquinone . . . . .	14 —
B. Eau . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	18 gr.

Pour une pose ordinaire, on prendra 1 partie de A et 3 de B; pour clichés surexposés, 1 partie de A, 2 de B et quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 p. 100. Pour clichés sous-exposés, on augmentera la dose de carbonate de potasse.

Autre formule en un seul bain (pour plaques posées normalement) :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Sulfite de soude . . . . .		25 gr.
Carbonate de potassium . . . . .		15 —
Hydroquinone . . . . .		3 —
Métol . . . . .		3 —

Pour clichés sous-exposés, porter jusqu'à 60 grammes le sulfite et le carbonate; métol 4 grammes, hydroquinone 2 grammes.

**Révéléateur à la métoquinone.** — La métoquinone, dont la

préparation est due à MM. Lumière, est une combinaison définie de la base du métol avec l'hydroquinone, et non pas un simple mélange physique de ces deux substances. Le révélateur à la métoquinone présente des avantages bien caractérisés. Il peut être utilisé, comme le dianidophénol, sans addition d'alcali. La formule normale est alors très simple :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Métoquinone . . . . .	9 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	67 —

Autre formule, agissant moins vite :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Métoquinone . . . . .		5 gr.
Sulfite de soude . . . . .		30 —

En cas de légère sous-exposition, ajouter 5 grammes de carbonate de soude ou 10 centimètres cubes d'acétone, mais avec 1/2 gramme à 1 gramme de bromure de potassium pour empêcher le grisaillement.

Pour avoir des clichés doux (portraits) :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Métoquinone . . . . .		2 gr.
Carbonate de soude . . . . .		20 —
Sulfite de soude anhydre . . . . .		100 —

On peut étendre de 1 à 2 volumes d'eau.

Si le cliché manque beaucoup de pose, l'énergie du révélateur peut être augmentée par addition d'un carbonate alcalin, ou d'un alcali caustique, ou encore de phosphate tribasique de soude, de formosulfite, d'acétone, sans que l'image risque d'être voilée. Ainsi, les instantanés pourront être développés dans l'un des bains suivants :

	I	II	III	IV
Eau . . . . .	1 000	1 000	1 000	1 000
Métoquinone . . . . .	9	9	9	9
Sulfite de soude anhydre . . . . .	60	60		60
Phosphate tribasique de soude. . . . .	10			
Acétone. . . . .		30		
Formosulfite . . . . .			60	
Lithine caustique . . . . .				5

La formule IV est celle qui donne le révélateur le plus énergique, mais nous signalons que la lithine doit être conservée à l'abri de l'air, dont elle absorbe avidement le gaz carbonique en devenant peu à peu un sel presque inactif. Le révélateur à la métoquinone est sensible à l'action retardatrice du bromure de potassium. En cas de surexposition, on ajoutera donc au bain normal quelques gouttes d'une solution de bromure à 10 p. 100. On obtient ainsi des noirs très vigoureux et des blancs très purs.

La solution se conserve bien, même en flacons non bouchés, sans altération appréciable, et ressort plusieurs fois, jusqu'à épuisement. Elle ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts.

**Révélateur à l'ortol<sup>1</sup>.** — Préparer les deux solutions :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Métabisulfite de potassium . . . . .	8 gr.
Ortol . . . . .	15 —
B. Eau . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de soude . . . . .	120 gr.
Bromure de potassium . . . . .	1 —
Sulfite de soude . . . . .	180 —
(Parfois : solution d'hyposulfite de soude à 5 p. 100 . . . . .)	10 cc.)

Pour un cliché normalement posé, on prend des parties égales de A et de B. Avec 2 parties de A et 1 de B, les clichés sont plus vigoureux; avec 1 partie de A et 2 de B, ils sont plus doux. On peut employer comme accélérateur une solution de potasse caustique à 10 p. 100, et comme modérateur, une solution de bromure de potassium à 10 p. 100.

La facilité avec laquelle ce révélateur se prête aux modifications le rend très élastique, et, sous ce rapport, on peut le comparer au pyrogallol, sur lequel il a le double avantage de ne pas tacher les doigts et de n'être pas vénéneux. Il donne des phototypes intenses, mais sans oppositions heurtées, d'un grain très fin, très fouillés dans les ombres et d'un noir chaud tirant légèrement sur le brun. La solution se conserve bien en flacons bouchés. On ne peut lui reprocher que la complexité de sa composition, qui rend son maniement moins commode que celui du pyrogallol. Sa souplesse ne

1. Ce produit, qui est une combinaison de l'hydroquinone, est une poudre cristalline non blanche, mais rougeâtre, très soluble dans l'eau.



dépassant pas celle de plusieurs autres, ce révélateur n'est à peu près employé qu'en Allemagne (Andresen).

**Révélateur à l'oxalate ferreux.** — C'est un des plus anciens révélateurs (Eder, 1879), et il n'a plus guère qu'un intérêt historique, étant tout à fait insuffisant dans les cas de sous-exposition, et en outre de préparation complexe. Les solutions suivantes seront préparées avec de l'eau distillée, ou, à défaut, avec une eau peu calcaire :

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Oxalate neutre de potasse . . . . .	300 gr.
B. Eau bouillie. . . . .	1 000 cc.
Sulfate de protoxyde de fer. . . . .	300 gr.
Acide tartrique. . . . .	10 —
C. Eau. . . . .	100 cc.
Bromure de potassium. . . . .	10 gr.

Les solutions A et C se conservent indéfiniment. La solution B s'altère rapidement dans l'obscurité par l'oxydation du sulfate ferreux qui se transforme en sulfate ferrique; elle se conserve mieux à la lumière, surtout si le flacon contient un fil de fer ou quelques clous. Le mélange des solutions A et B ne doit être effectué qu'au dernier moment : verser lentement, et en agitant constamment, B dans A (et non l'inverse) : on obtient une liqueur rouge limpide. La quantité de solution B ne doit pas dépasser le tiers de la quantité de solution A. Si l'on dépassait cette dose, on provoquerait la formation d'un précipité insoluble, qui tacherait l'image. Il est d'ailleurs rarement nécessaire d'employer le maximum indiqué. Pour une plaque normalement posée, on prend généralement 4 ou 5 parties de A pour 1 partie de B, et l'on ralentit même l'action du révélateur, en y ajoutant soit quelques gouttes de la solution C, soit une certaine quantité de bain déjà utilisé pour une précédente opération. Si la plaque est surexposée, on augmentera naturellement la proportion de bain vieux ou la quantité de bromure. Si, au contraire, elle est sous-exposée, il sera parfois nécessaire d'employer la plus grande quantité possible de sulfate de fer. On prendra donc 3 parties de A, 1 de B, et l'on supprimera la solution C. Si le bain ainsi composé manque encore d'énergie, on y ajoutera *quelques gouttes* d'une solution d'hyposulfite de soude à 1 p. 100, mais avec beaucoup

de précaution, car le moindre excès de cet accélérateur (particulier au révélateur à l'oxalate) provoque un voile intense et des réductions à reflets métalliques.

Ce révélateur, universellement employé autrefois, est de plus en plus abandonné depuis quelques années, bien qu'il fournisse des images vigoureuses, claires et d'une tonalité noire. Il ne colore pas la gélatine, mais il produit sur le linge des taches de rouille.

**Révélateur au paramidophénol.** — Le paramidophénol est employé soit à l'état de base libre, soit à l'état de chlorhydrate. Dans le premier cas, la formule type est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	150 gr.
Lithine caustique . . . . .	8 —
Paramidophénol (base libre). . . . .	20 —

On fait dissoudre dans l'eau d'abord le sulfite de soude, puis la lithine, et enfin le paramidophénol. On agite jusqu'à dissolution complète. Les flocons légers qui se forment quelques instants après n'offrent aucun inconvénient.

Dans le second cas, la formule normale est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Chlorhydrate de paramidophénol. . . . .	5 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	25 —
Carbonate de potasse. . . . .	25 —

Cette solution est un peu moins active que la première, mais convient néanmoins, comme elle, aux clichés instantanés. Le paramidophénol possède en effet une grande énergie développatrice, qu'il est d'ailleurs facile de modérer, si c'est nécessaire, en l'additionnant d'eau. Ce révélateur est peu sensible aux variations de température. Il donne des images d'un brun jaune, brillantes et d'un grain fin. La solution se conserve bien et peut servir à développer successivement plusieurs plaques, mais en perdant, bien entendu, de son activité. Elle ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts. C'est celui qui est le plus recommandable pour les pays chauds; il est généralement excellent pour les diapositives à ton noir. Il peut être préparé en solution très concentrée (*Rodinal*, *Paraminol*), que l'on étend de 30 à 40 volumes d'eau. C'est le révélateur-type pour l'explorateur; il peut travailler à plus de 30° en lui ajoutant 10 à 15 p. 100 de sulfate de sodium (non pas de *sulfite*).

**Révéléateur à la paraphénylènediamine. — Formule :**

Eau . . . . .	1 000 gr.
Paraphénylènediamine . . . . .	10 —
Sulfite de soude anhydre . . . . .	60 —

Ce révélateur est très lent : une demi-heure est généralement nécessaire pour que le cliché atteigne l'intensité voulue. Très peu oxydable, il se prête bien au développement lent. Il ne s'applique qu'à des phototypes notablement surexposés et n'est utilisé que lorsqu'il s'agit d'obtenir une image à *grain très fin* à l'aide d'une émulsion dont le grain est relativement grossier. Si le cliché n'a pas subi un excès de pose, l'image est peu intense et voilée. On peut avoir plus de vigueur et d'intensité en ajoutant du carbonate. L'emploi de ce révélateur est donc très limité; il est surtout indiqué dans les cas où le cliché est destiné à être agrandi à une très forte échelle. En prolongeant suffisamment l'exposition, on obtient une image de tonalité agréable, d'un gris d'acier très doux et très finement détaillée. Il provoque fréquemment l'eczéma des doigts.

**Révéléateur à la pyrocatechine. — Préparer les deux solutions :**

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude . . . . .	100 gr.
Pyrocatechine . . . . .	25 —
B. Eau . . . . .	1 000 cc.
Potasse caustique . . . . .	100 gr.

Pour un cliché normalement posé, on prendra 1 partie de A et 2 de B. En cas de sous-exposition, on augmentera la dose de solution B; on la diminuera en cas d'excès de pose. L'élasticité de ce bain permet de corriger de notables écarts de pose. C'est un bon révélateur surtout pour les instantanés : il développe rapidement, et sans voile; à presque tous les points de vue il ressemble à l'hydroquinone, mais son action est peu influencée par les variations de la température. Il donne des clichés très brillants et d'une bonne nuance, brun foncé, très doux, mais à grain un peu fort. La solution brunit lentement et ne tache ni les mains ni les plaques; elle en tanne notablement la gélatine.

**Révéléateur au pyrogallol. —** Le pyrogallol ou acide pyrogallique a pu être surnommé le « roi des révélateurs », en raison de

la perfection des images qu'il donne et surtout de son incomparable élasticité, qui le rend applicable aux clichés dont on ignore totalement le temps de pose. Son inconvénient unique est de s'altérer rapidement, en absorbant l'oxygène de l'air et en prenant une coloration d'un brun jaune qui se communique à l'émulsion et aux doigts de l'opérateur. Cependant, on évite ce défaut en remplaçant le carbonate par l'acétone, en ajoutant au bain une quantité suffisante de sulfite de soude et en l'utilisant immédiatement. Il n'est donc pas de bonne conservation, et ne se vend pas tout préparé, du moins prêt à l'emploi. Il n'est pas à employer avec les plaques anti-halo, dont il risque d'insolubiliser la sous-couche colorée.

L'extrême souplesse de ce révélateur le fait employer suivant un procédé particulier, qui sera décrit plus loin, et qui consiste essentiellement à composer le bain suivant la venue de l'image. Les modifications que l'on fait de minute en minute à son dosage rendent difficile l'indication d'une formule normale. Néanmoins, nous donnons celle du révélateur concentré de MM. Lumière et Seyewetz :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	20 gr.
Pyrogallol . . . . .	4 —

Pour l'usage, on prend :

Solution ci-dessus . . . . .	25 cc.
Eau . . . . .	75 —
Acétone. . . . .	0 à 10 — (maxim.)

Si l'on craint que la plaque ne soit surexposée, on n'ajoutera l'acétone que goutte à goutte. Signalons que l'acétone dissout le celluloïd : il ne faut donc pas l'employer avec les pellicules, ni dans les cuvettes en celluloïd moulé.

Ce révélateur, s'oxydant rapidement, ne sert qu'une seule fois. Il est donc relativement coûteux. Le pyrogallol est une poudre blanche très fine et légère.

Autre formule (bain en deux solutions).

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Acide pyrogallique . . . . .	30 gr.
Bisulfite de soude (solution commerciale). . . . .	10 cc.

B. Eau. . . . .	1 000 cc.
Carbonate de sodium anhydre . . . . .	35 gr.
Sulfite de sodium anhydre . . . . .	75 —
Bromure de potassium. . . . .	5 —

Pour l'usage normal : 10 centimètres cubes de A, 20 centimètres cubes de B, 80 centimètres cubes d'eau. — Pour clichés surexposés, 5 centimètres cubes de A contre 10 à 30 centimètres cubes de B, 80 centimètres cubes d'eau. — Pour forte surexposition, augmenter de moitié la dose de B dans le bain normal.

\* \* \*

**Révélateurs physiques.** — Les réactifs dont les formules viennent d'être données sont des *révélateurs chimiques* : ils décomposent directement le bromure d'argent impressionné, et l'image est constituée par l'argent primitivement contenu dans le gélatino-bromure et précipité à l'état métallique par l'action réductrice. Le *développement physique* est celui qui s'effectue lorsqu'on met en présence de la couche sensible un réducteur additionné d'un sel d'argent soluble. Le révélateur contiendra, par exemple, du pyrogallol, de l'acide tartrique et du nitrate d'argent. Le pyrogallol décompose le nitrate d'argent, et l'argent ainsi précipité se dépose sur les points de la couche sensible qui ont reçu l'impression lumineuse, et en quantités d'autant plus fortes que l'impression a été plus intense. Les points impressionnés constituent donc autant de centres d'attraction pour le dépôt argentique, et ce phénomène attractif, d'ordre physique, se poursuit régulièrement, car les particules d'argent précipité forment à leur tour des centres d'attraction, qui renforcent de plus en plus l'image. L'acide tartrique sert de modérateur; on peut le remplacer par un autre acide organique, l'acide citrique par exemple.

Le développement physique était autrefois toujours employé, à l'exclusion du développement chimique, pour révéler les images au collodion humide, dont la couche conservait un excès de nitrate d'argent. Aujourd'hui, les révélateurs physiques ne sont utilisés, en dehors des plaques au collodion (photogravure), que dans quelques cas exceptionnels : développement après fixage, renforcement à l'argent, développement des papiers à noircissement direct.

Le Dr Lüppo Cramer a composé un développement physique applicable au gélatinobromure :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide citrique . . . . .	100 gr.
Métol. . . . .	20 —
Chlorure de sodium. . . . .	0,6 —
ou : citrate de sodium . . . . .	25 —

Au moment de s'en servir, 80 centimètres cubes de cette solution sont mélangés avec 5 à 10 centimètres cubes d'une solution de nitrate d'argent à 10 p. 100. Ce révélateur donne de meilleurs résultats avec les émulsions très lentes qu'avec les émulsions rapides. Il convient, en particulier, aux travaux photomicrographiques qui exigent des images de contexture très fine. Le révélateur est rejeté après avoir servi une seule fois. La cuvette doit être très propre, et la plaque ne doit pas être sous-exposée.

\*  
\* \*

#### LA PRATIQUE DU DÉVELOPPEMENT

**Méthodes de développement.** — Quel que soit le révélateur adopté, l'opération du développement peut être conduite de diverses manières, selon le résultat à atteindre, selon les goûts du photographe ou les nécessités particulières de son installation. Nous analyserons donc, dans les derniers paragraphes de ce chapitre : le développement *contrôlé*, le développement *rationnel* ou *méthodique* (en particulier le procédé au pyrogallol), le développement *en deux cuvettes*, le développement *lent*, le développement *chronométré*, le développement *à durée fixe*, le développement *en machine*, le développement *en pleine lumière*, le *développement-fixage* et le développement *après fixage*. Quant aux manipulations à effectuer après le développement, pour achever le phototype, elles feront l'objet du chapitre suivant.

**Développement contrôlé.** — La plaque immergée dans le révélateur<sup>1</sup> est examinée à la lueur de l'éclairage inactinique. Au

1. L'immersion doit être assurée en une à deux secondes, sans quoi les parties recouvertes tardivement par le bain seraient plus faibles et formant

bout de dix à trente secondes, l'image commence généralement à se dessiner. Si elle apparaît avec un modelé bien gradué, ni trop terne ni trop heurté, il n'y a qu'à laisser agir le révélateur et attendre que le négatif ait acquis l'intensité voulue. Pour bien en juger, quand tous les détails ont paru, on sort de temps à autre la plaque de la cuvette et on l'examine par transparence. La plaque a perdu beaucoup de sa sensibilité après une minute d'immersion, on peut donc l'examiner à loisir et très près de la lumière rouge. Le cliché doit être assez opaque, car il faut tenir compte de la transparence qu'il prendra pendant le fixage, par suite de la dissolution du bromure d'argent resté inattaqué.

Le moment où le révélateur a assez agi, est difficile à estimer pour les débutants, et c'est un des points qui les embarrassent le plus. On peut dire qu'il faut pousser le développement jusqu'à ce que le cliché soit *un peu trop noir* : blancs commençant à se voiler très légèrement, ombres empâtées et où l'on ne distingue plus grands détails. On a aussi indiqué de s'arrêter quand les grandes oppositions (contour du ciel par exemple) commencent à pouvoir s'apprécier au dos de la plaque; mais cela dépend de la marque, c'est-à-dire de l'épaisseur et de la nature de la couche émulsionnée. Voir enfin p. 186 le *développement chronométré*.

Quand l'intensité nécessaire est atteinte, on lave la plaque rapidement, mais avec soin et on la plonge dans le fixateur, constitué par une solution d'hyposulfite de soude à 15 ou 20 p. 100.

Si l'image tarde trop à se révéler, ou si elle apparaît défectueuse, dure, insuffisamment détaillée, ou, au contraire, si elle se montre très rapidement, avec un aspect gris, terne, ou noircie uniformément par un voile de surexposition, alors il convient de modifier immédiatement la composition du révélateur.

Les photographes qui ont à développer dans une seule séance un grand nombre de clichés font souvent usage de trois cuvettes contenant l'une un révélateur très énergique, la seconde un révélateur de composition normale, et la troisième un révélateur affaibli.

---

des zones claires. On incline la cuvette et pose un bord de la plaque contre l'arête ainsi mise à sec, puis on lâche la plaque en laissant la cuvette revenir à l'horizontale. On peut aussi immerger préalablement la plaque une à deux minutes dans l'eau pure.

La plaque est d'abord plongée dans le bain d'activité moyenne : si elle s'y développe bien, on laisse le phototype s'intensifier; si l'image y apparaît trop vite, on s'empresse de la retirer et de la plonger dans le bain faible; si, au contraire, elle ne se développe pas, ou si les détails dans les ombres font défaut, on la transporte dans le bain le plus actif. C'est ainsi, par exemple, que le révélateur au diamidophénol pourra être préparé en trois solutions d'activités décroissantes :

	I	II	III
Eau . . . . .	100	100	100
Sulfite de soude anhydre . . . . .	6	3	1,5
Diamidophénol . . . . .	0,5	0,6	0,75

Le révélateur au diamidophénol ne se conservant pas, l'emploi d'une triple dose pour une seule plaque est coûteux. Cette combinaison ne convient donc pas à l'amateur qui n'a qu'un ou deux clichés à développer dans la même séance. Il vaut mieux, dans ce cas, modifier le bain contenu dans la cuvette. Si l'on fait usage d'un révélateur susceptible de se conserver, comme l'hydroquinone ou le métol, on aura soin de garder en réserve le bain qui a servi et se trouve naturellement affaibli. Il n'y aura dès lors qu'à mélanger ce bain partiellement épuisé avec un bain neuf, en proportions variables suivant les circonstances de la pose et l'effet à obtenir.

Mais, si l'on n'a pas de bain vieux, ou si l'on emploie un révélateur qui ne se conserve pas, comme l'acide pyrogallique, il faudra nécessairement préparer à chaque séance un bain neuf et en modifier la composition selon les circonstances. A cet effet, il est nécessaire de connaître le rôle que jouent dans le développement les divers éléments constitutifs du révélateur dont on fait usage. Comme nous l'avons dit p. 162, le révélateur au diamidophénol est à peu près insensible à l'action modératrice des bromures, et s'oxyde trop rapidement en présence des accélérateurs alcalins. On ne peut donc en modifier l'activité qu'en changeant les proportions respectives du réducteur et du sulfite, comme l'indiquent les trois formules ci-dessus.

Si l'on emploie l'oxalate ferreux, la surexposition sera corrigée, encore assez mal, à l'aide de quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium ou d'ammonium. Les bains déjà utilisés ne



resserviront que s'ils sont de préparation assez récente. L'excès de pose est également corrigé en n'ajoutant que très peu de sulfate ferreux à la solution d'oxalate. En cas de sous-exposition, on en augmentera la dose, mais en aucun cas elle ne devra dépasser le tiers de la quantité d'oxalate. L'oxalate ferreux formé par la combinaison du sulfate ferreux et de l'oxalate de potasse ne se dissout plus dans l'excès d'oxalate de potasse, et dépose sur la plaque un précipité pulvérulent jaune rouge. Si cette quantité de sulfate ne suffit pas à révéler tous les détails, on pourra, comme nous l'avons dit (p. 172) suractiver le développeur en y ajoutant peu à peu *quelques gouttes* d'une solution d'hyposulfite de soude à 1 p. 100. Elle n'accélère d'ailleurs que le révélateur à l'oxalate ferreux, et reste sans action sur les autres. Dans les autres bains de développement, l'accélérateur est constitué par une substance alcaline : ammoniacale, carbonate de soude ou de potasse, soude ou lithine caustique.

Une forte concentration du bain permet aussi d'arriver plus vite à l'intensité voulue, mais joue un rôle tout différent, car elle tend à produire des images plus dures et moins bien détaillées, contrairement à l'effet de l'accélérateur proprement dit. C'est d'ailleurs pour ce motif que les instantanés sont parfois traités par des bains très dilués, comme on le verra à propos du *développement lent*. En effet, un bain n'agissant que très peu de temps n'imprime que la partie superficielle de l'émulsion.

L'influence de ces divers facteurs sera d'ailleurs mieux précisée en décrivant les particularités pratiques de la méthode de développement la plus rationnelle à l'aide du pyrogallol, qui passe, bon droit, pour le plus souple, sinon le plus énergique de tous les révélateurs connus.

### Développement rationnel ou méthodique au pyrogallol

— Le pyrogallol ne se conserve pas en solution aqueuse; même additionné de sulfite, il ne tarde pas à se colorer en jaune brun, s'oxydant, et communique alors cette coloration aux plaques. Il vaut donc mieux ne le faire dissoudre qu'au moment de l'emploi. On procédera de même pour le sulfite de soude, dont la solution s'altère également, le sel se transformant peu à peu en sulfate impropre au développement. La dissolution du sulfite, comme celle du pyrogallol, s'opère d'ailleurs instantanément, si ces substances sont p

lablement pulvérisées, et la préparation du révélateur au fur et à mesure des besoins ne nécessite aucune pesée. Le pyrogallol et le sulfite de soude seront donc conservés à l'état sec, en poudres fines dans des bocaux où l'on pourra puiser à l'aide d'une cuiller à moutarde en bois ou en verre. On aura, d'autre part, une solution saturée de carbonate de soude ou de potasse. L'ammoniaque ou l'acétone pourraient remplir le même rôle, mais nous ne conseillons pas d'employer ces produits, à cause de l'odeur qu'ils répandent dans le laboratoire, généralement exigü. Avec certaines émulsions facilement sujettes au voile, il est parfois utile d'ajouter au révélateur un peu de bromure de potassium, mais ce n'est pas indispensable, et, personnellement, nous y avons complètement renoncé, employant uniquement le pyrogallol, le sulfite en poudre et le carbonate de soude en solution saturée dans un flacon compte-gouttes.

La plaque extraite du châssis est placée dans une cuvette en porcelaine recouverte d'un carton qui préserve la couche sensible de la lumière émise par la lanterne. Dans un verre à bec, nous versons la quantité d'eau nécessaire pour bien recouvrir la plaque, soit environ 120 centimètres cubes pour le format  $13 \times 18$ . Nous y ajoutons 2 cuillerées de sulfite, 1 cuillerée de pyrogallol, et nous agitions vivement à l'aide d'une baguette de verre. Dès que les poudres sont dissoutes, nous laissons tomber dans le mélange 2 ou 3 gouttes de solution de carbonate, et le contenu du verre est versé dans la cuvette, que l'on agite aussitôt, afin que la plaque soit rapidement mouillée sur toute sa surface. Si, au bout d'une demi-minute, aucune trace d'image n'est apparue, on verse dans le verre un peu de carbonate et l'on y ajoute le contenu de la cuvette. On agite un peu le verre pour faciliter le mélange, que l'on reverse aussitôt dans la cuvette. Il est très important de ne pas verser directement la nouvelle dose de carbonate dans la cuvette<sup>1</sup> : il en résulterait presque toujours des taches. On examinera encore la plaque, et si, malgré cette addition de carbonate, l'image tarde encore à se montrer, on recommencera, en procédant de même. On ajoutera ainsi du carbonate, non

---

1. Cette recommandation est valable pour toutes sortes de bains : il ne faut jamais verser une solution nouvelle dans un bain contenant une plaque déjà immergée, le mélange ne pouvant jamais se faire de façon parfaite et immédiate. Il faut enlever d'abord la plaque, ou vider la cuvette dans un verre, y ajouter la nouvelle solution, puis reverser le tout sur la plaque.

seulement jusqu'à l'apparition de l'image, mais même jusqu'à ce que tous les détails soient venus, même dans les ombres.

Jusqu'ici, on s'est borné à regarder la plaque par-dessus. Quand tous les détails se sont dessinés, on sort la plaque de la cuvette et, la plaçant devant la lanterne, on l'examine par transparence. Si l'image ne paraît pas assez intense, il faut alors ajouter du pyrogallol. Bien entendu, la nouvelle dose de révélateur sera d'abord, comme ci-dessus, introduite dans le verre, où on la mélangera avec le contenu de la cuvette. Si cette nouvelle dose ne suffit pas pour amener l'image à la densité voulue, on recommencera, et l'on ajoutera alors non seulement du pyrogallol, mais aussi du sulfite et un peu de carbonate.

Les instantanés seront parfois assez longs à développer. Il faudra combattre la sous-exposition par des additions alternées de pyrogallol et de carbonate. Si le développement dure trop longtemps, on remarquera que le bain se colore de plus en plus; la solution d'abord limpide brunit progressivement, et cette teinte se communique à la gélatine : elle ne nuit pas à la qualité des épreuves, mais elle en retarde le tirage. Aussi vaut-il mieux l'éviter, en jetant le révélateur dès qu'il se colore sensiblement et en le remplaçant par une nouvelle solution, préparée comme la précédente. Le bain neuf a d'ailleurs l'avantage de ne point contenir de bromure, formé par la réduction du composé sensible; ce bromure affaiblit de plus en plus le révélateur, empêche les faibles détails de se développer et exagère les contrastes. On arrive par ce moyen à tirer parti de clichés très sous-exposés, qui auraient été inutilisables s'ils avaient été révélés autrement. Quand l'image se montre avec tous ses détails et une intensité suffisante, on lave la plaque et on l'immerge dans le fixateur.

Ce procédé peut sembler long et compliqué, parce que nous avons tenu à bien en préciser les détails. En réalité, il ne présente aucune difficulté sérieuse, et l'opérateur attentif ne tarde pas à s'en rendre maître et à en apprécier les ressources. Aucune autre méthode ne se prête avec une pareille souplesse aux divers cas qui se présentent dans le développement, soit que la pose ait été trop longue ou trop courte, soit qu'il s'agisse d'atténuer les contrastes d'un sujet trop heurté ou, au contraire, d'accentuer un modelé trop plat et de donner plus de vigueur à un sujet terne. Cette méthode n'est

pas, en somme, plus difficile à apprendre qu'une autre, les éléments n'en sont pas notablement plus coûteux, et les résultats ne sont pas comparables.

**Développement en deux cuvettes.** — Cette méthode est parfois désignée sous le nom de développement *automatique*. Ce qualificatif prête à confusion et serait d'ailleurs plus logiquement applicable au développement à durée fixe effectué dans certaines machines qui seront décrites plus loin. Le développement en deux cuvettes est, au contraire, un mode de développement contrôlé et constitue, en réalité, une variante du développement rationnel et méthodique.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de développer au pyrogallol en deux cuvettes. Nous versons, dans l'un des récipients, une solution de pyrogallol et de sulfite de soude, et dans l'autre une solution de carbonate de soude. La plaque est d'abord plongée dans la première cuvette, puis, une fois bien imbibée, soit au bout de trente à quarante secondes, nous la portons dans la seconde cuvette. Le carbonate alcalin se mêle alors au pyrogallol dont la couche est imprégnée, et le développement commence. La plaque est ensuite reportée dans le pyrogallol, puis dans le carbonate, et ainsi de suite jusqu'à achèvement du phototype. Pour augmenter l'intensité, on prolonge l'immersion dans le pyrogallol, tandis que, pour détailler l'image, atténuer les contrastes ou combattre la sous-exposition, on prolonge davantage l'immersion dans le carbonate.

Il est facile de voir ici la similitude avec l'opération décrite dans le paragraphe précédent. C'est pour la rendre plus évidente que nous avons choisi pour exemple le révélateur au pyrogallol. En réalité, cette méthode s'applique plus généralement à d'autres révélateurs, moins rapidement altérables. On emploie une cuvette de bain riche en sulfite, donnant le détail et de la douceur générale, et l'autre de bain riche en réducteur et en bromure, donnant de la pureté. Mais alors au lieu de séparer complètement les constituants du développeur, comme nous l'avons d'abord supposé, on prépare d'ordinaire les deux bains de développement complets, mais très différents, l'un contenant une plus forte dose de réducteur (hydroquinone, métol, iconogène, etc.) et de sulfite, tandis que l'autre est beaucoup plus riche en accélérateur (carbonate alcalin, formol, cétone, lithine, etc.). Cette méthode se rapproche alors davantage

de celle qu'emploient les professionnels, à l'aide de trois cuvettes et que nous avons exposée p. 179.

A titre d'exemple, voici la double formule du bain en deux cuvettes pour le diamidophénol :

	BAIN DOUX (détails).	BAIN FORT (contrastes).
Eau . . . . . p. f.	1 000 cc.	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	40 gr.	15 gr.
Diamidophénol (chlorhydrate) . . . . .	2 —	6 —
Bromure de potassium (solution à 10 p. 100) . . . . .	5 cc.	70 cc.

**Développement lent.** — Les instantanés, et d'une façon générale, les clichés sous-exposés, se développent mal dans les révélateurs ordinaires. Les contrastes en sont presque toujours exagérés, détails manquent dans les ombres et sont empâtés dans les parties claires. On y obvie, comme nous l'avons vu, par addition d'accélérateurs, mais, quand on a plusieurs négatifs à développer, l'opération devient absorbante et fastidieuse. Une autre méthode donne plus facilement les meilleurs résultats. Les négatifs sont très bien détaillés, sans empatement, et l'opération n'exige pas une surveillance continuelle, mais seulement un contrôle intermittent. Cette méthode consiste à diluer le révélateur, à décupler, par exemple, la quantité d'eau indiquée dans les formules précédentes. Le développement est alors considérablement ralenti, il dure une même plusieurs heures, mais, si la cuvette est munie d'un couvercle étanche, rien n'empêche de sortir du laboratoire et de venir seulement de temps à autre vérifier la marche de l'opération.

Toutefois, cette durée même s'oppose à ce que cette méthode soit applicable à tous les révélateurs. Ceux qui s'oxydent trop rapidement, comme l'acide pyrogallique, ou le diamidophénol, ne sauraient être utilisés de cette manière. Le métol et l'hydroquinone se conservent suffisamment; seulement le premier tend à donner des images ternes, grises, sans vigueur, tandis que le second produit souvent des clichés peu harmonieux, durs et opaques. Il convient donc de n'employer seul ni l'un ni l'autre de ces réducteurs. En les combinant, on obtient un mélange qui fournit de bonnes images. Néanmoins, certaines gélatines supportent mal l'action prolongée des substances alcalines, il vaut mieux avoir recours à la métouquinone.

qui permet de préparer un révélateur très peu oxydable et d'où est exclu tout alcali. En le préparant selon la formule de MM. Lumière :

Eau . . . . .	800 cc.
Métoquinone . . . . .	1 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	10 —
Bromure de potassium, solution à 10 p. 100. . . . .	1 cc.

La durée du développement sera d'environ une heure.

Le glycin, ou iconyl, très peu oxydable, convient très bien ici.

Formule du bain de réserve, relativement concentré :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Sulfite de sodium anhydre. . . . .		15 gr.
Glycin . . . . .		10 —
Carbonate de potassium. . . . .		45 —

Pour l'emploi, ajouter 5 volumes d'eau à 1 volume de ce bain.  
Durée 30 à 45 minutes.

Le développement lent s'effectue d'ordinaire en disposant les

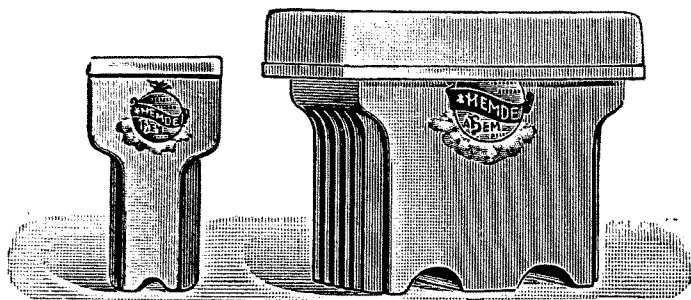


Fig. 58. — Cuve à rainures Hemdè avec son couvercle.

plaques verticalement dans une cuve à rainures, telle que la cuve

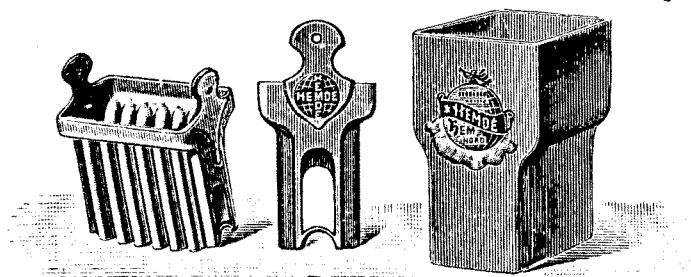


Fig. 59. — Cuve Hemdè à porte-plaques indépendants.

hemdè (fig. 58 et 59). Ce récipient est en kaolithe, faïence de compo-

sition spéciale, blanche, mais complètement opaque. Le couvercle s'y adapte de manière à empêcher l'accès de la lumière, ce qui permet d'ouvrir la porte du laboratoire ou de l'éclairer à la lumière blanche pour procéder à d'autres travaux. Suivant les modèles, les rainures tiennent à la cuve ou à un porte-plaques indépendant. Des intermédiaires permettent de placer dans le récipient des plaques format plus petit.

Il est utile, pour obtenir une intensification régulière sur toute la surface des plaques, de les retourner de temps à autre, sens dessus dessous. Les cuves sont, pour cela, à fermeture hermétique permettant le renversement. Si le développement doit durer une heure, les retournera tous les quarts d'heure. Les plaques seront ensuite lavées abondamment et plongées dans un bain de fixage acide.

Le développement lent n'a pas seulement pour avantage d'adoucir les contrastes des clichés sous-exposés. Il présente aussi plus d'élasticité que les bains concentrés, en cas d'erreur dans le calcul des temps de pose.

**Activation par la lumière.** — Les plaques fortement sous-exposées sont développées sans aller jusqu'à la formation d'un voile général, qui ne manquerait pas de se produire si l'on développait très longtemps. L'image est alors trop faible; on porte alors la cuvette quelques secondes à la lumière du jour, ou d'une lampe électrique, et on continue le développement à la lumière rouge jusqu'à ce qu'on aperçoive au dos de la plaque une image positive. On fixe alors à l'hyposulfite. L'image sera vigoureuse et sans voile si l'exposition n'a pas été exagérée.

**Développement chronométré.** — Quand la composition du bain révélateur n'est pas modifiée pendant le développement, existe une relation déterminée entre le temps que l'image met à apparaître et le temps qu'elle mettra à acquérir une intensité convenable. Ainsi, supposons qu'une plaque soit développée au pyrogallol et que la solution contienne 0<sup>gr</sup>,10 de cette substance par 100 centimètres cubes d'eau. Si l'image commence à se dessiner après une immersion de trente secondes, nous pourrions cesser de surveiller le cliché et nous contenter de le retirer au bout de cinq minutes, c'est-à-dire après un intervalle égal à 10 fois celui qui s'est écoulé entre l'immersion dans le révélateur et l'apparition des premiers détails.

Cette méthode, étudiée principalement par Watkins, est ut-

surtout quand la sensibilité de l'émulsion, ou un éclairage imparfaitement inactinique, obligent à renoncer à l'examen du cliché par transparence. On risque moins le voile, en effet, en regardant la surface de la plaque sans la sortir du révélateur. D'autre part, l'image est quelquefois si embrouillée qu'il est difficile de juger, en la regardant par transparence, de ce que sera son intensité définitive, après le fixage. Le rapport entre le temps d'apparition et l'achèvement du phototype est constant pour un révélateur de même composition, mais varie suivant la nature du révélateur employé et selon le degré de concentration du bain. On appelle *coefficient* d'un révélateur le chiffre qui exprime ce rapport et par lequel on doit multiplier le temps qu'a mis l'image à se montrer pour connaître le temps nécessaire à l'achèvement du développement.

Le coefficient est légèrement différent suivant la sensibilité de l'émulsion et la qualité de la gélatine : il est plus grand pour les émulsions ultra-rapides que pour les moyennes (c'est-à-dire qu'on ne doit pas interrompre trop tôt le développement des premières).

Il est également modifié par la température, mais en pratique, ces différences sont si faibles qu'on peut les négliger. Il n'en est pas de même pour la dilution du révélateur, comme on en jugera par les coefficients qu'a déterminés Watkins pour le pyrogallol :

EAU DE DILUTION.	DOSE DE PYROGALLOL.	COEFFICIENT.
100 cc.	0 gr. 10	10
	0 gr. 20	6
	0 gr. 40	4
	0 gr. 80	2,5

Le coefficient du diamidophénol est très variable, suivant la plaque et la quantité de sulfite de soude que contient le révélateur. Il est de 18 à 20 pour une solution de sulfite à 4 p. 100, 25 à 30 pour les ultra-rapides. Voici les coefficients des autres révélateurs les plus répandus, composés suivant les formules normales :

Adurool . . . . .	12	(plaques moyennes), 8 à 10
Édinol . . . . .	3	(ultra-rapides), jusqu'à 12 à
Glycin . . . . .	6 à 10	15 si le métol est à poids égal
Hydroquinone . . . . .	5	avec l'hydroquinone.
Iconogène . . . . .	9	Ortol . . . . . 10
Métol (seul) . . . . .	30	Paramidophénol . . . . . 16 à 20
Métol-hydroquinone . . . . .	6 à 8	Pyrocatechine . . . . . 6



**Développement à durée fixe.** — Le développement s'accomplit d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. À température égale, une plaque sous-exposée met beaucoup plus de temps qu'une plaque surexposée pour arriver à la même intensité. Enfin, les plaques de très grande rapidité demandent plus de temps que les moyennes pour être développées à point. Néanmoins, c'est une erreur de croire qu'il soit utile de laisser une plaque sous-exposée plus longtemps dans le révélateur qu'une plaque surexposée. En effet, quand l'image commence à se montrer, elle est très faible, mais c'est à ce moment qu'elle offre son maximum de douceur. Plus elle monte ensuite, et plus ses contrastes tendent à s'accroître et s'exagérer.

Or, la surexposition produit des images trop douces, ternes et voilées, tandis que la sous-exposition donne des images dures et heurtées. Il y a donc avantage à pousser dans le premier cas le développement au delà de l'intensité voulue, tandis que dans le second il vaut mieux ne pas atteindre la densité normale.

On arrivera aisément à ce résultat, en soumettant la plaque, quelles que soient les circonstances de la pose, à un révélateur à composition bien déterminée et en y laissant toujours le même nombre de minutes, égal au temps qu'il faut à une plaque normalement posée pour acquérir l'intensité convenable.

Il est évident qu'en cas de sous-exposition l'image sera souvent trop faible, tandis qu'en cas d'excès de pose elle sera trop opaque, mais il sera facile d'y remédier, après fixation, à l'aide des correctifs habituels, renforçateurs ou affaiblisseurs, qui seront indiqués dans le chapitre suivant. Cette rectification sera presque aussi efficace que le contrôle exercé pendant le développement, avec l'avantage qu'il sera loisible d'y procéder au grand jour, après avoir attentivement examiné le cliché débarrassé du bromure d'argent et s'être bien rendu compte de ce qu'il y avait lieu de faire pour l'améliorer.

La durée du développement est influencée notablement par la température, mais dans des proportions variables suivant la nature du révélateur employé. D'après M. Alves, en employant le pyrogallol à la dose de 0,3 p. 100, la durée du développement sera de deux minutes et demie à 25°, de cinq minutes à 20° et de sept minutes et demie à 15°. Il faut donc tenir compte de la modifi-

tion que nécessite l'état thermométrique ou, ce qui est préférable, opérer toujours, autant que possible, à peu près à la même température, par exemple entre 18 à 22 degrés. C'est là, du reste, une condition que l'on devrait observer dans toutes les méthodes de développement. Trop froid, le bain perd la plus grande partie de son énergie, et les détails dans les ombres manquent presque toujours; le cliché est pâle et gris, sans contrastes. Trop chaud, il risque de provoquer la réticulation et même la fusion de la gélatine, et le cliché, trop opaque, est dur, et couvert d'un voile qui rend le tirage très long.

En outre, le développement à durée fixe exige que le révélateur soit toujours composé de la même manière et ne serve qu'une seule fois, car un bain déjà employé agit beaucoup plus lentement qu'un bain neuf. De plus, s'il s'agit d'un révélateur qui perd assez vite ses propriétés, comme le diamidophénol et surtout l'acide pyrogallique, il ne faudra faire usage que de solutions fraîchement préparées.

Avec un bain neuf, de composition connue, employé à une température déterminée, on peut donc se dispenser de regarder le cliché, et il suffit de consulter une montre. Cette méthode est particulièrement commode quand il est nécessaire de procéder au développement en dehors du laboratoire. Elle est susceptible de rendre les plus grands services aux explorateurs qui tiennent à s'assurer sur place des résultats obtenus et à ne pas risquer de voiler leurs clichés avant de pouvoir les achever. Elle convient bien dans les cas où l'on a toujours des sujets analogues et pris dans les mêmes conditions, à développer : par exemple des portraits faits dans le même atelier avec le même éclairage et un temps de pose identique. D'autre part, les amateurs peu exercés risquent moins d'échouer dans la pratique du développement, en suivant une méthode en quelque sorte mécanique, qu'en surveillant l'action du révélateur et en essayant de la conduire à leur gré. Enfin, les émulsions orthochromatiques très sensibles se prêtent difficilement au développement contrôlé; aussi verrons-nous que les plaques destinées à la photographie en couleurs sont généralement soumises au développement à durée fixe : on trouvera, dans le chapitre XVIII, le mode de préparation et le mode d'emploi des révélateurs utilisés en pareil cas.

**Développement en machine.** — Le méthode précédente a suggéré à divers constructeurs l'idée de combiner certaines *machines*

à développer qui dispensent l'amateur de tout laboratoire. Telle est, entre autres, la cuve Kodak pour les pellicules en rouleaux, à l'aide de laquelle toutes les opérations se font en plein jour. La bobine pelliculaire extraite de la chambre noire, comme on l'a vu au chapitre 1<sup>er</sup>, est d'abord introduite dans la boîte à enrouler (fig. 60). La pellicule placée en B est enroulée, en même temps que le tablier opaque A, sur une bobine métallique Y dont l'axe est relié à la manivelle D. La bobine ainsi recouverte

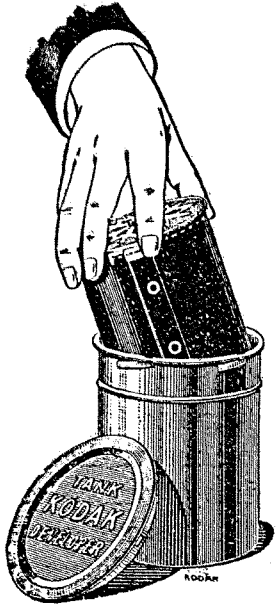


Fig. 60. — Boîte à enrouler.

de cette double bande est ensuite plongée dans la cuve à développement (fig. 61). Cette cuve contient le révélateur, que l'on a préparé en faisant dissoudre un mélange de sels convenablement dosés. La composition de ce bain est telle que la durée du développement soit de vingt minutes à 18°. Pendant ce laps de temps, aucune attention n'est nécessaire, et la seule précaution à

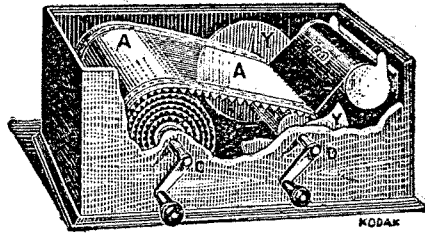


Fig. 61. — Cuve à développement.

observer est de renverser deux ou trois fois la cuve, afin d'égaliser l'action révélatrice. Un couvercle fermant hermétiquement empêche le liquide de se répandre pendant ce mouvement. Le développement achevé, soit au bout de vingt minutes, la cuve est vidée, et le révélateur est remplacé d'abord par de l'eau pure puis par le fixateur. On peut même fixer en plein jour, dans un récipient quelconque. La Compagnie Kodak a également combiné des appareils pour le développement des plaques et des pellicules du *film-pack*. On peut opérer de même à l'aide des laboratoires portatifs constitués par des boîtes munies de manches opaques. Dans ce cas, une cuvette ordinaire suffit.

**Développement en lumière actinique. Désensibilisateurs.**

— Pour beaucoup de photographes, l'apparition de l'image latente est la plus intéressante de toutes les opérations photographiques, et ils seraient bien aises d'en suivre les phases à la clarté du jour, ou tout ou moins en usant d'un éclairage moins parcimonieusement dosé que celui qui leur est ordinairement recommandé. D'autre part, l'attention et les soins que le développement réclame de quiconque veut le mener à bien, s'accommodent mal des conditions défectueuses dans lesquelles il fallait jadis le conduire. Souvent, l'amateur devait se contenter d'un local exigü, sans aération ni moyen de chauffage; il y suait en été, il y grelottait l'hiver, et n'était pas seul à pâtir des écarts de la température : le phototype s'en ressentait aussi, car la plupart des révélateurs n'agissent bien qu'entre 18 et 25 degrés. Enfin, comment reconnaître nettement, à la lueur rouge ou verte de la lanterne de laboratoire, si l'image est suffisamment vigoureuse et si les détails en sont assez fouillés?

La solution rêvée serait de trouver un réactif susceptible de supprimer la sensibilité de l'émulsion, sans détruire l'image latente. Ces deux conditions ne sont nullement inconciliables, comme on l'avait d'abord supposé, et des résultats très suffisants dans la pratique courante, ont déjà été obtenus. Nous avons dit que la simple immersion dans un révélateur diminue très vite et beaucoup la sensibilité de la plaque; l'hydroquinone agit peu à cet égard, et les révélateurs riches en sulfite également. Mais une simple solution aqueuse au 1/2 000 ou au 1/5 000 de chlorhydrate de diamidophénol, fait en une minute tomber la sensibilité au 1/50 ou au 1/100 de sa valeur primitive, permettant l'emploi de la lumière jaune. Le triamidotoluol, tout aussi dilué, réduit la sensibilité au 1/200. Dans un autre ordre d'idées, l'emploi d'un révélateur coloré en rouge et en couche suffisamment épaisse, en fait un véritable écran liquide inactinique. MM. Lumière et Seyewetz ont ainsi utilisé le picrate de magnésium, et au bout de quelques minutes la gélatine en est même suffisamment imbibée pour qu'on puisse sortir un court instant la plaque et l'examiner en lumière blanche.

Mais depuis quelques années on a beaucoup mieux. Si, par exemple, on plonge une plaque dans une solution d'iodure de potassium, le bromure d'argent est transformé en iodure insensible à la lumière, et l'image latente se développe encore. L'ioduration préalable doit

s'effectuer à l'abri de la lumière blanche, mais le développement peut ensuite être contrôlé sous un éclairage largement suffisant pour bien voir les détails. La plaque est d'abord iodurée dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Iodure de potassium . . . . .	1 gr.
Sulfite de soude cristallisé . . . . .	2 —
(ou anhydre . . . . .)	1 —)
Sulfocyanate de potassium . . . . .	3 —

Après cinq à dix minutes d'immersion, on peut opérer en lumière actinique. On lave abondamment, et l'on passe dans le révélateur :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude cristallisé . . . . .	10 gr.
Diamidophénol . . . . .	0,5
Carbonate de soude cristallisé . . . . .	10 —

Des plaques rapides ont pu être ainsi développées à quelques centimètres d'une lampe de 25 bougies, dans une salle d'ailleurs largement éclairée, et les clichés obtenus dans ces conditions ne le cédaient en rien à ceux que l'on traite dans le cabinet noir (F. Renwick).

Un procédé plus rapide et d'une application plus générale est actuellement fourni par certaines matières colorantes. M. Lüppo Cramer auteur de la découverte (1904) de la perte de la sensibilité en solution faible d'amidol, a réalisé une désensibilisation bien supérieure (1/1 000 environ), avec une solution de phénosafranine à 1 pour 2 000. La plaque y est laissée pendant une minute, puis sommairement rincée et plongée dans le révélateur. On peut alors surveiller le développement à la lumière d'une bougie à feu nu. Le cabinet noir n'est donc plus indispensable, car si la plaque doit être préservée de la lumière actinique au moment où on la plonge dans le désensibilisateur, cette opération peut s'accomplir aisément à l'abri d'une voile ou d'un manchon en étoffe opaque, puisqu'il n'y a rien à y suivre ou contrôler.

Le fixage s'effectue en bain acide. On lave ensuite, pendant trente minutes au moins, et s'il reste encore des traces de coloration rouge, on les fera disparaître dans de l'eau acidulée par 1 p. 1 d'acide nitrique, additionnée de 2 à 5 p. 100 d'alun pour éviter tout risque de ramollissement de la gélatine.

M. R. Namias a vérifié que le bromure d'argent traité par le phénosafranine acquiert une résistance remarquable aux risques de voile chimique; de sorte que l'on peut prolonger le développement ou augmenter la dose d'alcali, et obtenir ainsi des clichés très complets sur plaques sous-exposées. Cet avantage se manifeste surtout quand on emploie l'hydroquinone.

Il est à noter que la safranine et plusieurs autres colorants désensibilisateurs peuvent être dissous dans le révélateur au lieu de former un bain spécial. Toutefois elle n'est pas compatible avec l'hydroquinone et le pyrogallol, ni avec des révélateurs concentrés. La désensibilisation offre un intérêt tout particulier dans le traitement des plaques *autochromes* (v. chapitre XVIII), dont l'émulsion est tellement sensible à toutes les radiations visibles qu'il fallait auparavant s'en tenir au développement chronométré. L'emploi d'un éclairage jaune verdâtre très atténué permettait seulement de déterminer la durée d'apparition des premiers contours du négatif, d'où se déduisait la durée totale du développement ou la modification du révélateur. Détermination d'autant plus difficile que la lumière était plus faible. Cette difficulté disparaît avec la phénosafranine, qui permet même de procéder au développement constamment contrôlé, soit près d'une bougie à nu, soit à 3 mètres d'une lampe de 25 bougies. La coloration rouge de la gélatine est complètement détruite dans le bain d'inversion au permanganate (v. page 377); mais, par suite de la désensibilisation du bromure d'argent non décomposé par le premier développement, l'exposition à la lumière qui précède le développement de l'image positive devra être suffisamment prolongée.

D'autres désensibilisateurs ont été proposés : le bleu méthylène, l'auramine, l'acide picrique, etc. MM. Lumière et Seyewetz ont adopté, pour les plaques autochromes, l'aurantia (sel ammoniacal) en solution à 1 p. 100, qui a l'avantage de ne pas modifier la durée du développement, tandis que la phénosafranine la prolonge plus ou moins suivant les cas, ce qui n'offre d'ailleurs un inconvénient que pour le développement chronométré. Il convient, du reste, de remarquer que les propriétés désensibilisatrices de l'aurantia dans le rouge sont légèrement inférieures à celles de la phénosafranine. Ce dernier produit donne aux doigts, et surtout aux ongles,

une coloration rose qu'il est d'ailleurs facile de faire disparaître<sup>1</sup>. La gélatine peut se colorer aussi plus ou moins. L'aurantia donne facilement de l'eczéma aux doigts. L'écarlate basique N (safrano-chrysoïdine) est un des plus récents et des meilleurs. Ces produits s'emploient en solutions de l'ordre du 1/5 000; ils sont donc d'un emploi très peu coûteux. L'immersion dure une à deux minutes.

**Développement et fixage simultanés.** — Le développement à durée fixe a suggéré une notable simplification des procédés négatifs. En effet, une fois admise la possibilité de laisser agir le révélateur pendant un laps de temps déterminé, toujours le même quelles que soient les circonstances de la pose, il devient aisé de combiner les deux opérations, d'ordinaire distinctes et séparées par de copieux lavages, du développement et du fixage. L'essentiel est de mélanger le révélateur et le fixateur dans des proportions telles que l'image obtenue dans ces conditions ne soit ni trop faible ni trop noire. Si le fixateur agit trop vite, le bromure d'argent impressionné sera dissous avant d'être réduit par le révélateur, et l'on n'aura qu'une image incomplète; si au contraire, l'action dissolvante est trop lente, le révélateur noircira trop le bromure, et l'intensité du phototype sera exagérée.

La rapidité d'action du fixateur est, toutes choses égales d'ailleurs, à peu près proportionnelle à sa concentration, à sa teneur en hyposulfite de soude. Quant aux autres éléments susceptibles d'accélérer ou de ralentir son activité (température, épaisseur de l'émulsion, dureté de la gélatine), comme ils influent aussi, et dans des proportions pratiquement peu différentes, sur l'activité du révélateur, il suffit, pour obtenir des résultats sensiblement constants, de doser convenablement les deux réactifs.

Il y a plus : la présence du fixateur dans le révélateur tend à corriger, dans une certaine mesure, les erreurs de pose et à diminuer les différences d'intensité qui pourraient en résulter pour les phototypes soumis au développement à durée fixe. En effet, lorsqu'il y a eu excès de pose, l'image se développe trop rapidement et sera trop noire, si, au lieu de surveiller le cliché, on se borne à consulter une montre. Mais comme, en pareil cas, il reste peu de

1. En lotionnant les doigts à l'alcool, à l'acétone ou à l'eau acidulée. On peut aussi éviter cette coloration en ajoutant à la solution 1/10 de sulfate de soude.

bromure à dissoudre, l'hyposulfite peut achever plus rapidement son œuvre. D'autre part, à mesure que le révélateur décompose le bromure d'argent, il s'oxyde, et son activité se ralentit. Plus l'image se détaille et gagne en intensité, plus le révélateur s'affaiblit. Il arrive ainsi que l'action dissolvante de l'hyposulfite devient prépondérante plus tôt qu'elle n'aurait pu le faire si la pose avait été moins longue.

Au contraire, en cas de sous-exposition, l'image est longue à se montrer et à acquérir une intensité suffisante. L'action dissolvante de l'hyposulfite commence aussitôt, mais, comme il reste beaucoup de bromure non décomposé, le pouvoir dissolvant s'épuise peu à peu, et le fixage se ralentit de telle sorte que le révélateur peut continuer à agir plus longtemps.

Il ne faut pas conclure de là que la compensation soit rigoureusement parfaite : nous avons seulement voulu expliquer comment elle peut être presque toujours suffisante. En fait, les clichés surexposés sont un peu trop noirs, et les clichés sous-exposés un peu trop faibles, mais le résultat n'est franchement mauvais que dans les cas où l'erreur de pose est telle que le développement contrôlé et distinct du fixage n'aurait lui-même abouti qu'à un échec.

Diverses formules de développement-fixage ont été proposées depuis W. D. Richmond en 1889; en 1898, M. Punnett proposait l'emploi de l'ortol; trois ans plus tard, P. Hannecke utilisait le métol et la pyrocatechine; en 1904, Thorne Backer obtenait, à son tour, des résultats intéressants, avec l'édinol et l'hydroquinone. Les solutions combinées par ces expérimentateurs présentaient plusieurs inconvénients : les clichés étaient durs, heurtés, et l'opération exigeait parfois une heure et plus. La formule de MM. Lumière et Seyewetz a l'avantage de fournir un négatif développé et fixé en vingt-cinq minutes :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	32 gr.
Chloranol. . . . .	6 —
Soude caustique . . . . .	5 —
Hyposulfite de soude. . . . .	60 —

Ce mélange ne se conserve pas et ne doit être préparé qu'au moment de l'emploi. La plaque est immergée à l'abri de la lumière actinique, mais l'opération n'exige aucune surveillance. Au bout de



vingt-cinq à trente minutes, on n'a qu'à sortir la plaque au grand jour, et procéder au lavage. En cas de surexposition, les clichés sont un peu trop noirs, et dans le cas contraire ils manquent de vigueur; mais on peut généralement y remédier, à l'aide des correctifs habituels, affaiblisseurs ou renforçateurs, indiqués au chapitre suivant.

Autre bain, indiqué en 1924 par les mêmes auteurs :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .		40 gr.
Chlorhydrate de diamidophénol . . . . .		5 —
Phosphate tribasique de soude. . . . .		20 —
Hyposulfite de soude cristallisé . . . . .		25 —

Ne sert qu'une fois. Agit en quinze à vingt minutes.

M. Bunel a trouvé une excellente formule, en combinant le diamidophénol et l'acétone :

Eau . . . . .		1 000 cc.
Diamidophénol . . . . .		5 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .		30 —
Acétone. . . . .		80 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .		50 gr.

Les clichés ainsi obtenus sont généralement d'une bonne intensité et bien détaillés. Les plaques diapositives (v. chapitre XIV) à tons noirs s'accoutument particulièrement bien de ce révélateur-fixateur, et l'automatisme de l'opération rend le travail expéditif et facile.

Formule de M. Raymond :

Eau . . . . .		1 000 cc.
Hydroquinone. . . . .		8 gr.
Métol. . . . .		4 —
Sulfite de soude . . . . .		60 —
Carbonate de soude . . . . .		80 —
Solution à 20 p. 100 d'hyposulfite de soude . . . . .		25 à 30 gouttes.

Durée : une à vingt-quatre heures, sans que l'effet s'en ressente.

Le développement-fixage ne semble pas, jusqu'à présent, appelé à supplanter la méthode ordinaire; mais il rendra certainement service au photographe momentanément privé de luminaire inactinique et de désensibilisateur.

**Développement après fixage.** — Cette méthode résoudrait, mieux que toute autre, le problème du développement en pleine lumière, si elle ne restait, jusqu'à présent, limitée aux plaques fortement surexposées. Elle réussit mieux avec les émulsions lentes qu'avec les préparations très rapides, pour lesquelles la surexposition doit être particulièrement considérable (10 à 20 fois la normale).

La plaque est d'abord plongée, à l'abri de la lumière actinique, dans une solution d'hyposulfite de soude à 2 p. 100 seulement, qui dissout très lentement le bromure d'argent. La gélatine paraît alors complètement transparente, et, si on l'examine au grand jour (ce qui n'offre plus aucun inconvénient), on n'y découvre aucune trace d'image. L'impression latente y subsiste néanmoins, et, pour la révéler, il suffit de traiter la plaque par un révélateur *physique*, préparé en combinant deux solutions :

**A. Solution de réserve :**

Eau distillée . . . . .	100 cc.
Nitrate d'argent. . . . .	4 gr.
Sulfocyanure d'ammonium . . . . .	24 —
Sulfite de soude anhydre . . . . .	12 —
Hyposulfite de soude . . . . .	5 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100 . . . . .	6 gouttes.

**B. Révélateur au métol :**

Eau distillée . . . . .	120 cc.
Métol . . . . .	2 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	10 —

Au moment de l'emploi, on mélange :

A . . . . .	5 cc.
B . . . . .	120 —

**Autre formule :**

B'. Eau distillée . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude . . . . .	15 gr.
Chlorhydrate de paramidophénol . . . . .	10 —
Soude caustique : peu à peu, jusqu'à redissolution du précipité formé.	

Pour l'emploi, prendre :

Eau distillée . . . . .	110 gr.
Solution A . . . . .	6 cc.
— B' . . . . .	2 —

La durée du développement est très variable et dépend non seulement de la pose, mais aussi de la nature de l'émulsion. Parfois dix minutes suffisent, tandis que dans certains cas il faut douze heures. Il est presque toujours nécessaire de renforcer au bichlorure de mercure et au sulfite de soude, ou mieux (ici) à l'ammoniaque. (v. p. 208).

Ce procédé fournit des images remarquablement fines, même quand le grain de l'émulsion est très grossier. Il laisse une très grande latitude dans l'appréciation du temps de pose, car, s'il est nécessaire d'éviter la sous-exposition, il n'arrive presque jamais que la surexposition soit assez forte pour aboutir à un échec. Son principal avantage est de permettre le contrôle du développement au grand jour. Le fixage préalable doit s'effectuer dans l'obscurité, mais il n'exige aucune surveillance : au bout de trois quarts d'heure, la plaque est lavée, de manière à éliminer l'hyposulfite puis développée immédiatement ou mise à sécher, si l'on préfère révéler l'image ultérieurement. Cette combinaison serait donc très pratique en voyage, puisqu'il suffirait d'emporter un peu d'hyposulfite, à condition de surexposer largement.

M. Lumière et Seyewetz ont récemment rendu cette méthode plus pratique. La plaque surexposée est fixée (à l'obscurité) dans :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .		300 gr.
Ammoniaque (solution à 22° B). . . . .		10 cc.

Au bout de cinq minutes, on retire et on lave bien dans de l'eau faiblement ammoniacale. On développe alors dans un *révélateur physique* ainsi composé :

A. Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre. . . . .		180 g.
Nitrate d'argent en solution à 10 p. 100 . . . . .		75 cc.
B. Eau. . . . .	p. f.	1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre. . . . .		20 gr.
Paraphénylènediamine (base libre) . . . . .		20 —

Au moment de l'emploi, verser 5 volumes de A et 1 de B dans un cuvette de verre parfaitement propre (sans quoi elle s'argenterait). Le bain agit très lentement; au bout de plusieurs heures l'image es

encore gris violacé et faible, et il faut la renforcer. Il faut aussi jeter le bain qui se trouble au cours de l'opération, et le remplacer par du neuf (à peu près chaque heure).

En somme, surtout depuis la découverte des colorants désensibilisateurs, cette méthode paradoxale n'a qu'un intérêt de laboratoire.

### OUVRAGES A CONSULTER

- E. COUSTET, *Les Correctifs du développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1907.  
 H. BOURÉE, *Étude pratique du développement lent*, Paris (J. de Francia).  
 G. SCHWEITZER, *Entretiens familiers sur la Chimie photographique*, Paris (J. de Francia), 1925.  
 CH. DUVIVIER, *La Pratique du développement en photographie*, Paris (P. Montel).  
 G. UNDERBERG, *Le Développement moderne*, Paris (P. Montel).  
 F. DILLAYE, *Le Développement en photographie*, Paris (J. Tallandier).  
 J.-M. EDER, *Die wissenschaftliche Grundlage der Photographie mit Bromsilber- und Chlorsilbergelatine*, 5<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).  
 J.-M. EDER, *Die Praxis der Photographie mit Bromsilber- und Chlorsilbergelatine*, 5<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).  
 H. EMERY, *Le Développement du cliché photographique*, Paris (Ch. Mendel).  
 A. LONDE, *Traité pratique du développement*, 4<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1904.  
 A. et L. LUMIÈRE, *Les Développements organiques en photographie et le Paramidophénol*, Paris (Gauthier-Villars), 1893.  
 M. MOLINIÉ, *Comment on obtient un cliché photographique. Notions de chimie photographique. Technique et Pratique du développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.  
 R.-A. REISS, *Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Trockenplatte und die Entwickler*, Halle a/S. (W. Knapp).  
 A. SEYEWETZ, *Le Développement de l'image latente*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.  
 A. SEYEWETZ, *Le Négatif en photographie*, Paris (O. Doin), 1911.  
 E. TRUTAT, *Le Cliché photographique*, Paris (Ch. Mendel), 1902.  
 R. NAMIAS, *Chimie photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.  
 V. CRÉMIER, *Le Développement en pleine lumière après fixation*, Paris (Gauthier-Villars), 1912.  
 E. COUSTET, *Le Développement en pleine lumière*, Paris (Gauthier-Villars), 1905.

## CHAPITRE VIII

## L'ACHÈVEMENT DU PHOTOTYPE

**Fixage.** — Le cliché développé est d'abord lavé sommairement, puis immergé dans le bain de fixage, ordinairement constitué par une solution d'hyposulfite de soude à 20 p. 100 environ. Un changement de concentration n'a pas d'autre conséquence que d'abrégé ou d'allonger l'opération. Ce bain semble dissoudre le bromure d'argent qui n'a pas été décomposé par le révélateur. En réalité, l'hyposulfite se combine aux sels de l'émulsion pour donner un hyposulfite double de sodium et d'argent, de saveur douce, soluble lui-même dans un excès d'hyposulfite de soude en solution. Cette dernière doit donc être à la fois assez concentrée et assez abondante, et agir suffisamment longtemps, avec balancement de la cuvette pour agiter le liquide.

Il est facile de suivre la marche du fixage, en examinant de temps à autre le dos de la plaque : la couche, primitivement blanchâtre, semble noircie à mesure que le sel d'argent est éliminé. En réalité, elle devient plus transparente, comme on peut s'en rendre compte en la plaçant devant la lanterne et en l'observant par lumière transmise.

Quand les dernières traces d'opalescence ont disparu, la plaque ne doit pas encore être considérée comme fixée : elle doit continuer à séjourner dans le bain d'hyposulfite, malgré sa transparence, pendant un temps à peu près égal à celui qu'elle y a déjà passé.

Un bain de fixage à réaction légèrement acide donne des images plus pures et brunit moins rapidement. La formule suivante conduit à de bons résultats.

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	250 gr.
Bisulfite de soude en solution commerciale . . . . .	50 cc.

Les autres acides ou sels acides décomposent peu à peu l'hyposulfite, en libérant du soufre colloïdal, qui colore et trouble la solution, même à l'obscurité : elle n'est alors plus bonne qu'à jeter. Signalons que l'hyposulfite surtout acidifié attaque le zinc : les cuves à laver les plaques ne devraient donc pas être faites de ce métal.

L'hyposulfite en se dissolvant dans l'eau, abaisse beaucoup sa température : une solution aussi froide ne peut agir activement. Il ne faut donc pas la préparer au moment de l'usage. Un séjour très prolongé (deux jours et au delà) dans la solution d'hyposulfite attaque l'argent du cliché jusqu'à le faire disparaître.

Il est très important de ne pas éclairer par la lumière blanche, ou même jaune, la plaque en cours de fixage avant que l'opalescence en ait complètement disparu (sauf désensibilisation préalable) : les parties non encore dépouillées deviendraient d'un jaune indélébile.

L'exposé plus haut du mécanisme chimique du fixage, indique comme méthode idéale, au point de vue de la sécurité et de la bonne conservation, l'emploi de *deux* bains successifs, d'ailleurs identiques (hyposulfite à 20 ou 25 p. 100); dans le premier se forme l'hyposulfite double, dont la dissolution ne fait que commencer. Dès que l'opalescence a disparu au dos de la plaque, on la porte pour un temps égal dans le second bain, où la dissolution se fera de façon parfaite. Agiter la cuvette dans les deux opérations. Chaque bain pourra ainsi servir très longtemps : le premier ne sera jeté que lorsqu'il deviendra trouble ou que la disparition de la teinte laiteuse ne s'y fera plus que trop lentement; le second le remplacera alors, et on préparera une solution neuve pour le remplacer lui-même dans la seconde cuvette.

Les plaques très rapides, à couche épaisse et riches en argent, demandent un plus long temps pour se fixer. Il sera bon de préparer la solution d'hyposulfite à 30 et même 40 p. 100, de laisser assez longtemps et d'agiter fréquemment la cuvette.

**Durcissement de la couche.** — Pour durcir la gélatine, l'empêcher de fondre ou de se craqueler dans des eaux de lavage trop chaudes, ou encore pour avoir la possibilité de sécher rapidement le cliché à chaud, on conseille parfois d'ajouter de l'alun à la solution d'hyposulfite. L'alun décompose l'hyposulfite, détermine un précipité de soufre et provoque la sulfuration des images, ce qui en

compromet la conservation; mais cet inconvénient sera cependant éludé, en ajoutant du bisulfite de soude au fixateur, qui sera alors constitué ainsi :

Eau froide . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	200 gr. à 300 gr.
Bisulfite de soude liquide. . . . .	40 cc. à 50 cc.
Alun de chrome. . . . .	10 gr. à 15 gr.

On peut aussi, et c'est même préférable, séparer le fixage et le durcissement. La solution d'alun de potasse (blanc) détermine une insolubilisation suffisante, si l'on doit se borner à laver la plaque dans de l'eau dont la température ne dépasse pas 35° à 38°. Mais si l'on veut employer de l'eau plus chaude ou accélérer la dessiccation de la gélatine en la faisant chauffer, alors il faut recourir à l'alun de chrome (de couleur violette, solution verdâtre).

La concentration du bain de durcissement à l'alun ordinaire sera d'environ 20 p. 100. La plaque, sommairement lavée après fixage, y sera laissée de cinq à dix minutes. Ce passage à l'alun n'a pas pour seul avantage de rendre la gélatine plus résistante : il éclaircit le cliché, surtout après le développement au pyrogallol, et décolore sensiblement la gélatine jaunie.

L'alun de chrome n'insolubilise suffisamment qu'en présence d'un excès d'alcali. La solution de ce sel à 15 ou 20 p. 100 sera donc additionnée d'ammoniaque jusqu'à ce qu'un léger trouble se manifeste. Le cliché y sera alors immergé pendant quatre ou cinq minutes. Un cliché aluné peut supporter 60° à 70°, sans que sa gélatine fonde : il peut donc être mis à sécher, après lavage, en plein soleil ou à quelque distance du feu.

Le tannage de la couche par le formol s'effectuera dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Aldéhyde formique (formol commercial) . . . . .	15 —

Le négatif préalablement lavé y restera pendant trois minutes et sera ensuite lavé à l'eau chaude pendant quelques instants. L'insolubilisation de la gélatine est alors assez complète pour que la couche résiste à la dessiccation sur le feu. Toutefois, la couche ainsi durcie subit un retrait qui en occasionne assez souvent le décollement au bout d'un certain temps. La gélatine devient, plus tardivement,

cassante et se désagrège. L'emploi du formol n'est donc pas à recommander.

**Élimination de l'hyposulfite.** — Le cliché fixé doit être abondamment lavé, jusqu'à ce que la gélatine ne contienne plus aucune trace d'hyposulfite. Celui-ci est en bien faible quantité dans la gélatine d'une plaque, et il est très soluble dans l'eau. Il semblerait donc que quelques instants de lavage dans très peu d'eau agitée suffisent à le dissoudre complètement. En fait, la gélatine, qui est un colloïde, le retient en vertu du phénomène dit *adsorption*, mais le cède à l'eau ambiante tant que celle-ci, en s'en chargeant, n'est pas devenue aussi concentrée qu'elle-même : à ce moment, l'« équilibre osmotique » entre la gélatine et l'eau étant atteint, il n'y a plus dissolution, et il faut changer l'eau. On voit donc 1<sup>o</sup> que l'eau de lavage doit être agitée au contact de la plaque; 2<sup>o</sup> qu'elle doit être plusieurs fois renouvelée; 3<sup>o</sup> que le *ruissellement* sur la face gélatinée est le meilleur dispositif, éliminant très bien avec peu d'eau et de temps; 4<sup>o</sup> que l'élimination pratiquement parfaite peut ainsi être réalisée en peu de temps : quinze à vingt minutes au plus; 5<sup>o</sup> que les lavages les plus soignés et les plus prolongés ne sauraient qu'être sans action sur des hyposulfites insolubles : on a pu dire presque sans paradoxe, qu'« il n'y a pas de plaques mal lavées, il n'y a que des plaques mal fixées ».

Si l'on ne dispose pas d'eau courante, ni d'eau agitée au contact des plaques, il faut que l'équilibre s'établisse entre la gélatine qui s'appauvrit et l'eau qui s'enrichit en hyposulfite; puis on change l'eau, et la même attente recommence. Aussi estime-t-on communément qu'un lavage de deux heures dans une eau fréquemment renouvelée est nécessaire, et il est même prudent de le prolonger encore davantage. Si l'on a plusieurs clichés, il sera plus commode de les laver tous simultanément dans une cuve à rainures en zinc ou en verre. Un robinet ou un bouchon permet de vider de temps à autre le récipient, sans le déplacer, et de renouveler l'eau périodiquement, ou, au contraire, d'établir un courant qui la renouvelle constamment : la cuve, dans ce cas, est placée sous un robinet dont on règle le débit de façon que l'eau qui s'échappe de l'orifice inférieur soit remplacée par celle qui arrive du conduit supérieur. Mais la circulation de l'eau dans la cuve est bien souvent établie en dépit du bon sens.



Si l'on ne dispose que d'une faible provision d'eau, on procédera autrement. Il résulte des expériences de M. P. von Janko que trois changements d'eau suffisent à l'élimination de l'hyposulfite, si l'on emploie 3 centimètres cubes et demi d'eau par centimètre carré de la plaque, et si l'on change cette eau toutes les deux heures seulement. On n'emploie donc que 7 centimètres cubes et demi d'eau pour chaque centimètre carré, mais le lavage dure alors six heures. Avec 10 centimètres cubes d'eau par centimètre carré, c'est-à-dire en changeant d'heure en heure quatre fois les 2 centimètres cubes et demi qui recouvrent chaque centimètre carré, quatre heures suffisent. Et on peut laver complètement une plaque en cinquante minutes, si l'on change l'eau toutes les cinq minutes. C'est la méthode qui demande la moindre quantité d'eau et abrège le plus les lavages, parce que dans l'eau courante l'élimination ne se produit pas dans les mêmes proportions. M. Lumière emploie le ruissellement très lent et régulier de l'eau siphonnée par un ruban de tissu humecté.

On peut aussi abrèger les lavages en décomposant l'hyposulfite à l'aide de réactifs donnant naissance à des produits très solubles, faciles à éliminer. On peut employer à cet effet des oxydants, qui transforment l'hyposulfite en sulfate, et malheureusement aussi en thionates. On a proposé l'eau oxygénée neutre, l'iode, le percarbonate de potassium, les perborates, l'hypochlorite de sodium (eau de Javel diluée), le persulfate d'ammoniaque exactement neutralisé ou additionné de certaines substances alcalines. Cette dernière combinaison constitue le *thioxydant* Lumière. Après le fixage, la plaque est lavée environ deux minutes à l'eau courante. On la laisse ensuite cinq minutes dans une solution de thioxydant à 10 p. 100, et l'on termine par un lavage de deux minutes à l'eau courante. L'eau de Javel est à éviter, car elle peut donner du chlorure d'argent.

Un autre procédé consiste à rendre la gélatine insoluble et à laver la plaque dans l'eau chaude. L'hyposulfite est alors très rapidement éliminé.

Quelle que soit la méthode adoptée, on pourra s'assurer que la dernière eau de lavage ne contient plus aucune trace d'hyposulfite. Il existe à cet effet plusieurs réactifs très sensibles. Nous indiquerons seulement les deux plus simples.

Le premier est constitué par l'empois d'amidon additionné d'eau iodée, préparée en mettant quelques gouttes de teinture d'iode

dans 100 centimètres cubes d'eau. Il se forme ainsi de l'iodure d'amidon bleu. Cet iodure bleu, mis en présence de l'eau de lavage, se décolore s'il y reste de l'hyposulfite.

Le second réactif est constitué par :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potasse . . . . .	1 gr.
Carbonate de potasse . . . . .	1 à 2 —

Cette solution est violette. On en verse quelques gouttes dans l'eau de lavage : si le mélange se décolore, c'est qu'il contient encore de l'hyposulfite; s'il reste coloré, le lavage est suffisant.

Le défaut de tous ces réactifs indicateurs est que, s'ils révèlent bien la présence d'hyposulfite soluble dans l'eau, ils n'indiquent pas si de l'hyposulfite insoluble est resté dans la gélatine.

Signalons que *l'eau de mer*, non seulement est très utilisable pour le lavage des plaques et papiers, mais qu'elle neutralise même l'hyposulfite. Il est toutefois indispensable de terminer par un lavage à l'eau douce (changée deux ou trois fois) pour éliminer les sels de magnésium, qui attirent l'humidité.

**Dessiccation.** — Le phototype lavé est mis à sécher verticalement : si on le posait à plat, il se couvrirait de poussières qui resteraient adhérentes à la gélatine. On construit des séchoirs pliants à rainures (fig. 62) sur lesquels peuvent être placées une douzaine de plaques. Le séchage est lent, sur ces supports, car l'évaporation est gênée par la proximité des plaques. Si l'on dispose d'un local suffisant, il sera préférable d'y faire établir une longue étagère à claire-voie sur laquelle les plaques seront rangées les unes à côté des autres, debout contre le mur.

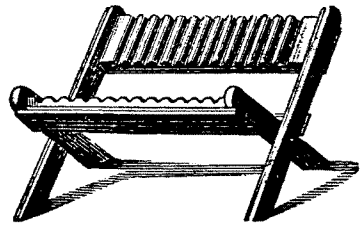


Fig. 62. — Séchoir pliant.

Pour activer la dessiccation, la gélatine est alunée (plutôt que formolée), et, ainsi bien insolubilisée, on pourra chauffer la plaque, avec précaution pour ne pas briser le verre. L'exposition au soleil d'été suffira à hâter beaucoup la dessiccation. Il amènerait infailliblement la fusion de la gélatine non traitée par l'alun ou le formol.

On peut encore enfermer les plaques dans une boîte ou armoire

contenant du chlorure de calcium. Cette substance, très avide d'eau, ne doit pas être mise en contact avec la gélatine.

Un autre moyen d'abrèger le séchage est de plonger la plaque dans l'alcool à 90°, qui s'empare rapidement de l'eau. Au bout de cinq minutes, pendant lesquelles on aura agité la cuvette, la plaque sera retirée, et la couche légèrement tamponnée avec un linge très doux. Le mélange d'alcool et d'eau demeuré dans la couche s'évaporerait rapidement. Il va sans dire que la plaque traitée par l'alcool ne devra pas être approchée du feu. L'alcool ainsi employé contient une quantité d'eau qui augmente à chaque opération; il finit donc par ne plus agir efficacement. Pour le régénérer, on le versera dans un flacon contenant du plâtre, qui s'emparera de l'eau.

Un procédé fort curieux a été indiqué en 1912 par MM. Lumière et Seyewetz : on plonge pendant cinq minutes la plaque dans une solution saturée de carbonate de potassium, soit à 110 p. 100 environ. On la retire, l'égoutte, l'essore entre deux buvards, et l'essuie sur ses deux faces avec un linge doux : elle est sèche. Il faut rajouter de temps en temps du carbonate à la solution pour la maintenir au titre de saturation, car elle se charge évidemment de l'eau qu'elle retire à la gélatine, ce qui la dilue.

Les pellicules ne seront traitées ni par la chaleur ni par l'alcool : la chaleur ramollit le celluloïd, substance d'ailleurs très inflammable, et l'alcool le dissout partiellement. Le dessiccation peut, à la rigueur, être accélérée par le chlorure de calcium, mais le mieux est de laisser sécher les pellicules à l'air libre, à la température ordinaire, après les avoir piquées sur une planchette. On fabrique à cet effet des pointes spéciales à tête de verre.

Il est important que le séchage une fois commencé ne soit pas accéléré par l'exposition au soleil, près du feu ou dans un courant d'air : les parties qui étaient encore gorgées d'eau à ce moment se mettant à sécher plus vite que celles qui l'ont fait en premier lieu (bords, surtout l'inférieur), seraient beaucoup plus claires. — Un séchage exagérément long (vingt-quatre heures et plus), comme cela a lieu dans certains climats humides, peut favoriser le développement de moisissures et de bactéries sur la gélatine.

\* \* \*

**Correctifs du développement.** — Quel que soit le mode de développement appliqué au phototype, il arrive souvent que l'image ne présente pas la meilleure intensité qui convienne au tirage. Si le négatif est trop opaque, le positif s'impressionnera trop lentement, et les détails manqueront dans les espaces clairs; s'il est trop faible, le positif sera dépourvu de vigueur, et les détails feront défaut dans les ombres. De là la nécessité de corriger l'image obtenue par développement, soit en la renforçant, soit en l'affaiblissant. Cette opération supplémentaire permet de modifier non seulement la densité générale du cliché, mais aussi le rapport de ses valeurs, qui seront, à volonté, accentuées ou adoucies, suivant la nature du renforçateur ou de l'affaiblisseur dont on aura fait choix. Elle était plus importante et plus souvent nécessaire autrefois qu'aujourd'hui, où l'on dispose de papiers au bromure doux ou à contrastes, permettant de tirer un bon parti de clichés très divers.

**Renforçateur au bichlorure de mercure.** — Le cliché, dont l'hyposulfite aura été préalablement éliminé, est d'abord immergé dans le bain suivant<sup>1</sup> :

Eau (bouillie et chaude de préférence) . . . . .	100 cc.
Bichlorure de mercure (sublimé corrosif). . . . .	3 à 5 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	dix gouttes

L'image paraît d'abord plus foncée, et violacée par transparence; puis elle blanchit peu à peu, par suite de la transformation de l'argent qui la constituait en un chlorure double d'argent et de mercure. Si la plaque est placée dans une cuvette de carton noir, elle montre par réflexion un positif très fin. Quand le degré de chloruration que comporte l'état du cliché se trouve atteint, ce dont la pratique seule permet de juger, on lave abondamment la plaque, pour en éliminer l'excès de sel mercuriel, puis on la plonge dans le bain de noircissement, où elle acquiert toute son intensité. Ce second bain peut être constitué de diverses façons. Le plus mauvais, et pourtant le plus

---

1. Cette solution est très toxique; veiller à ne pas la mettre en contact avec des écorchures. Il faut également éviter de toucher avec cette solution des objets d'or, d'argent, de cuivre ou d'aluminium, qui seraient rongés.

fréquemment employé, est une solution d'ammoniaque ordinaire à 5 p. 100. Le noircissement y est immédiat, mais l'action en est inégale, et l'image ainsi traitée manque par la suite de stabilité. L'hyposulfite, les sulfures, les alcalis et les carbonates alcalins, tour à tour préconisés par divers chimistes, ne sont pas plus recommandables<sup>1</sup>. Le sulfite de soude (anhydre en solution à 5 p. 100 ou 10 p. 100 au plus) vaudrait mieux, mais ne détermine qu'une intensification souvent insuffisante, surtout dans les demi-teintes, qui se trouvent beaucoup moins renforcées que les opacités, d'où résulte une notable exagération des contrastes primitifs. On obtient un résultat meilleur encore en employant comme bain de blanchiment une solution contenant 3 p. 100 de bromure de potassium en même temps que 3 p. 100 de bichlorure de mercure. Quant à l'iodure de potassium, il rend l'image si dure, si heurtée, qu'il convient d'en limiter l'application aux reproductions de dessins au trait<sup>2</sup>. La solution noircissante (ammoniacale ou sulfitée) ne sert qu'une fois. Toutes les opérations se font en plein jour.

Le noircissement à l'aide d'un second développement est préférable, seulement il n'y a guère que l'oxalate ferreux qui satisfasse aux conditions requises. Les autres révélateurs, en effet, contiennent du sulfite et une substance alcaline, et c'est alors la présence de ces matières qui joue le principal rôle dans le noircissement, avec les inconvénients que l'on cherchait justement à éviter. Un procédé plus simple, basé sur l'emploi du chlorure stanneux, fournit un bon noircissement. Dans 100 centimètres cubes d'eau, on fait dissoudre 2 grammes d'acide tartrique, puis, la dissolution achevée, on y ajoute 2 grammes de protochlorure d'étain. Ce mélange est très altérable à l'air. Il a, d'ailleurs, si peu de valeur et la préparation en est si

---

1. On vend sous le nom de « photographies magiques » des épreuves blanches, où l'image a disparu grâce au bichlorure de mercure, et réapparaît peu à peu quand l'épreuve est mise en contact avec un papier imprégné d'hyposulfite ou d'ammoniaque.

2. On obtient des renforcements encore plus parfaits de photographies documentaires sans demi-teintes, en employant comme bain noircissant une solution de cyanure d'argent (MONCKHOVEN). Celle-ci se prépare en versant peu à peu 20 centimètres cubes d'une solution à 10 p. 100 de cyanure de potassium ou sodium, dans 50 grammes de solution de nitrate d'argent à 5 p. 100, et en complétant à 100 grammes par de l'eau. Ce bain peut servir longtemps.

rapide, qu'il n'y a pas lieu de chercher à le conserver. Mais il sert, sans inconvénient, à noircir successivement plusieurs clichés dans la même séance.

Quand le cliché est extrêmement gris, pâle et uniforme, il est possible d'arriver à produire un renforcement considérable, c'est-à-dire d'exagérer beaucoup les contrastes primitivement si peu marqués, en le reblanchissant et en le développant à l'oxalate ferreux plusieurs fois consécutives, alternativement (bien le laver après chaque opération). Le même révélateur peut resservir plusieurs fois; les autres révélateurs ne servent qu'une fois.

Les clichés renforcés au bichlorure de mercure jaunissent parfois. Cet accident est dû, selon M. Haddon, au sel mercuriel qui se fixe sur la gélatine en formant un composé presque insoluble, très difficile à éliminer, et dont la présence provoque l'altération de l'image. On peut l'éviter en ajoutant à la solution de bichlorure 1/2 à 1 p. 100 d'acide chlorhydrique, et en effectuant le premier lavage dans de l'eau également additionnée de 1 p. 100 du même acide. On a aussi remplacé l'acide chlorhydrique par 2 grammes p. 100 de sel de cuisine. Suivant la *Photographische Industrie*, on éviterait tout risque de jaunissement si, après avoir blanchi l'image au bichlorure, on la noircissait dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Formol du commerce . . . . .	10 —
Solution de potasse caustique à 1 p. 100 . . . . .	1 —

Il est à remarquer que lorsqu'un cliché renforcé au sublimé est ensuite *pelliculé*, c'est-à-dire séparé du verre que recouvrait l'émulsion, comme c'est le cas dans la plupart des procédés d'impressions photomécaniques, où l'image doit être retournée, cette image perd beaucoup de son intensité dans les bains auxquels on la soumet pour détacher la couche de son support. M. Namias y remédie en procédant au pelliculage avant le noircissement : le cliché est donc blanchi au bichlorure et lavé sur son support de verre, puis pelliculé, et n'est noirci que lorsqu'il est reporté sur le support définitif. En opérant ainsi, l'intensité ne se trouve nullement altérée.

La solution de bichlorure de mercure sert au blanchiment d'un assez grand nombre de phototypes. La conservation en est très différente selon la quantité de l'eau employée à sa préparation.

Sous l'influence de l'air, de la lumière et des matières organiques, le sel mercuriel dissous dans l'eau ordinaire se décompose assez rapidement, en donnant un précipité de calomel insoluble. On retarde cette altération en conservant le flacon dans l'obscurité, et bien plein et bouché; une légère addition d'acide tartrique ou chlorhydrique augmente encore la stabilité, mais le mieux est de faire usage d'eau distillée, qui est ainsi à la fois pure et privée d'air.

**Renforceur à l'iodure de mercure.** — Ici, les contrastes ne sont pas, comme dans le renforcement au bichlorure, exagérés; il porte surtout sur les détails de faible densité (ombres), ce qui est l'amélioration la plus souvent recherchée. L'iodure mercurique est donc le renforceur à recommander en général.

Le cliché fixé et lavé, au besoin très sommairement (l'élimination complète de l'hyposulfite n'est pas indispensable), est plongé dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	10 gr.
Iodure mercurique . . . . .	1 —

(Dissoudre dans l'ordre indiqué.)

L'image n'y blanchit pas, comme dans le bichlorure, mais s'y renforce directement, en prenant une nuance indigo. La marche de l'intensification, est dès lors, facile à contrôler et à interrompre, au moyen d'un lavage, aussitôt que l'effet désiré est atteint. L'action de l'iodure mercurique est moins brutale que celle du bichlorure, les demi-teintes sont mieux conservées, et il ne se produit ni les stries ni les irrégularités de coloration qui sont toujours à redouter lors du noircissement d'un cliché blanchi dans le bichlorure. La solution d'iodure mercurique peut être conservée pour servir à des opérations ultérieures, mais à condition d'être conservée à l'abri de la lumière; elle renforcera 5 ou 6 clichés.

L'image renforcée à l'iodure a une certaine fixité, mais risque, néanmoins, de jaunir avec le temps, surtout sous l'influence de l'air humide. On évite cet accident en développant, après lavage, dans un révélateur quelconque, qui réduit l'iodure d'argent en argent métallique. Cette action se produit même sur un cliché jauni.

Si le renforcement a été trop intense, on peut le diminuer dans une solution d'hyposulfite, avant le second développement. Après ce développement, l'image peut encore être éclaircie, mais il faut

alors employer l'un des affaiblisseurs qui seront analysés plus loin (persulfate, acide chromique, etc.).

**Renforçateur au ferricyanure d'urane.** — Le cliché, soigneusement lavé, de manière à ne plus contenir la moindre trace d'hyposulfite, est plongé dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Acide citrique. . . . .	2 gr. 5
Nitrate d'urane . . . . .	1 gr.
Ferricyanure de potassium . . . . .	0 gr. 8

Ce mélange doit être préparé en faisant dissoudre séparément chacune des substances qui le constituent dans une portion de l'eau préalablement mesurée. On mélange ensuite les trois solutions, et l'on y ajoute le reste de l'eau. Ce bain ne se conserve pas et doit être préparé seulement au moment de l'emploi. La complication relative de cette préparation s'accorde mal avec les conditions actuelles de la photographie d'amateur, où tout est simplifié et facilité, mais le commerce fournit le renforçateur à l'urane sous forme de mélange en poudre, qu'il suffit de faire dissoudre dans de l'eau ordinaire. Il n'est même pas nécessaire de peser exactement cette poudre; rien n'empêche de s'en tenir à un simple dosage à la cuiller, en sorte que le bain n'est pas plus difficile à préparer qu'un verre d'eau sucrée.

Théoriquement, la méthode à l'urane est plutôt un virage qu'un renforcement proprement dit, mais, en fait, elle aboutit à un résultat équivalent. Les opacités du cliché ne sont pas accrues par un dépôt métallique supplémentaire : leur ton est simplement changé du noir à une nuance brune beaucoup moins actinique, et cette particularité nous fait déjà prévoir que les valeurs de l'image ainsi traitée conserveront leurs valeurs relatives.

Cet avantage n'est pas le seul : le virage à l'urane renforce, en somme, plus énergiquement que les renforçateurs précédents et permet ainsi d'arriver à des intensités très fortes en partant d'images très faibles, et cela sans empâter les lumières, en sorte qu'on en obtient des clichés très harmonieux, quoique très vigoureux.

Si le cliché est sec, il faut le mouiller pendant quelques instants, avant de commencer le renforcement : l'opération marche alors très régulièrement. L'examen par transparence montre l'intensifi-



cation graduelle de l'image, qui prend peu à peu la teinte sépia. Cette couleur trompe parfois le débutant; il faut quelques essais pour apprendre à juger de l'intensité réelle du phototype d'après son intensité apparente. Arrivé au point voulu, on arrête le virage en lavant à l'eau courante, jusqu'à complète disparition de la teinte jaunâtre qui colore les parties transparentes. Toutefois, il importe de ne pas prolonger ce lavage outre mesure : la durée n'en doit pas dépasser un quart d'heure, sous peine d'affaiblir l'image, qui s'altère aussi sous l'influence de l'humidité.

Les plaques traitées à l'urane ne doivent pas être lavées dans des cuves à rainures de zinc. La moindre trace d'un sel de ce métal décomposerait le ferrocyanure d'urane qui constitue l'image et provoquerait la formation de ferrocyanure de zinc. Cette réaction est d'ailleurs mise à profit pour affaiblir les phototypes trop renforcés par le bain d'urane : on n'a qu'à les plonger dans une solution *très étendue* de chlorure de zinc. Une solution peu diluée agirait trop brutalement et attaquerait, en outre, la gélatine.

Les clichés renforcés à l'urane passent quelquefois au brun jaunâtre, lorsqu'on en a tiré un certain nombre d'épreuves; c'est là l'indice d'un lavage insuffisant. Il faut que l'élimination du renforçateur soit assez parfaite pour qu'une portion de la dernière eau de lavage, mêlée à une petite quantité de perchlorure de fer ou d'oxalate ferreux, ne donne plus de coloration bleue. Quand cette condition est réalisée, l'image est beaucoup plus stable que si elle avait été renforcée aux sels de mercure, pourvu qu'elle soit soustraite à l'influence de l'humidité par un vernis imperméable. Néanmoins, les inconvénients ou complications assez nombreux du traitement à l'urane, engagent à n'employer ce bain que comme vireur en brun-rouge; dans la pratique courante, le blanchiment bromo-mercurique avec noircissement au sulfite, ou bien, suivant le but recherché, l'iode mercurique suivi d'un développement, sont les plus recommandables.

**Renforçateur au ferricyanure de cuivre.** — C'est encore un virage, qui agit d'une manière analogue au précédent, mais donne des images de couleur rougeâtre et parfaitement stables, même dans l'air humide. On fait d'abord dissoudre :

Eau distillée . . . . .	100 cc.
Sulfate de cuivre . . . . .	5 gr.

Cette solution est additionnée de carbonate d'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité verdâtre qui se forme d'abord se redissolve. On ajoute ensuite :

Eau distillée . . . . .	700 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	12 gr.

On ajoute, enfin, du carbonate d'ammoniaque, en quantité suffisante pour redissoudre le nouveau précipité qui vient de se former.

L'amateur aura tout avantage à se dispenser de procéder à cette préparation assez compliquée, quoique sans difficulté. Il évitera tout risque d'insuccès, et par suite toute dépense inutile, en employant les virages au cuivre, vendus sous forme de mélanges en poudre très solubles dans l'eau.

Le phototype est placé *sec* dans le bain de cuivre. Au bout de quelques instants, l'image prend une teinte brune, qui passe ensuite au rouge-cerise de plus en plus vif. Arrivé à l'intensité désirée, on élimine le renforçateur, à l'aide de lavages qui peuvent être prolongés sans inconvénient.

Un renforcement considérable des contrastes, qui peut se recommencer à chaque nouveau traitement jusqu'à donner un cliché normal en partant d'une image pâle jusqu'à en être presque invisible, se fait par deux bains.

Le premier, pour le blanchiment, est à base d'iodure cuivreux préparé par deux solutions :

A. Eau . . . . .	p. f.	500 cc.
Sulfate de cuivre . . . . .		5 gr.
Acide acétique cristallisable . . . . .		28 cc.
B. Eau . . . . .	p. f.	500 cc.
Iodure de potassium . . . . .		5 gr.
Ammoniaque en solution 22° B. . . . .		45 cc.

Verser A dans B; laisser refroidir ce mélange, qui s'échauffe par suite de la réaction. Le cliché y devient jaune; le laver soigneusement, et le faire noircir dans le bain :

Eau . . . . .	200 gr.
Nitrate d'argent . . . . .	0,5 gr.
Acétate de sodium . . . . .	2 gr.

Après noircissement, laver sommairement à l'eau, puis pendant deux à trois minutes dans l'eau ammoniacale à 1 p. 100. Terminer par le passage dans un révélateur, qui réduit l'iodure en argent.

**Renforceurs à l'argent.** — Le renforcement à l'argent est un procédé identique au *développement physique*, dont il ne diffère qu'en ce qu'il s'applique à une image déjà visible, quoique encore trop faible. Cette méthode a donné lieu à d'innombrables formules, d'ailleurs peu différentes les unes des autres. Nous ne donnons ici que celle de S.-B. Wellington, mais on pourra également utiliser celles qui sont indiquées à propos des révélateurs physiques (p. 176), ou du développement après fixage (p. 197), ou du renforcement des plaques autochromes (p. 447), moins compliquées.

On prépare une solution de réserve ainsi constituée :

Eau distillée. . . . .	1 000 cc.
Nitrate d'argent . . . . .	20 gr.
Sulfocyanure d'ammonium . . . . .	40 —

On fait d'abord dissoudre le nitrate d'argent dans 50 centimètres cubes d'eau, on y ajoute le sulfocyanure, et, après dissolution du précipité qui s'était d'abord formé, on ajoute le reste de l'eau. Il se produit alors un nouveau précipité, que l'on fait redissoudre en ajoutant au mélange une solution saturée d'hyposulfite, en quantité suffisante pour que le tout redevienne limpide.

Pour l'usage on prendra :

Solution de réserve . . . . .	100 cc.
Acide pyrogallique. . . . .	0 gr. 5
Sulfite de soude. . . . .	1 gr.
Ammoniaque . . . . .	15 gouttes
Bromure d'ammonium . . . . .	5 gr.

Le cliché, sommairement lavé après le fixage, est laissé dans ce bain jusqu'à intensité suffisante. Généralement 10 minutes suffisent. Il faut balancer continuellement la cuvette, et, si l'action du bain se ralentit, y ajouter un peu d'ammoniaque. Si la solution se trouble, il vaut mieux la jeter et en préparer une nouvelle. On terminera par un lavage à l'eau courante.

**Renforcement bichromate et second développement.** — Cette méthode consiste à transformer l'argent qui constitue l'image en chlorure d'argent que l'on réduit ensuite dans un second déve-

loppement. La couleur noir grisâtre du négatif primitif se trouve alors changée en une couleur brune, très inactinique, qui fournit au tirage des photocopies très intenses. Pour chlorurer l'argent, les moyens ne manquent pas. La formule suivante est due à M. Tape :

Eau . . . . .	30 cc.
Bichromate de potasse . . . . .	0 gr. 35
Chlorure de potassium . . . . .	0 gr. 60
Acide chlorhydrique . . . . .	gouttes

Autre formule (C. W. Piper) :

- A. Solution de bichromate de potassium à 10 p. 100.  
 B. Solution d'acide chlorhydrique à 10 p. 100.

Prendre 2 parties de A pour 1 de B si on veut un renforcement énergique, ou 1 de A pour 2 de B pour renforcer peu; compléter en ajoutant 3 à 5 fois plus d'eau que de liquide chlorochromique.

Le cliché, préalablement mouillé, est blanchi dans ce bain chlorurant, puis lavé pendant une demi-heure environ (il est bon d'ajouter l'eau de carbonate de sodium) et enfin soumis à l'action d'un révélateur au métol ou à l'hydroquinone, à l'adurool, à l'acide pyrogallique, etc., avec cette remarque que l'intensification obtenue varie avec chacun d'eux. En tout cas, ce nouveau développement doit être suffisamment prolongé pour que tout le chlorure soit réduit, sans quoi l'opération aboutirait, en fin de compte, non pas à un renforcement, mais bien à un affaiblissement.

Il faut opérer dans un endroit peu éclairé ou à la lumière artificielle, le chlorure d'argent qui se forme noircissant au soleil.

**Affaiblisseur au ferricyanure de potassium.** — Ce réactif, désigné habituellement sous la dénomination de *réducteur de Farmer*, du nom de son inventeur (1884), sert à éclaircir les phototypes trop opaques ou légèrement voilés dans les ombres. Sa formule ordinaire est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	50 gr.
Ferricyanure de potassium (prussiate rouge). . . . .	5 —

Cette solution s'altère très rapidement et ne doit être préparée qu'au moment de l'emploi. Le phototype s'y éclaircit, diminue de

densité et finirait même par s'effacer complètement; il faut le retirer un peu avant d'avoir atteint le degré de réduction voulu, car la dissolution de l'argent se poursuit encore légèrement, pendant les premiers instants du lavage. On gagne en stabilité de solution et en pureté de l'image en alcalinisant le bain par un peu d'ammoniaque ou de carbonate de sodium. Agiter continuellement la cuvette.

On reproche souvent à ce réactif de travailler irrégulièrement et de ronger les demi-teintes de l'image. Le Dr Sturenberg a montré que ces griefs ne sont pas fondés et que l'affaiblisseur de Farmer donne des résultats sûrs et constants, quand il est convenablement préparé et judicieusement employé.

Plus la dose d'hyposulfite est grande, plus la réduction est générale sur toute l'étendue de l'image; plus on ajoute de ferricyanure, plus les demi-teintes sont rongées. On peut ainsi préparer les deux bains suivants :

Pour *respecter les contrastes*, donnant un affaiblissement général : 2 grammes de ferricyanure dans 100 centimètres cubes de solution à 20 p. 100 d'hyposulfite.

Pour *augmenter les contrastes* au cours de l'affaiblissement, n'y dissoudre que 0<sup>gr</sup>,25 de ferricyanure. En outre, si le mélange présente une réaction alcaline, son action est beaucoup plus modérée et s'exerce uniformément sur toute la surface. Il en est de même, si l'on additionne la liqueur de 10 p. 100 d'acide acétique; seulement le bain acide agit beaucoup plus lentement que le bain alcalin. M. Sturenberg fait usage, suivant le cas, d'un bain neutre ou d'un bain alcalin, qu'il combine à l'aide de trois solutions :

A. Eau . . . . .	100 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	5 gr.
B. Eau . . . . .	100 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	5 gr.
Carbonate de soude. . . . .	10 —
C. Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium. . . . .	5 gr.

Pour affaiblir uniformément un cliché trop opaque, on prendra :

Solution B . . . . .	100 cc.
Solution C . . . . .	50 gr.

Si, au contraire, le cliché est gris ou voilé et qu'on désire en augmenter les contrastes ou simplement en éclaircir les transparences, il vaudra mieux employer :

Solution A . . . . .	100 cc.
Solution C . . . . .	10 ou davantage

**Affaiblisseur aux sels de cérium** (Lumière et Seyewetz). —

La solution :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfate de cérium . . . . .	5 à 10 gr.
Acide sulfurique . . . . .	1 à 4 —

se conserve sans altération et peut servir jusqu'à épuisement. Elle agit très rapidement, mais avec régularité. Additionnée d'une plus grande quantité d'eau, elle travaille lentement, mais aboutit au même résultat. Elle a une tendance à augmenter les contrastes de l'image, comme le réducteur de Farmer, mais elle a sur ce dernier l'avantage de se conserver en solution toujours prête à l'emploi.

**Affaiblisseur au persulfate d'ammoniaque.** — Le persulfate d'ammoniaque possède la remarquable propriété d'attaquer les grandes opacités plus que les demi-teintes, et d'adoucir ainsi les contrastes des négatifs trop durs. La formule normale est (préparer le bain au moment de l'usage) :

Eau ( <i>non</i> distillée) . . . . .	100 cc.
Persulfate d'ammoniaque . . . . .	3 à 4 gr.

Il vaut mieux diminuer la concentration de ce bain que de l'augmenter. La réaction est, il est vrai, plus lente, mais une solution plus concentrée risquerait de désagréger la gélatine.

L'affaiblissement ne commence pas immédiatement après l'immersion du phototype, mais la marche en est ensuite très régulière, avec action de plus en plus rapide. Quand le résultat désiré est atteint, il faut plonger la plaque dans une solution de sulfite de soude à 10 p. 100, afin d'arrêter net l'action du persulfate. Cette précaution n'est pas indispensable : on peut se contenter de laver à l'eau courante, en s'y prenant un peu à l'avance, l'affaiblissement se poursuivant jusqu'à l'élimination totale du persulfate. Cette dernière méthode fait même gagner du temps, mais conduit à des résul-

tats moins parfaits et surtout moins exactement contrôlés que la première.

Le persulfate s'altère très rapidement en solution. Il ne faut donc le faire dissoudre qu'au dernier moment. En outre, il arrive parfois qu'une solution fraîchement préparée ne produit aucun effet; c'est que le persulfate n'affaiblit pas, lorsqu'il présente une réaction alcaline. Si donc la provenance de ce sel permet d'en suspecter la qualité, il sera prudent, en le dissolvant, de l'essayer au papier de tournesol bleu. La réaction n'est-elle pas nettement acide, on ajoutera quelques gouttes d'acide sulfurique, jusqu'à ce que le papier rougisse. La qualité de l'eau influe beaucoup sur l'action du produit, notamment des traces de chlorure de sodium.

L'affaiblisseur au persulfate convient surtout aux clichés sous-exposés qui ont été trop développés, tandis que les affaiblisseurs précédents en détruiraient les demi-teintes et exagéreraient encore les oppositions d'une image déjà trop heurtée. Il faut remarquer cependant que le persulfate ne doit pas être appliqué aux clichés développés au paramidophénol : dans ce cas, en effet, les demi-teintes seraient encore plus rongées qu'avec les autres affaiblisseurs.

**Affaiblisseur à la quinone.** — MM. Lumière et Seyewetz ont reconnu que les quinones et leurs dérivés sulfoniques en solution aqueuse acidulée présentent des propriétés analogues au persulfate d'ammoniaque. « Pour expliquer, disent-ils<sup>1</sup>, le phénomène que la quinone agit de préférence sur les parties opaques de l'image et respecte les faibles impressions, c'est-à-dire paraît exercer son action depuis le fond de la couche jusqu'à la surface, on peut supposer que l'hydroquinone et le sel d'argent soluble qui prennent naissance dans la dissolution de l'argent jouent le rôle de renforçateur physique qui tend à déposer de l'argent à la surface de l'image et à paralyser ainsi la dissolution de l'argent à partir de la surface de l'image. »

La composition qui a donné les meilleurs résultats est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide sulfurique . . . . .	20 —
Benzoquinone (quinone commerciale ordinaire). . .	5 gr.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*. 1910,

Cette solution est d'abord jaune clair, mais se colore à la longue en brun, même à l'abri de la lumière, et laisse déposer un précipité verdâtre. Elle n'agit pas immédiatement sur l'image et n'y exerce son action dissolvante qu'au bout de quelques minutes. Quand l'image est suffisamment affaiblie, on lave le phototype et on le plonge dans une solution de bisulfite de soude à 10 p. 100. Ce réactif est ensuite éliminé par un dernier lavage.

**Affaiblisseur à l'acide chromique.** — La formule la plus simple est :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide chromique cristallisé . . . . .	1 gr.

Cependant, quelques gouttes d'acide sulfurique facilitent la dissolution de l'argent des clichés très intenses. Aussi préfère-t-on généralement préparer cet affaiblisseur en utilisant la réaction de l'acide sulfurique sur le bichromate de potasse :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Bichromate de potasse . . . . .	1 gr.
Acide sulfurique . . . . .	1 —

Ces proportions donnent déjà un mélange fort actif. Il vaudrait même mieux diluer davantage; en tout cas, c'est là un maximum de concentration à ne pas dépasser. Un bain trop énergique est difficile à surveiller, produit souvent des irrégularités et risque même de tout effacer avant que l'on ait eu le temps d'en retirer le cliché.

L'affaiblisseur à l'acide chromique se conserve indéfiniment intact; il est, par conséquent, toujours prêt à l'emploi. Il est si dilué, il nécessite une si faible quantité de substance active, que l'élimination en est facile et rapide, ce qui réduit le lavage au minimum.

**Affaiblisseur à l'acide permanganique.** — La solution doit être très étendue :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potasse . . . . .	0 gr. 5
Acide sulfurique . . . . .	1 cc.

Ce bain s'emploie de la même manière que l'acide chromique, mais n'en a pas la stabilité. Il a, de plus, l'inconvénient de pro-



duire dans la gélatine un dépôt de bioxyde de manganèse, qu'il faut éliminer dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide oxalique. . . . .	10 gr.

Un affaiblisseur bien préférable combine au permanganate le persulfate d'ammonium :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide sulfurique . . . . .	0 cc. 5
Permanganate de potassium. . . . .	0 gr. 1
Persulfate d'ammonium (dissous dans un peu d'eau, à ajouter au mélange préparé) . . . . .	10 gr.

Après deux à cinq minutes d'immersion, rincer sommairement, plonger cinq minutes dans une solution à 10 p. 100 de bisulfite de sodium, laver.

**Affaiblisseur à l'eau céleste.** — On appelle *eau céleste* la solution ammoniacale de l'oxyde de cuivre. Pour la préparer, on fait dissoudre 1 gramme de sulfate de cuivre dans un litre d'eau, et l'on y ajoute de l'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité qui se forme d'abord soit exactement redissous. On a alors une liqueur bleue, limpide. Pour l'employer à l'affaiblissement, on l'additionne d'une quantité égale d'hyposulfite de soude à 5 p. 100.

Cet affaiblisseur passe généralement pour adoucir les contrastes du phototype. Cependant cet adoucissement est très contestable; en tout cas, il est certainement moins marqué que celui qu'on obtient avec le persulfate, avec la quinone et surtout avec la méthode de chloruration et de second développement qui va être décrite.

Un bain analogue, très peu coûteux et qui sert un grand nombre de fois en s'améliorant, est :

Eau . . . . .	100 gr.
Sulfate de cuivre . . . . .	4 —
Chlorure de sodium (sel de cuisine) . . . . .	5 —

Immerger le cliché, bien lavé. Quand il est devenu gris-roux, le bien laver, puis plonger dans une solution d'hyposulfite à 10 p. 100 jusqu'à disparition de cette teinte. Laver.

**Affaiblisseur à l'alun de fer.** — Préparer une solution à 2 p. 100 d'alun de fer et d'ammoniaque (en cristaux rose-violacé

pâle), avec 0,5 p. 100 d'acide sulfurique pur. Cette solution se conserve. Après immersion ayant amené l'affaiblissement désiré (qui agit en proportion des opacités), rincer à l'eau acidulée par 1 millième d'acide sulfurique, puis laver.

**Affaiblissement par second développement.** — Les affaiblisseurs précédents ont un défaut commun. Leur action consiste simplement dans la dissolution progressive de l'argent qui constitue l'image. On conçoit, dès lors, que, si cette action n'est pas arrêtée à temps, l'image peut se trouver trop affaiblie, sans qu'il soit possible de faire renaître les demi-teintes complètement disparues. Il peut même arriver qu'une circonstance imprévue oblige le photographe à abandonner momentanément la surveillance de l'opération et que son absence se prolonge, tant et si bien qu'il ne retrouve plus, à son retour, qu'une plaque de verre ou une feuille de celluloid uniquement revêtue de gélatine parfaitement transparente. On peut quelquefois y remédier à l'aide du renforçateur physique à l'argent, mais souvent le mal est sans remède, et le meilleur moyen d'éviter à coup sûr cet accident est de procéder de la façon suivante.

L'argent qui forme l'image est d'abord transformé en un sel insoluble dans l'eau : chlorure, bromure ou iodure d'argent, que l'on réduit ensuite partiellement, en plein lumière, à l'aide d'un révélateur.

Pour chlorurer le phototype, on a conseillé l'emploi d'une solution de bichlorure de cuivre à 5 p. 100. Mais la réaction de cette substance sur l'argent donne lieu à la formation de protochlorure de cuivre, insoluble dans l'eau et difficile à éliminer complètement. Il vaut mieux se servir de perchlorure de fer à 3 p. 100, ou bien du mélange ci-après :

Eau . . . . .	150 cc.
Bichromate de potasse . . . . .	1 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	3 cc.

En employant une solution de bromure de cuivre, l'argent de l'image serait transformé en bromure d'argent; il le serait en iodure d'argent, si l'on s'était servi d'iode en dissolution avec un iodure alcalin, par exemple :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Iodure de potassium . . . . .	10 gr.
Iode en paillettes . . . . .	2 —

Dans l'un et l'autre cas, le principe de la méthode resterait identique, et la suite des opérations ne serait pas changée.

Quand l'image tout entière est devenue blanche, même à l'envers, on lave abondamment la plaque, puis on la traite par un révélateur dont on a soin d'arrêter l'action avant qu'elle se soit exercée dans toute l'épaisseur de la couche. On fixe alors, et l'hyposulfite enlève définitivement le chlorure, le bromure ou l'iodure resté inattaqué. Il est clair qu'en faisant usage d'un révélateur riche en alcali et travaillant surtout à la surface, comme le métol, on noircira rapidement les demi-teintes, qui conserveront, dès lors, toute leur vigueur primitive, tandis que les fortes opacités n'auront pas eu le temps d'être développées dans toute leur profondeur. Le résultat final sera, par conséquent, un adoucissement encore plus parfait que celui qui serait résulté de l'emploi du persulfate ou de la quinone.

Ce second développement est certainement le plus précieux des correctifs dont nous disposons actuellement. L'opérateur a la faculté d'en varier à son gré les éléments constitutifs et la concentration, avec cet avantage sur le premier développement qu'il y procède au grand jour, sans courir le moindre risque de voile, et dans les meilleures conditions possible pour bien juger de l'intensité du phototype. D'ailleurs, si l'on se trompe dans l'appréciation de cette intensité ou dans le rendu des valeurs, il n'y a qu'à laver le cliché et à le blanchir de nouveau, pour recommencer le développement. On ne fixera que lorsqu'on aura obtenu le résultat voulu.

\* \* \*

**Vernissage.** — Les clichés destinés au tirage d'un petit nombre d'épreuves sont rarement vernis. Cependant, la couche de gélatine se conservera mieux et plus longtemps, si elle est recouverte d'un enduit qui la préserve des frottements et de l'humidité. D'autre part, certains papiers positifs contiennent du nitrate d'argent susceptible d'occasionner des taches sur un phototype non verni, quand le tirage se prolonge par temps humide ou quand, l'image n'étant pas suffisamment venue à la fin de la journée, on laisse l'épreuve en contact avec le cliché pendant la nuit. Enfin, les clichés soumis à un fort tirage risquent d'être abîmés par les frottements réitérés qu'ils auront à subir : il sera donc nécessaire de les vernir.

Cette opération ne devra être effectuée qu'après complète dessiccation de la couche de gélatine. Parmi les nombreuses formules de vernis qui ont été proposées, nous conseillons les suivantes.

1. Alcool méthylique (à brûler) . . . . .	1 000 cc.
Sandaraque . . . . .	100 gr.
Térébenthine de Venise . . . . .	75 —
ou : gomme laque blanche . . . . .	150 —

Ce vernis se prépare à froid, mais s'applique à chaud. Le cliché est préalablement chauffé et posé horizontalement; on y étend rapidement le vernis et on le redresse de manière à faire couler par un angle l'excédent dans un flacon surmonté d'un entonnoir. Le cliché est ensuite chauffé de nouveau, avec précaution, pour ne pas enflammer l'enduit. La couche ainsi obtenue est très brillante. Sécher à l'abri des poussières, qui resteraient fixées par le vernis.

## 2. Variante :

Alcool méthylique . . . . .	100 cc.
Sandaraque . . . . .	10 à 15 gr.
Essence d'aspic, ou « de lavande <i>maigre</i> » . . . . .	2 cc.

Même mode d'emploi; peut aussi s'étaler à froid.

3. Alcool . . . . .	100 cc.
Benjoin . . . . .	15 gr.

Ce vernis peut être appliqué à froid, mais la couche est alors moins brillante et moins résistante que si on l'applique à chaud. Par contre, elle offre l'avantage de rendre la retouche très facile, sans dépolissage préalable.

4. Benzine cristallisable . . . . .	1 000 cc.
Gomme Dammar . . . . .	10 à 20 gr.
(Convient aux pellicules; laisser sécher plusieurs jours.)	
5. Alcool méthylique . . . . .	300 gr.
Benzine cristallisable . . . . .	300 —
Acétone . . . . .	300 —
Sandaraque . . . . .	100 —

Se prépare et s'emploie, comme le précédent, à froid. Il permet la retouche au crayon. Ne pas employer sur pellicules.

6. Tétrachlorure de carbone . . . . .	100 cc.
Gomme Dammar . . . . .	2 à 3 gr.
Copal en poudre . . . . .	3 à 5 gr.

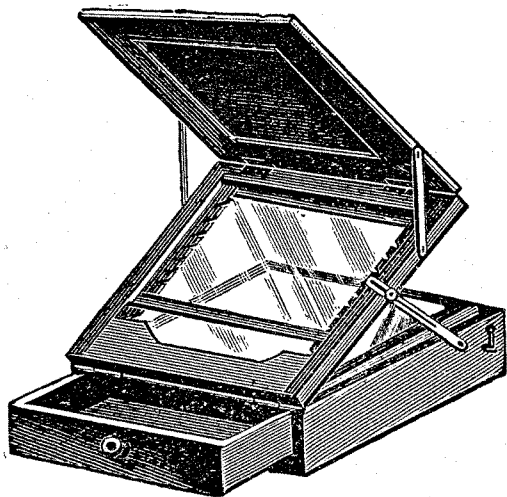
(Préparer à chaud, s'emploie à froid.) Le tétrachlorure de carbone a sur la benzine l'avantage de n'être pas inflammable; ce vernis permet la retouche au crayon.

7. Acétone . . . . .	70 cc.
Acétate d'amyle . . . . .	50 —
Celluloïd (débris de pellicules dégelatinées à l'eau chaude) . . . . .	1 à 2 gr.

Le celluloïd se dissout à froid dans les liquides indiqués et s'étend de même. Il donne une couche très brillante et parfaitement transparente. Ne pas employer avec pellicules.

8. Eau . . . . .	1 000 cc.	ou :	1 000 cc.
Borax . . . . .	25 gr.		20 gr.
Gomme laque blanche . . . . .	100 —		50 —
Carbonate de soude . . . . .	6 —		
Glycérine . . . . .	5 cc.		40 —

Le mélange est chauffé et maintenu en ébullition jusqu'à complète dissolution, en agitant continuellement. On filtre ensuite, on laisse reposer quelques jours et on décante. Ce vernis est appliqué à froid. Il convient particulièrement aux pellicules.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 63. — Pupitre à retouche.

**Retouche.** — Les clichés à retoucher sont placés sur un pupitre spécial (fig. 63), essentiellement constitué par un verre dépoli incliné et éclairé au moyen d'un miroir. Une règle plate que l'on déplace à volonté au-dessus de l'image sert d'appui-main. Une planchette intercepte les rayons passant par-dessus le pupitre; certains retoucheurs

y ajoutent même un voile noir dont ils s'enveloppent la tête, de manière à n'être pas gênés dans leur travail par toute autre lumière que celle qui est transmise par le cliché, éclairé exclusivement par-dessous.

La retouche est ordinairement exécutée à l'aide de crayons en graphite, de duretés assorties, dont la pointe est rendue très effilée par frottement sur une lime fine ou sur un morceau de papier émeri. Le crayon ne prend en général pas suffisamment sur la couche de la gélatine nue, ni sur les vernis très brillants. Dans ce cas, on applique sur la partie à retoucher, au moyen d'un pinceau ou d'un linge fin, une très petite quantité d'un enduit désigné sous le nom de *mattolin*. En voici deux formules, également recommandables :

1. Essence de térébenthine . . . . .	66 cc.
Baume du Canada . . . . .	30 —
2. Essence de téébenthine . . . . .	50 cc.
Benzine cristallisable . . . . .	50 —
Gomme Dammar. . . . .	5 gr.

L'enduit est ensuite tamponné avec un linge fin<sup>1</sup>. Le crayon prend alors très facilement. La retouche s'effectue par petites hachures, si fines que la loupe est parfois nécessaire pour les distinguer, qui atténuent, par leur guillochage uniforme, les petits détails à supprimer (taches de la peau, reflets exagérés, inscriptions, etc.).

Pour boucher les trous, ou pour couvrir les parties trop transparentes que le crayon ne parviendrait pas à intensifier suffisamment, on emploie l'encre de Chine ou la laque carminée appliquées au pinceau de martre très fin (*repiquage*).

Les retouches s'effectuent parfois au dos de la plaque, par grandes masses, et l'on obtient ainsi des effets très doux. Dans ce cas, il faut d'abord étendre sur le verre un vernis mat, tel que celui-ci :

Ether sulfurique . . . . .	150 à 250 cc.
Benzine cristallisable . . . . .	100 à 150 —
Sandaraque . . . . .	25 à 30 gr.
Mastic en larmes. . . . .	10 à 15 —

N'ajouter la benzine qu'après dissolution dans l'éther (plusieurs jours, en agitant souvent); laisser reposer une semaine, décanter

La proportion de benzine est modifiée suivant le degré de dépoli que l'on veut obtenir : le grain est d'autant plus gros qu'il y a plus

---

1. On peut aussi dépolir la gélatine aux endroits voulus en la frottant doucement et régulièrement avec de la ponce finement pulvérisée.

de benzine. Ce vernis mat s'emploie à froid et sèche rapidement. La retouche s'y exécute soit au crayon, soit à l'estompe.

Quand il s'agit de diminuer la transparence d'une assez grande partie de la plaque, par exemple le ciel d'un paysage, on la recouvre de ce vernis, au besoin coloré en rouge par un peu d'éosine, ou en jaune par de l'aurantia (environ 0,5 p. 100). La suppression complète de portions entières (silhouettages, isolement d'un personnage dans un groupe) se fera en entourant au pinceau l'endroit à isoler, d'un vernis très coloré. Une matière peu coûteuse et pouvant s'enlever après usage, est formée de terre de Sienne ou d'ocre additionnée de glycérine jusqu'à consistance pâteuse, puis d'un peu de fuchsine. Elle s'étend sur le verre en couche mince et lisse au pinceau plat. Elle ne sèche pas; on l'enlève une fois le tirage fait, en essuyant avec un papier, puis un linge.

Quant aux parties très opaques qu'il est nécessaire d'éclaircir, on les frotte légèrement à l'aide d'un grattoir, d'une plume vacci-nostyle ou d'une aiguille, par petites hachures. Si l'on veut rendre plus transparentes des parties d'une certaine étendue, on peut les traiter, *avant le vernissage*, par l'un des *réducteurs mécaniques* suivants :

Le phototype étant bien sec, on le frotte du bout de l'index enveloppé d'un linge très fin préalablement imbibé d'alcool à 90°. Ces frictions ne déchirent pas la gélatine, pourvu que le linge reste constamment humecté. On diminue ainsi peu à peu l'épaisseur de la couche et son opacité. Dans le cas de halo, notamment, ce moyen est assez efficace pour faire disparaître l'auréole qui entoure le point lumineux.

Dans le même but, M. Bartlett mélange, par parties égales, de l'huile d'olive et de l'essence de térébenthine, auxquelles il ajoute une pincée de rouge anglais. Le cliché, après complète dessiccation, est frotté doucement avec une touffe d'ouate imbibée de cette mixture. Il faut avoir soin de dégraisser ensuite les opacités ainsi traitées à l'aide d'un peu de benzine. M. Parlow préconise l'emploi d'une pâte analogue, dans laquelle l'huile est remplacée par un soluté de savon à l'eau ou à l'alcool. La mixture savonneuse, additionnée de potée d'étain, de tripoli ou de toute autre poudre à polir, doit avoir la consistance d'une crème épaisse. Elle est étendue par frottement avec le doigt ou avec un tampon de coton. Un lavage copieux est ensuite indispensable pour enlever les moindres traces de savon.

**Pelliculage.** — Il est parfois nécessaire de séparer de son support la couche de gélatine dans laquelle est formé le phototype, et de le reporter sur un nouveau support, à moins qu'on ne préfère la conserver à l'état de simple pellicule. Cette séparation, désignée sous le nom de *pelliculage*, est pratiquée notamment dans les procédés d'impression photomécanique où l'image doit être inversée de droite à gauche, et si cette inversion n'a pas été faite optiquement lors de la prise de vue, par un miroir ou prisme à 45°. On y a également recours quand le verre contient des bulles ou des stries qui seraient apparentes sur l'épreuve, ou quand il est brisé sans que la gélatine soit cependant endommagée. Enfin, on gagne sur l'encombrement et le poids d'une collection de phototypes : une plaque sur verre 13 × 18 pèse 80 à 100 grammes, et sa pellicule pèse 1/2 gramme seulement.

Les manipulations à effectuer et les produits à employer diffèrent suivant que le phototype doit conserver exactement ses dimensions primitives, ou qu'on préfère l'agrandir légèrement.

Dans le premier cas, le cliché à pelliculer est d'abord plongé<sup>1</sup> dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Formol du commerce. . . . .	10 à 20 —
Carbonate de soude. . . . .	4 à 5 gr.
Glycérine . . . . .	1 —

On le retire au bout d'une heure au plus, et on le met à sécher après l'avoir épongé, mais non lavé, de manière que la gélatine reste imprégnée de carbonate. Une fois sèche, la couche est incisée au canif, à 2 ou 3 millimètres des bords de la plaque, que l'on immerge ensuite dans :

Eau. . . . .	100 cc.
Acide chlorhydrique. . . . .	5 à 10 —

La réaction de cet acide sur le carbonate de soude détermine un dégagement d'acide carbonique, qui soulève la pellicule et la détache du verre. On passe alors sous cette pellicule une plaque de verre préalablement frottée de talc en poudre et recouverte d'une couche de collodion, et on retire le tout de la cuvette, en évitant les bulles

---

1. Il est évident que la gélatine ne doit pas être imperméabilisée par un vernis.



d'air. L'excès d'eau est chassé en passant sur la pellicule un rouleau en gélatine, et on laisse sécher. On recouvre enfin la pellicule d'une couche de collodion à 3 p. 100 additionné d'une faible quantité d'huile de ricin. Quand cette couche est sèche, la pellicule se détache facilement du verre et se trouve protégée sur ses deux faces par du collodion.

Lorsque le verre est cassé mais que la couche gélatineuse est encore continue et relie les deux fragments (ce qui est fréquent), le pelliculage est très hasardeux. M. Reeb recommande d'employer alors un vieux cliché sacrifié, que l'on trempe quelques instants seulement dans l'eau : sans que la gélatine ait eu le temps de gonfler, on l'applique la gélatine *contre le verre fendu*, ce dernier bien à plat reposant sur quelques feuilles de papier. On laisse ainsi en contact parfait, qu'assure une pression continue de la main. La gélatine continuant à gonfler pendant ce temps adhère fortement au verre fendu, de sorte que les deux plaques deviennent soudées. On peut alors soumettre la plaque abîmée au pelliculage ; celui-ci serait d'ailleurs inutile si la plaque accessoire accolée comme renforcement avait sa gélatine dépouillée de toute image par la solution de Farmer (p. 362) : étant transparente, elle permettrait le tirage à travers les deux plaques accolées.

Si l'on ne tient pas à conserver à l'image ses dimensions primitives, si l'on désire l'amplifier, il n'y a qu'à supprimer le formol. La pellicule subit alors, en se détachant, une notable extension, d'ailleurs variable suivant la nature de la gélatine et la température des bains. Il va sans dire que, dans ce cas, le cliché devra être placé dans une cuvette assez grande et que la pellicule sera reçue sur une plaque d'un format suffisant, soit environ le double du format primitif (en surface). Tenir compte que cette extension entraîne un amincissement de la couche, qui la rend plus transparente et affaiblit ainsi l'image. Celle-ci doit donc être développée fortement, ou renforcée.

Le pelliculage avec extension de la couche peut également s'obtenir à l'aide d'un seul bain. Une simple immersion dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 p. 100 suffit généralement. Cependant le résultat est assez aléatoire. On réussira plus sûrement en plongeant le cliché dans une solution de fluorure d'ammonium à 10 p. 100 (avec 1/3 de formol si l'on veut conserver les dimensions).

Il suffit de quelques minutes d'immersion. Quand la gélatine est détachée du verre, on vide la cuvette avec précaution, pour ne pas endommager la pellicule, qui est assez fragile, et on y verse de l'eau pure. On passe ensuite la nouvelle plaque de verre qui doit recevoir la pellicule. Si la couche doit rester sur cette plaque, il est nécessaire qu'elle soit parfaitement nettoyée; si, au contraire, elle doit être séparée, la plaque sera talquée et collodionnée, comme dans le cas du pelliculage sans extension.

On peut encore employer comme bain pelliculant une solution saturée de carbonate de potasse, à laquelle on ajoute 5 p. 100 de soude caustique. Après un quart d'heure d'immersion (le cliché pouvant sortir du lavage), essorer le cliché entre buvards, l'essuyer avec un linge doux, inciser au canif la gélatine à quelques millimètres des bords, en soulever un angle et décoller le film.

Pour séparer la gélatine d'une pellicule en cellulöid, verser sur elle une solution tiède (prête à se figer) de gélatine à 6 p. 100; après séchage, plonger dans le formol étendu de son volume d'eau, sortir après 1/4 d'heure et sécher. Inciser la gélatine près des bords, plonger quelques minutes dans une solution à 15 p. 100 d'acide acétique.

\* \* \*

**Insuccès dans les procédés négatifs.** — Les accidents susceptibles d'empêcher la réussite d'un cliché sont très nombreux, mais on peut cependant les ramener, en définitive, à quelques causes qu'il suffira d'indiquer brièvement, en y ajoutant le moyen d'y remédier, quand ce sera possible<sup>1</sup>.

*L'image est déformée.* — La chambre noire n'a pas été placée horizontalement, ou bien l'objectif est mal corrigé de la distorsion.

---

1. On a proposé, comme memento à prononcer avant chaque prise de vue, la phrase suivante, qui est déjà un excellent conseil par elle-même, et dont l'initiale de chaque mot rappelle une précaution à prendre :

<i>Moins</i>	M : Mise au point.
<i>De</i>	D : Diaphragme.
<i>Précipitation</i>	P : Pose ou instantané (et vitesses).
<i>Bonne</i>	B : Bouchon d'objectif (et armement).
<i>Épreuve.</i>	E : Escamotage de la plaque impressionnée.

*L'image manque dans les angles.* — Objectif n'ayant qu'un angle trop restreint. Appareil trop décentré.

*L'image manque de netteté.* — Ce défaut provient de l'une ou de plusieurs des causes suivantes : objectif mal construit ou mal fixé sur l'appareil, barillets mal centrés sur la monture, lentilles vissées de biais, champ de netteté trop restreint, diaphragme trop grand, poussière ou buée sur les lentilles, mise au point imparfaite, défaut de coïncidence entre la plaque sensible et le verre dépoli (soit que le châssis soit mal construit, soit que le verre dépoli ait été placé à l'envers, c'est-à-dire le côté dépoli en dehors, soit que la plaque ait été mise en châssis verre en avant et gélatine en arrière), appareil ébranlé par le vent ou par un fonctionnement trop brusque de l'obturateur, vitesse insuffisante de l'obturateur.

*L'image est retournée* (personnages gauchers, inscriptions à l'envers). — La plaque a été mise dans le châssis le verre en avant.

*Aucune image n'apparaît au développement.* — L'obturateur n'a pas fonctionné, on a oublié de retirer le bouchon, ou bien un écran opaque (le voile noir ou le bras de l'opérateur) s'est interposé entre l'objectif et le sujet au moment de la pose, ou, enfin, le révélateur a été mal préparé, soit qu'on ait oublié l'un de ses éléments constitutifs essentiels, soit qu'on ait fait usage de produits impurs ou altérés par un séjour trop prolongé dans des flacons mal bouchés. Vérifier le fonctionnement de l'obturateur et recommencer, s'il est possible, le développement avec un nouveau révélateur. Une plaque anti-halo exposée à l'envers ne recevra pas de lumière, à cause de sa couche absorbante.

*La gélatine se décolle, surtout par ses bords.* — Cet accident se produit soit quand la température des bains est trop élevée, soit quand le révélateur contient un excès de carbonate, soit quand le développement est trop prolongé, soit quand le fixateur est trop concentré. On l'évite en passant un corps gras sur la tranche de la plaque avant de la mouiller, en durcissant la gélatine dans l'alun, et en faisant usage de solutions et d'eaux de lavage dont la température ne dépasse guère 20°.

*Voile général très intense.* — Si la couche devient *tout entière noire* très rapidement dans le révélateur, c'est que la plaque a vu la lumière hors du châssis : boîte ouverte au jour ou sous une lampe, lanterne à verres non inactiniques (vérifier cette dernière en exposant une

plaque masquée sur sa moitié). Si toute la plaque est noire *sauf* les feuilures ou taquets du châssis qui en couvraient les bords, c'est que le voile s'est produit dans l'appareil (soufflet percé, objectif dévissé de sa planchette, jour passant entre le châssis et le corps arrière). Certains vernis couvrant le volet du châssis peuvent voiler lentement. Cet accident provient aussi d'une très forte surexposition : on peut alors y remédier, dans une certaine mesure, en affaiblissant le cliché dans le réducteur de Farmer.

*Voile partiel.* — Les traînées noires qui coupent l'image proviennent des rayons lumineux qui pénètrent par une fente du châssis ou de la chambre noire, d'un intervalle entre le châssis et les feuilures de son logement. Parfois aussi elles sont causées par le soleil, dont l'image est réfléchie par les lentilles. Les taches de forme rectangulaire sont occasionnées par le contact de feuilles de papier blanc qui ont emmagasiné la lumière et impressionnent ensuite l'émulsion dans l'obscurité. Le voile limité aux bords de la plaque et s'affaiblissant en allant vers le centre, se produit dans les boîtes entamées depuis longtemps.

*Image principale doublée d'une « image fantôme » faible et floue.* — Cette dernière a été produite par un sténopé, formé par un petit trou existant à l'avant de l'appareil (vis de planchette d'objectif perdue). Le soleil peut également entrer par ce trou et frapper la plaque pendant qu'on transporte l'appareil face vers le ciel, d'où traînée noire « en vermicelle ». Si la seconde image est nette, la cause est un double fonctionnement de l'obturateur.

*Voile dichroïque.* — Le cliché est jaune quand on le regarde par réflexion du côté verre, et rose ou violacé quand on l'examine par transparence. Ce double aspect est dû, soit à l'introduction dans le révélateur de substances capables de dissoudre le bromure d'argent (hyposulfite de soude, sulfocyanure d'ammonium, ammoniaque en excès), soit à l'introduction dans le fixateur d'une petite quantité de révélateur. Cet accident risque donc de se produire si l'on manipule le cliché pendant le développement avec les doigts imprégnés d'hyposulfite, ou si on plonge dans le fixateur un cliché mal lavé après le développement. Il est surtout fréquent dans le développement-fixage et dans le traitement des clichés sous-exposés, qui restent très longtemps dans le révélateur et ne se fixent ensuite que très lentement. On y remédie en plongeant le cliché dans une solution

de permanganate de potasse à 1 p. 1 000. Quand la coloration jaune a complètement disparu, on passe la plaque dans un bain de bisulfite de soude commercial liquide étendu de quelques volumes d'eau, et on l'y laisse 5 minutes. On termine par un lavage.

*Teinte générale brune ou jaune, non dichroïque.* — Est donnée par certains révélateurs (pyrogallol), surtout oxydés par le temps. Même remède.

*Dépôt blanchâtre.* — Les eaux trop calcaires occasionnent parfois un précipité qui reste adhérent à la couche, mais que l'on dissout facilement en passant le cliché dans une solution d'acide acétique ou chlorhydrique à 5 p. 1 000.

*Rayures fines et parallèles rectilignes.* — Dues au frottement, surtout du volet contre la gélatine. Vérifier et rectifier celui-ci.

Si ces rayures sont dans le sens de la largeur de la plaque, et non en longueur, la lumière du jour a pénétré à travers les jointures entoilées réunissant les lamelles du rideau de châssis.

*Ampoules.* — Produites par des bains trop chauds, ou par dégagement de gaz carbonique (passage d'une solution carbonatée dans un bain acide).

*Taches transparentes.* — Les poussières déposées sur la plaque avant l'exposition se traduisent au développement par autant de petits points blancs. Les espaces transparents ronds et assez larges sont dus à des bulles d'air formées à la surface de la gélatine au moment de son immersion dans le révélateur. Des inégalités d'intensité, « moutonnements », se produisent aussi quand la plaque n'est pas recouverte d'un seul coup par le bain de développement : on les évitera en employant une quantité de révélateur suffisante pour que la plaque soit rapidement mouillée sur toute son étendue.

Les *empreintes digitales*, aux dessins si caractéristiques, résultent évidemment du contact des doigts sur la gélatine. Seule une retouche minutieuse peut les faire disparaître.

*Marbrures.* — Ces inégalités se produisent quand la cuvette n'est pas agitée pendant le développement, ou quand le révélateur est épuisé ou modifié par addition d'une substance directement introduite dans la cuvette. Le mélange devra toujours s'effectuer dans un récipient distinct, et être reversé ensuite dans la cuvette, après dissolution complète de ses éléments constitutifs.

*Arborescences noires ramifiées et fines.* — Dues à des effluves élec-

triques produits par frottement (volets d'ébonite, celluloid) par temps très secs. Ce sont de véritables éclairs en miniatures.

*Gaufrage en réseau polygonal.* — Révélateur trop chaud, qui a ramolli la gélatine, suivi d'un fixateur trop froid. Parfois dû aussi à l'immobilité de la plaque dans un révélateur peu abondant.

*Métallisations.* — Des reflets métalliques se montrent sur les plaques développées à l'oxalate ferreux, quand on y ajoute un excès d'accélérateur à l'hyposulfite. On les rencontre aussi après un développement prolongé avec un révélateur épuisé, surtout avec l'hydroquinone. Essayer de les enlever en usant délicatement par frottement avec alcool.

*Taches brunes, apparaissant avec le temps.* — Sulfuration de l'argent surtout sur cliché mal fixé ou peu lavé, conservé en atmosphère sulfurante. Pas d'autre remède que la retouche.

*Fixage trop lent.* — La solution d'hyposulfite est trop peu concentrée ou est épuisée après avoir servi à plusieurs clichés. Le même inconvénient se manifeste aussi quand le phototype est exposé à la lumière avant d'être complètement fixé.

*Teinte opaline partielle.* — Le fixage est incomplet : il faut l'achever en employant, au besoin, une solution d'hyposulfite fraîchement préparée. Mais si la plaque a vu le jour, sa conservation restera compromise.

*Le cliché, développé au pyrogallol, a une couleur brune trop intense.* — Cette teinte ne nuit pas à la qualité des épreuves, mais elle en retarde le tirage. On y remédie en plongeant le négatif, fixé et lavé dans un mélange de 3 parties d'acide chlorhydrique et de 100 parties d'une solution d'alun saturée à froid, ou bien dans un mélange de 5 à 10 parties d'acide citrique et de 100 parties de solution saturée d'alun.

*Le cliché présente tout ou partie de l'image en positif.* — Surexposition considérable (plusieurs centaines ou milliers de fois la pose convenable). Lumière de la lanterne ayant frappé la plaque en cours de développement. Parfois, effet d'un développement extrêmement prolongé en bain dilué.

*Le cliché est faible, avec des contrastes bien équilibrés.* — Le temps de pose a été exactement calculé, mais le développement n'a pas été suffisamment prolongé. Renforcer au ferricyanure d'urane ou de cuivre, ou bien à l'argent (renforceur physique).

*Le cliché est sans vigueur et voilé.* — La pose a été trop longue et le développement arrêté trop tôt. Effacer le voile dans l'affaiblisseur de Farmer au ferricyanure de potassium et à l'hyposulfite, laver, et renforcer au bichlorure ou à l'iodure de mercure.

*Le cliché, quoique trop faible, est heurté.* — Pose et développement insuffisants. Renforcer au ferricyanure d'urane.

*Le cliché est harmonieux, bien détaillé, mais trop vigoureux.* — Il a été correctement exposé, mais trop poussé au développement; le tirage sur papier est trop long, mais l'image obtenue est bonne. Affaiblir à l'acide chromique.

*Le cliché présente une intensité exagérée, avec des contrastes insuffisants.* — Il donnerait une épreuve sans vigueur, quoique très lente à s'impressionner au tirage, inconvénient qui résulte d'une pose et d'un développement trop prolongés. Affaiblir au ferricyanure de potassium et à l'hyposulfite de soude (liqueur de Farmer modifiée suivant les indications de M. Sturenberg, v. p. 216).

*Le cliché est trop opaque, avec des contrastes excessifs.* — La pose a été trop courte et le développement trop prolongé. Affaiblir au persulfate d'ammoniaque, à la quinone, ou par chloruration suivie d'un second développement très peu poussé. Si le cliché a été primitivement développé au paramidophénol, ne pas employer le persulfate.

*Le cliché offre une densité convenable, mais manque de contrastes.* — C'est là un indice de surexposition. Affaiblir légèrement à l'acide chromique, laver et renforcer à l'iodure mercurique.

*Le cliché, suffisamment intense, est voilé.* — Ce défaut est dû soit à une faible surexposition, soit à l'inactinisme imparfait du laboratoire. Affaiblir très légèrement dans le réducteur de Farmer.

*Le cliché a une intensité normale, mais il est dur, heurté, sans détail dans les blancs (ombres).* — Ces contrastes trop accentués sont un indice de sous-exposition. Affaiblir légèrement au persulfate ou à la quinone, laver, et renforcer à l'urane; ou bien chlorurer l'argent, puis développer à nouveau, mais en ayant soin d'arrêter l'action du révélateur avant que les grandes opacités soient complètement noircies. Fixer ensuite dans l'hyposulfite, afin de dissoudre le chlorure non décomposé, laver et renforcer, si on le juge nécessaire.

*Les grandes lumières du sujet sont entourées d'un halo.* — Cet accident ne se produira pas si l'on emploie des plaques anti-halo,

ou des plaques ordinaires dont on a soin d'enduire le verre d'une couche opaque. Nous avons indiqué, p. 123, un moyen de faire disparaître l'aurole, lorsqu'on aura été obligé d'utiliser des plaques sans anti-halo.

*Altération du cliché.* — Le fixage a été incomplet, ou bien l'hypo-sulfite n'a pas été entièrement éliminé. La gélatine se détériore dans les locaux humides et se couvre de moisissures : on évitera cette cause d'altération en vernissant le phototype.

#### — OUVRAGES A CONSULTER —

- E. COUSTET, *Les Correctifs du développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1908.  
L. MATHET, *Les Insuccès dans les divers procédés photographiques*, tome I<sup>er</sup>, Paris (Ch. Mendel).  
C. MÉNARD, *Conférence (3<sup>e</sup>) sur la photographie : l'image négative*, Paris (J. de Francia).  
F. DROUIN, *La Pellicularisation des clichés au gélatino-bromure*, Paris (Ch. Mendel), 1898.  
A. COURRÈGES, *La Retouche du cliché*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.  
GANICHOT, *Retouche des épreuves négatives et positives*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Ch. Mendel), 1899.  
KLARY, *L'Art de retoucher les négatifs photographiques*, 6<sup>e</sup> tirage, Paris (Gauthier-Villars), 1918.  
P. PIQUEPÉ, *Traité pratique de la retouche des clichés photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1906.  
WURTZ, *La Retouche*, Paris (H. Desforges), 1905.  
LOUISE GOUBAUX, *Comment on retouche un cliché photographique*, Paris (Chiron).  
KLARY, *Traité pratique de la peinture des épreuves photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
-



## CHAPITRE IX

## LES PROCÉDÉS AU COLLODION

**Généralités.** — Le collodion est un liquide sirupeux que l'on prépare en faisant dissoudre du coton-poudre ou de la cellulose tétranitrée dans un mélange d'éther et d'alcool. En photographie, ce liquide est ordinairement désigné sous les noms de *collodion simple* ou de *collodion normal*, pour le distinguer du collodion *ioduré* ou *bromuré* qui, mis en présence d'une solution de nitrate d'argent, fournit des couches sensibles à la lumière. Avant la découverte des émulsions au gélatinobromure, les procédés au collodion étaient les plus rapides. Aujourd'hui, ils sont entièrement abandonnés par les photographes portraitistes et par les amateurs, non seulement à cause de leur rapidité insuffisante, mais encore et surtout en raison des complications qu'entraîne la préparation des surfaces sensibles, que l'opérateur est obligé d'effectuer lui-même.

Cependant, les procédés au collodion sont encore utilisés dans l'industrie, notamment pour les impressions photomécaniques, grâce à l'extrême finesse des reproductions qu'ils permettent d'obtenir. Nous n'en ferons, néanmoins, qu'un exposé succinct, car les plaques au gélatinobromure à émulsion peu mûrie fournissent des images qui peuvent dès à présent presque rivaliser de finesse avec celles que donne le collodion. Il est donc à prévoir que l'industrie elle-même finira par abandonner des procédés qui ont rendu pendant de longues années d'incontestables services, mais qui semblent condamnés fatalement à disparaître tôt ou tard et se trouver supplantés par un procédé infiniment plus commode et dont les résultats ne le cèdent en rien à aucun de ceux que fournissaient les anciennes méthodes, pleines de difficultés pratiques.

**Procédé au collodion humide.** — Un grand nombre de formules ont été proposées pour la préparation du collodion photographique. La plupart conduisent à de bons résultats, mais à la condition

expresse que les produits employés soient d'excellente qualité et très exactement dosés. Notons que les collodions sont extrêmement inflammables, même à distance (avec explosion), quand le flacon est resté débouché suffisamment pour que les vapeurs se répandent dans la pièce et se mélangent à l'air.

La formule suivante est établie pour des reproductions de sujets à demi-teintes, tels que tableaux à l'huile, aquarelles, lavis, épreuves photographiques :

Éther sulfurique. . . . .	600 cc.
Alcool à 90° . . . . .	400 —
Iodure de potassium. . . . .	2 gr.
— d'ammonium. . . . .	4 —
— de cadmium . . . . .	6 —
Bromure de cadmium . . . . .	3 —
Coton-poudre . . . . .	8 —

On fait d'abord dissoudre les iodures et le bromure dans une portion de l'alcool; le coton-poudre est mis dans le reste de l'alcool, et, quand il en est bien imbibé on ajoute l'éther; on agite jusqu'à parfaite dissolution, et l'on mélange les deux solutions.

Pour les reproductions de gravures et de dessins au trait, on préparera :

A. Éther. . . . .	700 cc.
Alcool . . . . .	490 —
Pyroxyline (coton-poudre) . . . . .	16 gr.
B. Chlorure de calcium . . . . .	1 gr. 60
Iodure d'ammonium . . . . .	4 gr. 70
Iodure de cadmium . . . . .	7 gr. 80
Alcool à 96°. . . . .	123 cc.

Après parfaite dissolution, les deux liquides seront mélangés.

Ces collodions iodurés seront conservés en flacons bien bouchés jusqu'au moment où l'on aura à les étendre sur les plaques de verre. Ils ne sont, en cet état, nullement sensibles à la lumière. Un certain vieillissement tout au moins les améliore.

Les plaques de verre sur lesquelles doit être étendue la couche de collodion sont d'abord nettoyées avec le plus grand soin. On emploie de préférence des glaces bien polies, planes, exemptes de bulles et de rayures. On les dégraisse soit dans la potasse caustique, soit dans l'acide nitrique, puis, une fois sèches, on les conserve, à

l'abri des poussières, dans des boîtes d'où on ne les sort qu'au moment de l'emploi.

L'étendage du collodion nécessite un tour de main que l'opérateur ne réussit parfaitement qu'après quelques essais. La glace est prise par un de ses angles entre le pouce et l'index gauches, tandis que les trois autres doigts, appliqués dessous, la maintiennent horizontalement. Le flacon de collodion est saisi dans la main droite; on verse sur la plaque, non pas juste au milieu, mais entre le milieu et l'angle opposé à celui que l'on tient, la quantité jugée nécessaire pour couvrir toute la surface; on incline la glace, et, par un mouvement circulaire lent, mais ininterrompu, on fait étendre le collodion, en évitant de le faire revenir sur lui-même, ce qui produirait des moutonnements. On relève ensuite lentement la glace et l'on fait écouler, par l'angle opposé à celui que l'on tient l'excès de collodion dans un flacon spécial, surmonté d'un entonnoir garni d'un filtre en laine de verre. Les glaces de grandes dimensions ne sauraient être tenues de cette manière. On les pose sur un pivot spécial, qui peut être constitué par un ballon de caoutchouc, et on leur imprime tous les mouvements d'oscillation nécessaires à l'aide d'une poignée à ventouse appliquée près d'un des coins de la surface inférieure.

L'éther et l'alcool s'évaporant rapidement, le collodion ne tarde pas à faire prise. Aussitôt que sa consistance est jugée suffisante, (10 à 30 secondes) on immerge la plaque dans le bain de sensibilisation :

Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Nitrate d'argent fondu blanc . . . . .	80 gr.
Iodure de potassium. . . . .	0 gr. 5
Acide nitrique pur. . . . .	2 gouttes.

Filter ce bain sur coton ou papier, ainsi qu'après chaque emploi.

Cette opération s'accomplit dans le laboratoire éclairé par la lumière jaune. La couche collodionnée blanchit peu à peu. Quand elle a pris un aspect uniforme, d'un blanc opalin assez transparent, elle est prête à servir. Il faut alors l'égoutter rapidement, la mettre en châssis et l'exposer sans tarder dans la chambre noire, de telle sorte que le développement puisse être effectué avant que la couche ait eu le temps de se dessécher. Entre le moment où la plaque est retirée du bain d'argent et celui où elle est développée, il ne doit pas s'écouler plus de 5 minutes. Si l'on attend 10 minutes, le nitrate

d'argent se concentre par l'évaporation et détermine des taches indélébiles.

Un portrait par ciel très clair, mais à l'abri du soleil direct, demande, avec un objectif d'ouverture  $f/6$ , environ 15 à 20 secondes. C'est à peine si le collodion permettait, avec les objectifs les plus rapides de l'époque, un quasi-instantané lent au plein soleil.

Après l'exposition dans la chambre noire, la plaque ne montre aucune trace d'impression lumineuse. L'image latente est révélée en versant sur la couche posée horizontalement l'une des solutions suivantes :

1. Révélateur pour négatifs à demi-teintes :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide pyroligneux . . . . .	100 gr.
Alcool à 36°. . . . .	50 —
Sulfate double de fer et d'ammoniaque . . . . .	50 —

2. Révélateur pour reproduction de traits (négatifs très durs) :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Protosulfate de fer. . . . .	36 gr.
Sulfate de cuivre. . . . .	12 —
Acide acétique à 85 p. 100 . . . . .	80 —
Alcool . . . . .	40 —

Ces solutions, en contact avec l'excès de nitrate d'argent dont la couche sensible est restée imprégnée, constituent des *révélateurs physiques*. C'est pour éviter une dilution excessive du sel d'argent que la plaque est seulement recouverte d'une très faible quantité de liquide, au lieu d'être plongée dans une cuvette contenant une couche de 2 ou 3 centimètres d'épaisseur, comme on le fait pour le gélatinobromure. Le développement est extrêmement rapide, et l'apparition de l'image presque instantanée. Aussitôt que les blancs du négatif tendent à se griser, la plaque est lavée pendant une minute sous un jet d'eau coulant doucement.

Le fixage est effectué en immergeant la plaque dans une solution de cyanure de potassium à 3 p. 100. La plaque est ensuite lavée pendant deux ou trois minutes et enfin mise à sécher.

Le négatif ainsi obtenu peut être modifié à l'aide de correctifs analogues à ceux que l'on applique au gélatinobromure. Ainsi, le renforcement est généralement effectué à l'aide d'une solution de nitrate d'argent additionnée d'une substance qui la décompose,

comme l'acide pyrogallique ou le métol : l'argent précipité à l'état métallique se dépose sur les noirs de l'image proportionnellement à leur opacité. Quant à l'affaiblissement des négatifs trop intenses, on le réalise soit en dissolvant directement l'argent qui constitue l'image dans une solution acide de permanganate de potassium, soit en le transformant en iodure que l'on dissout ensuite partiellement dans une solution de cyanure de potassium.

**Procédés au collodion sec.** — La nécessité de développer l'image latente moins de dix minutes après la sensibilisation était autrefois un inconvénient prohibitif pour le photographe obligé de travailler en plein air : il lui fallait transporter sur place un véritable laboratoire, et chaque plaque qui n'était pas utilisée à l'instant voulu était une plaque perdue. De plus, le liquide coulant de cette plaque abîmait vite les châssis. Aussi une foule de chercheurs se sont-ils évertués à éviter cet inconvénient, soit en retardant la dessiccation des liquides dont la couche est imbibée, soit en préparant des couches susceptibles d'être séchées sans provoquer des taches. De là les procédés dits collodions *préservés* et collodions *secs*. Aujourd'hui, ces procédés n'offrent presque plus aucun intérêt, l'emploi du collodion demeurant limité à certaines industries, à des travaux de reproductions, où rien n'empêche de sensibiliser la plaque juste au moment de l'impressionner. Les collodions secs ont d'ailleurs l'inconvénient d'exiger une pose plus longue que le collodion humide. Ils sont cependant utilisés encore dans l'exécution des diapositifs à l'aide desquels sont préparées les planches d'héliogravure : ces diapositifs étant impressionnés souvent par contact sous un négatif, et non pas dans la chambre noire, on conçoit qu'il est nécessaire que la couche soit sèche, le défaut de sensibilité n'ayant en ce cas aucun inconvénient et se trouvant d'ailleurs compensé par les conditions dans lesquelles s'effectue l'impression.

Le meilleur procédé de collodion sec est celui que le major Russel a fait connaître dès 1861, et qui est basé sur l'emploi du tanin.

La plaque collodionnée et sensibilisée dans le bain de nitrate d'argent, est ensuite lavée pendant quelques minutes dans l'eau distillée, puis plongée dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Tanin. . . . .	50 gr.
Alcool . . . . .	50 cc.

Le tannin doit d'abord être dissous dans l'eau et filtré. On y ajoute ensuite l'alcool, qui en empêche la décomposition et permet au liquide de pénétrer plus facilement la couche de collodion. Après cinq minutes d'immersion, à l'abri de la lumière blanche, la plaque est mise à sécher. Elle se conserve alors plusieurs jours et même pendant des mois entiers, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

L'impression au châssis-presse, sous un cliché négatif, s'effectue comme nous l'expliquerons en traitant des diapositifs (chap. XIV). Sous un cliché de moyenne intensité, placé à 1 mètre d'une puissante lampe à arc, la durée de pose varie de quinze secondes à une minute environ. Si l'exposition s'effectue à la chambre noire, pour une reproduction amplifiée ou réduite, le temps de pose sera toujours très long. On en aura une idée en sachant que le collodion au tannin est de 3 à 8 fois moins sensible que le collodion humide, et que celui-ci à son tour exige une pose 200 fois plus longue que les plaques au gélatinobromure rapides.

Avant de développer la plaque impressionnée, il faut la laver abondamment, de manière à en éliminer le tannin. L'image est révélée soit par la méthode chimique, soit par la méthode physique. Le révélateur chimique est constitué par une solution d'acide pyrogallique à 4 p. 100, additionnée au besoin de quelques gouttes d'une solution à 2 p. 100 de carbonate de soude. L'image est très faible et doit être renforcée au moyen d'un mélange du pyrogallol, d'acide citrique et de nitrate d'argent, constitué en somme de la même manière que le révélateur physique, ordinairement préparé en mélangeant à volumes égaux :

A. Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Acide citrique . . . . .	5 gr.
Acide pyrogallique. . . . .	5 —
B. Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Nitrate d'argent cristallisé . . . . .	20 gr.

La plaque développée est lavée à grande eau, fixée dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100 et lavée de nouveau.

Si l'image est encore trop faible, on renforcera par la méthode physique; si elle est trop opaque, on l'éclaircira dans l'affaiblisseur à l'acide permanganique.

**Émulsion au collodion-bromure.** — Sayce et Bolton prépa-

raient pour la première fois, en 1865, une émulsion au bromure d'argent dans le collodion avant d'en enduire les glaces. Peu après, Chardon perfectionnait ce procédé, qui aurait supplanté tous les autres si, vers la même époque, le gélatinobromure n'était venu donner une solution encore plus parfaite au point de vue de la rapidité. L'émulsion est préparée en faisant dissoudre 12 grammes de pyroxyle dans 500 centimètres cubes d'alcool et d'éther mélangés à parties égales. On y ajoute 12 grammes de bromure de zinc, puis, lentement et en agitant sans cesse, 21 grammes de nitrate d'argent préalablement dissous dans 30 centimètres cubes d'eau et 70 centimètres cubes d'alcool. Il se produit ainsi du bromure d'argent, qui donne au collodion l'aspect d'une crème. Cette émulsion, préparée à l'abri de la lumière blanche, est abandonnée pendant plusieurs jours, dans l'obscurité, et subit alors une modification moléculaire analogue à la maturation du gélatino-bromure. Au bout de trois ou quatre jours, le collodion est devenu beaucoup plus sensible à la lumière. On y ajoute un peu d'eau régale, on agite bien et on lave le tout dans l'eau distillée. On recueille ensuite sur un filtre en mousseline le pyroxyle bromuré qui s'est séparé du collodion à l'état spongieux, on le lave à l'alcool et on le fait sécher.

Cette émulsion sèche se conserve pendant plusieurs semaines. Pour en enduire les plaques, on la fait dissoudre dans l'éther alcoolisé. Les plaques ainsi préparées se conservent parfaitement et fournissent des images d'une extrême finesse, mais elles sont 50 à 60 fois moins rapides que les plaques au gélatinobromure de sensibilité moyenne. Le procédé n'est donc mentionné ici que pour son intérêt historique.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- F. BOIVIN, *Procédé au collodion sec*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1883.  
 H. CALMELS, *Les Procédés au collodion humide*, Paris (édition du journal *Le Procédé*), 1905.  
 J.-M. EDER, *Das Bromsilber-Kollodion*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).  
 C. FABRE, *La Photographie sur plaque sèche. Émulsion au coton-poudre avec bain d'argent*, Paris (Gauthier-Villars), 1880.  
 J. FERRET, *La Photographie par le collodion*, Paris (Gauthier-Villars), 1880. Réédition, 1903.  
 A.-F. VON HÜBL, *Die Kollodion-Emulsion und ihre Anwendung*, Halle a/S (W. Knapp).

- K.-O. KLEIN, *Collodion emulsion*, 2<sup>e</sup> édition, Londres (A.-W. Penrose et Co), 1910.
- A. LIÉBERT, *La Photographie en Amérique*, 4<sup>e</sup> édition, Paris (B. Tignol), 1884.
- D.-V. MONCKHOVEN, *Traité général de photographie*, 7<sup>e</sup> édition, Paris (G. Masson), 1884.
- C. RUSSEL, *Le Procédé au tanin*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1864.
- CH.-W. GAMBLE, *Wet Collodion Photography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1895.
- A. PAYNE, *The Wet Collodion Process*, Newcastle on Tyne (Mawson), 1907.
- F. DROUIN, *La Ferrotypie*, Paris (Ch. Mendel), 1893.
- H. GAUTHIER-VILLARS, *Manuel de Ferrotypie*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.
- PÉRIODIQUES : *Le Procédé*, Paris (Calmels). *Le Cliché*, Paris (Papyrus).
-





# LIVRE III

## L'IMAGE POSITIVE

---

### CHAPITRE X

#### LES PHOTOCOPIES PAR NOIRCISSEMENT DIRECT

**Procédés au chlorure d'argent.** — La combinaison du chlore et de l'argent se décomposant facilement à la lumière, le moyen le plus simple d'obtenir une image positive est d'exposer au jour, sous un cliché négatif, un papier recouvert de chlorure d'argent : la couche, d'abord blanche, noircit progressivement, d'autant plus rapidement que la lumière est plus vive et le phototype plus transparent<sup>1</sup>. Tantôt la substance sensible est directement incorporée au papier (c'est le procédé au *papier salé*), tantôt elle imprègne un enduit superficiel, tel que l'albumine, la gélatine ou le collodion. Si l'on se bornait à fixer dans l'hyposulfite de soude l'image ainsi réalisée par noircissement direct, on n'aurait que des tonalités rouges désagréables et d'ailleurs peu stables : on y remédie par le

---

1. Des silhouettes projetées par le soleil (donc en grandeur naturelle, et sans chambre noire) sur des feuilles de papier enduit de chlorure d'argent, et qui noircissaient en laissant la silhouette blanche, auraient été obtenues vers la Révolution par le physicien français Charles : mais la chose est fort douteuse. L'Anglais Josiah Wedgwood obtint de façon plus certaine, vers 1800, des épreuves sous dessins tracés sur verre, et produites en négatif sur des papiers ou du cuir enduits soit de nitrate, soit de chlorure d'argent. Mais là encore la chambre à objectif n'intervenait pas. Le fixage n'était pas employé, de sorte que toute la surface noircissait ensuite ; ce qui arrêta la suite des expériences. Davy avait commencé à enregistrer sur papier au chlorure les projections du microscope solaire.

*virage*<sup>1</sup>, qui consiste à substituer plus ou moins complètement à l'image primitive un précipité d'or. L'or pulvérulent étant pourpre la nuance définitive sera intermédiaire, suivant la durée du virage, entre la couleur de l'or et celle de l'image primitive.

Les papiers sensibles aux sels d'argent étant livrés tout préparés, nous nous bornerons à indiquer très sommairement la manière dont ils sont sensibilisés. En revanche, nous insisterons sur les manipulations auxquelles il y a lieu de les soumettre, afin d'en tirer le meilleur parti.

**Papier salé.** — Ce papier n'est pas recouvert d'une « émulsion », c'est-à-dire que le sel d'argent sensible n'est pas enrobé dans de la gélatine. On peut donc y dessiner ensuite à la plume ou au crayon, gouacher ou aquareller, etc.

On emploie généralement le papier de Rives ou de Steinbach. Chaque feuille est d'abord mise à flotter, pendant 2 ou 3 minutes, sur :

Eau distillée . . . . .	100 cc.
Chlorure de sodium . . . . .	8 gr.

Le papier doit y être étendu de manière à ne se trouver mouillé que d'un seul côté. Pour cela, après avoir marqué d'une croix au crayon l'envers de la feuille, on la saisit des deux mains par ses extrémités, et, la pliant légèrement, on la fait adhérer au liquide, d'abord par le milieu, puis on abaisse lentement les bords. Après quelques secondes de flottage, on soulève un des angles en s'aidant d'une lame de verre, afin de chasser les bulles d'air interposées. On abaisse alors cet angle, pour procéder de même avec l'extrémité opposée. Au bout de deux ou trois minutes, on soulève de nouveau l'un des angles au moyen de la lame de verre, et l'on fait sécher la feuille en la suspendant par des pinces en bois attachées à une corde. Il se conserve indéfiniment, et on ne le sensibilisera qu'au fur et à mesure des besoins.

Si le papier n'est pas suffisamment encollé, on procède différemment. On prépare un empois salé très léger : 30 grammes d'arrow-root ou amidon fin broyé dans un peu d'eau froide, et qu'on ajoute peu à

---

1. Imaginé par Blanquart-Evrard, en 1845.

peu et en remuant avec un agitateur, à un litre d'eau bouillante où l'on a dissous 40 grammes de chlorure de sodium avec 2 à 3 grammes d'acide citrique. On fait bouillir quelques instants. Après refroidissement, on étale cet encollage au pinceau large et plat (queue de morue), en humectant bien les dépressions; lisser au blaireau doux et laisser sécher.

Pour sensibiliser le papier salé (opérer à la lumière d'une lampe, ou derrière un vitrage jaune), on le fait flotter, pendant trois minutes, sur :

		ou :
Eau distillée . . . . .	660 cc.	1 000 gr.
Azotate d'argent cristallisé . . . . .	60 gr.	100 —
Carbonate de soude . . . . .	4 —	
Acide citrique. . . . .	10 —	60 —
Alcool à 90° . . . . .		75 —

L'azotate d'argent en contact avec le chlorure de sodium détermine la formation du chlorure d'argent. Le papier se trouve en outre imbibé d'un excès d'azotate d'argent, qui rend le papier plus sensible. On fait sécher dans l'obscurité. Il faut l'utiliser dans la journée. Il demande des clichés vigoureux, et ne convient guère aux portraits.

Le papier salé donne, bien entendu, des images mates. Elles sont un peu ternes, étant formées dans l'épaisseur même de la pâte. On obtient de plus beaux effets avec les papiers gélatinés ou collodionnés à surface mate. Les images brillantes sont obtenues sur des papiers recouverts d'albumine ou de gélatine.

Le bain de sensibilisation peut resservir longtemps, en lui ajoutant de temps en temps un peu de nitrate d'argent.

Pour préparer avec le maximum de simplicité une région photo-sensible sur un menu, une carte postale, un plan, du papier à lettres, etc., sans que l'on exige une finesse, une gradation de nuances ou un ton particuliers, on étend au pinceau une couche d'oxalate ferrique en solution à 10 p. 100; puis, le papier sec, on passe de même (à l'abri du jour) une solution de nitrate d'argent à 1 p. 100. Après séchage, on imprime fortement et on traite dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Oxalate neutre de potasse. . . . .	200 gr.
Acide oxalique. . . . .	3 —

Laver abondamment, passer quelques minutes dans un virofixage dilué.

**Papier albuminé.** — Pour procéder à l'albuminage, on fait flotter un papier de bonne qualité, du papier de Rives particulièrement, sur l'encollage salé suivant :

Blancs d'œufs battus et filtrés. . . . .	100 gr.
Chlorure de sodium . . . . .	6 —
Acide citrique. . . . .	1 —

Le flottage régulier et sans bulles d'air exige les mêmes précautions que pour le papier salé. Au bout de cinq minutes, la feuille est retirée et mise à sécher. Le bain de sensibilisation est le même que celui du papier salé. Bien entendu, c'est le côté albumine qui doit se trouver en contact avec le liquide. Le nitrate d'argent coagule aussitôt l'albumine et la rend insoluble dans les bains auxquels le papier sera soumis après le tirage. Cette albumine contient en suspension le chlorure d'argent résultant de la réaction du nitrate d'argent sur le chlorure de sodium; elle contient, de plus, un excès de nitrate d'argent, qui rend la couche plus sensible et permet de développer l'image après un tirage partiel, mais nuit beaucoup à sa conservation.

On augmente notablement la sensibilité du papier albuminé, en le soumettant, pendant 10 minutes, à des *fumigations ammoniacales*. Les feuilles sont suspendues à l'intérieur d'une boîte au fond de laquelle est placée une cuvette contenant du carbonate d'ammoniaque. Ce sel s'effleurit, en se transformant en sesquicarbonate, et dégage des vapeurs ammoniacales sèches.

Une fois sensibilisé, le papier albuminé ne se conserve bien que dans un endroit très sec. Le mieux est de le tenir dans un étui en zinc contenant du chlorure de calcium. Très employé de 1850 à 1890 environ, il est à peu près abandonné<sup>1</sup>. On n'utilise plus guère que des papiers mats encollés à la caséine.

---

1. On peut désirer remettre en état de vieilles photographies jaunies sur papier albuminé, dont on ne possède plus le cliché. On les lave à l'eau tiède, les décollant s'il y a lieu, on éponge sur les deux faces. Puis on blanchit dans le bain suivant :

Eau . . . . .	100 cc.
Bichromate de potassium. . . . .	3 gr.
Chlorure de sodium . . . . .	3 —
Acide chlorhydrique . . . . .	trois gouttes.

On lave avec soin, et on développe à l'hydroquinone. Il n'est pas néces-

**Papier au gélatinochlorure.** — Ce papier, plus connu sous les noms de papier au *citrate* ou de papier *aristotype*, est de beaucoup le plus répandu, parce que la manipulation en est extrêmement simple, que sa conservation est satisfaisante, et aussi parce que c'est le moins coûteux.

Ce papier est recouvert d'une émulsion de chlorure d'argent incorporée dans de la gélatine, avec un léger excès de nitrate d'argent. Il contient aussi de l'acide citrique (d'où le nom de papier au citrate), dont le rôle est de conserver le chlorure plus longtemps inaltéré et de modifier la teinte de l'image. La surface en est brillante, lisse ou mate, suivant l'effet à réaliser. Le papier est couvert d'une sous-couche barytée.

L'idée de cette préparation, due à Humbert de Molard, remonte à 1848, mais ce procédé ne s'est vulgarisé que beaucoup plus tard (Abney, 1882). Le mode de fabrication actuel varie naturellement d'une usine à l'autre. Les formules suivantes sont celles qu'a indiquées Eder :

A. Nitrate d'argent . . . . .	32 gr.
Acide citrique . . . . .	8 —
Eau chaude . . . . .	160 cc.
B. Gélatine. . . . .	96 gr.
Chlorure d'ammonium. . . . .	2 gr. 8
Eau . . . . .	700 cc.
C. Acide tartrique . . . . .	2 gr. 8
Bicarbonate de soude . . . . .	1 gr. 4
Alun . . . . .	1 gr. 8
Eau. . . . .	700 cc.

On fait gonfler à froid, puis fondre à chaud la gélatine dans la quantité d'eau indiquée en B, puis on y ajoute le chlorure d'ammonium. L'acide tartrique est dissous dans l'eau (C), puis on y ajoute le bicarbonate et enfin l'alun. Les solutions B et C sont mélangées à une température d'environ 50°, et la solution A est ajoutée, à la

---

saire de fixer. — On peut encore immerger l'épreuve, jusqu'à obtention d'un ton pourpre, dans une solution saturée de bichlorure de mercure dans l'acide chlorhydrique, dont on met 5 gouttes dans 200 grammes d'eau. On lave alors, et on vire dans une solution à 8 p. 1000 de chlorure double d'or et de potassium.

lumière jaune, en maintenant la température et en agitant continuellement le mélange. L'émulsion, maintenue pendant quelque temps entre 40° et 50°, est ensuite filtrée à la laine de verre, et enfin coulée sur le papier<sup>1</sup>. Contrairement aux précédents, ce papier ne peut donc pratiquement être fait par un amateur.

**Papier au collodiochlorure.**— Le papier au collodiochlorure, ou à la *celloïdine*, est un papier recouvert d'une couche de nitrocellulose (collodion) à laquelle est incorporé du chlorure d'argent, avec un léger excès de nitrate. La surface sensible en est brillante ou mate, suivant le mode de fabrication. Il est plus cher que les papiers au citrate, mais fournit des images bien supérieures au point de vue artistique, et il supporte mieux les températures élevées. Le papier mat, notamment, est d'un très bel effet, surtout quand il a été viré au platine. On peut cependant le traiter de la même manière que les papiers au citrate, mais des formules spéciales lui ont été appliquées, et nous les indiquerons en traitant du virage.

Les formules de préparation du papier à la nitrocellulose sont très nombreuses. Celle qui suit est due à Valenta.

A. Chlorure de strontium . . . . .	10 gr.
Chlorure de lithium . . . . .	5 —
Eau . . . . .	30 cc.
Alcool . . . . .	55 —
B. Nitrate d'argent cristallisé . . . . .	22 gr.
Eau . . . . .	30 cc.
Alcool . . . . .	60 —
C. Acide citrique . . . . .	5 gr.
Alcool . . . . .	40 cc.
Glycérine . . . . .	6 —

A 350 centimètres cubes de collodion normal à 3 p. 100 on ajoute, peu à peu, 15 centimètres cubes de la solution A. On y ajoute ensuite, en lumière inactinique, 60 centimètres cubes de B, puis 50 centimètres cubes de C et enfin 50 centimètres cubes d'éther. Après un repos de vingt-quatre heures, on coule sur papier. Ici encore, cette fabrication délicate est exclusivement industrielle.

**Emploi des papiers au chlorure.**— Les papiers au chlorure d'argent ne se conservent pas très longtemps. Même renfermés dans des enveloppes en papier paraffiné, ils s'altèrent au bout de

1. EDER, *Ausführliches Handbuch der Photographie*, IV, 1, 1898, p. 165.

quelques mois, parfois même après quelques semaines. Cette altération est due au nitrate d'argent, qui occasionne peu à peu le jaunissement de la couche et des réductions du composé sensible. Les mieux est donc de faire usage uniquement de papiers récemment préparés. La présence du nitrate d'argent provoque également des taches sous l'influence de l'humidité : il faut donc éviter d'appliquer le papier sensible contre un cliché qui ne serait pas parfaitement sec, car ce cliché se trouverait ensuite couvert de taches indélébiles. Il en serait de même si le papier restait trop longtemps en contact avec un cliché non verni, par un temps humide ou pendant toute une nuit.

Cependant MM. Lumière ont réussi à préparer un papier à noircissement direct ne contenant point de sels d'argent solubles. Ce papier, désigné sous le nom d'*Actinos*, se conserve indéfiniment même en climats humides, et ne risque pas de tacher les clichés.

Tous les papiers à noircissement direct peuvent être manipulés soit à la clarté d'une lampe, soit même à la lumière du jour, mais dans un recoin peu éclairé. Il n'est donc pas nécessaire de s'enfermer dans le laboratoire pour ouvrir les pochettes contenant le papier, pour le mettre en contact avec le phototype et pour surveiller l'apparition de l'image.

Toutefois, il n'en sera pas de même lorsqu'on se proposera de ne pas pousser jusqu'au bout le tirage par noircissement direct, et d'achever l'image par développement, comme nous l'expliquerons dans le chapitre suivant. Sans ce cas, il ne faudra manipuler le papier qu'en lumière inactinique, comme s'il était très sensible, tel que les papiers au bromure. Sans cette précaution, l'exposition du papier au jour déterminerait une impression d'abord invisible, mais qui se traduirait, au développement, par des taches ou par un voile uniforme. Il est essentiel de ne jamais toucher un papier sensible avec les doigts imprégnés d'hyposulfite; on évitera d'ailleurs de saisir les épreuves autrement que par leurs bords extrêmes, le contact des doigts déterminant presque toujours des taches.

**Tirage.** — La surface sensible du papier est appliquée contre le côté gélatiné ou collodionné du phototype, et les deux surfaces en contact sont maintenues serrées l'une contre l'autre au moyen d'un *châssis-presse* (fig. 64 et 65). On place dans le cadre de ce châssis



d'abord le cliché et le papier, puis un *blanchet* ou coussin constitué par quelques feuilles de papier buvard ou par une pièce de feutre, et enfin une planchette brisée à charnières maintenue serrée contre le cadre par deux barres transversales portant sur des lames de ressort. Le tout est exposé au jour, et la lumière, passant à travers les parties transparentes du négatif, noircit progressivement le papier, qui reste

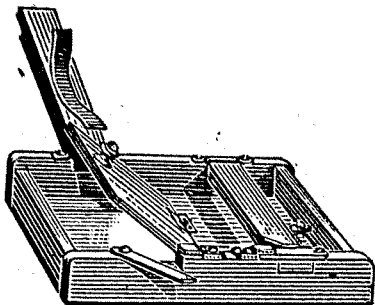


Fig. 64. — Châssis-presse à glace, dit « français ».

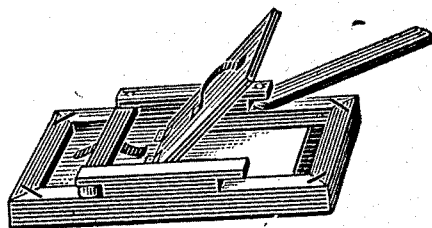


Fig. 65. — Châssis-presse « anglais » sans glace.

blanc sous les parties opaques du phototype. C'est afin de permettre de surveiller l'impression que la planchette est formée de deux panneaux réunis par des charnières. Quand on veut examiner l'image, on porte le châssis dans un endroit modérément éclairé, on écarte une des barres et l'on soulève la moitié de la planchette<sup>1</sup>, comme le montre les figures 64-65. On peut ainsi regarder une partie de l'image et juger s'il y a lieu d'arrêter le tirage ou de le continuer. Dans ce dernier cas, on n'a qu'à remettre en place la planchette et la barre qui la maintient appliquée sur l'épreuve. Comme l'autre moitié de la planchette n'a pas cessé de maintenir le papier sensible serré contre le cliché, le côté qui a été soulevé reviendra se placer exactement dans la position qu'il occupait primitivement, et la netteté de l'image ne sera en rien altérée.

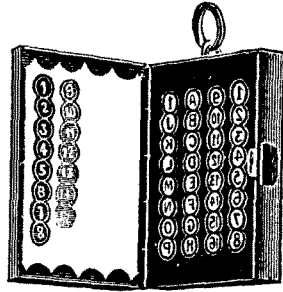
1. La planchette du châssis est généralement divisée non en deux parties égales, mais en une portion formant les deux tiers, et une deux fois plus petite. On peut ainsi prendre connaissance des deux tiers de l'épreuve, ce qui en donne une idée plus complète. Quelques-uns ont la planchette divisée en trois tiers égaux par deux brisures à charnières; la région centrale de l'épreuve est ainsi vue avec un autre tiers à chaque examen, qu'il soit fait par l'une ou par l'autre extrémité.

Le châssis représenté figure 64 est muni d'une glace épaisse sur laquelle peuvent être placés des clichés de formats différents. Le dessin suivant reproduit un modèle sans glace; il est plus léger et moins coûteux, mais ne peut recevoir que les clichés dont le format est exactement celui du cadre.

Le tirage s'effectue soit au soleil, soit à l'ombre; il est naturellement beaucoup plus rapide dans le premier cas. Généralement on expose au soleil les clichés très intenses, à contrastes vigoureux. La lumière diffuse est préférable pour les phototypes faibles, très transparents ou à oppositions insuffisantes. Ces mêmes clichés sont parfois exposés au soleil, mais sous un verre dépoli ou sous un papier dioptrique. Le tirage fait sous un verre jaune clair augmente sensiblement les contrastes; ceux-ci sont au contraire diminués, si la lumière a traversé un verre bleu ou violet. On peut donc exercer ainsi une légère correction sur les clichés.

Il est nécessaire de prolonger le tirage un peu au delà de l'intensité que devra présenter l'image une fois achevée, car elle baisse toujours au fixage. Cependant, certains papiers baissent moins que d'autres, et l'intensité à laquelle il convient d'arrêter l'impression sera déterminée une fois pour toutes par un tirage d'essai.

Lorsqu'on doit tirer d'un même cliché plusieurs épreuves identiques il est utile d'employer un *contrôleur de tirage*. Le contrôleur *impres-simètre* de Wynne (fig. 66) est une boîte percée de 32 ouvertures de transparences décroissantes, avec un chiffre opaque au centre. Le cadre s'ouvre pour recevoir une bande de papier sensible de même provenance que celui qui s'impressionne dans le châssis-presse. Cette bande se place sous l'échelle transparente. Le tirage de la première épreuve s'effectue comme à l'ordinaire, en ouvrant de temps à autre le châssis-presse pour surveiller la venue de l'image. Quand elle est à point, on regarde le contrôleur : le dernier numéro visible au moment où le tirage est fini est celui qui servira de contrôle aux tirages suivants. Dès lors, pour avoir une série d'épreuves de même intensité, à l'aide du même cliché, il ne sera plus nécessaire d'ouvrir



Cl. Calmels.

Fig. 66.  
Impressimètre.

le châssis-presse. Il suffira de regarder le contrôleur et d'arrêter le tirage quand la nouvelle bande de papier sensible présentera le même aspect que la première. Cela ne supprime donc aucunement l'obligation de suivre la progression du tirage, qui est seulement transposée.

**Marges et vignettes.** — Pour réserver des marges autour de l'épreuve ou n'imprimer qu'une partie d'un cliché, on se sert de *catches*. On désigne sous ce terme des feuilles de papier noir dans lesquelles ont été découpées des ouvertures correspondant aux limites de l'image à imprimer. Ces ouvertures sont de forme quelconque, ovales, rondes, carrées, etc. Si la délimitation doit être nette, on place le papier noir évidé entre le cliché et la surface sensible; si l'on préfère adoucir un peu la ligne de séparation, on le place en avant du cliché, que l'on expose alors en lumière diffuse (ou au soleil, sous un écran dioptrique). Enfin, si l'on veut réaliser un effet de *fondus*, où la délimitation ne s'opère que par gradations insensibles, on dispose sur le châssis-presse un *dégradateur*.

Les dégradateurs sont des catches dont les ouvertures sont cernées de papiers dioptriques superposés, ou de dentelures en carton légèrement recourbées. Comme ces dentelures sont assez écartées du cliché exposé en lumière diffuse, elles ne projettent pas une ombre nette sur l'épreuve, mais ne font qu'en ralentir l'impression du centre vers les bords, surtout s'il y a un verre dépoli sous le dégradateur et sur le châssis. C'est ainsi que sont exécutés les portraits *vignettes*. Le modèle a posé devant un fond clair. Au tirage, on place sur le cliché un dégradateur dont l'ouverture, en forme d'ovale ou de poire, limite l'impression autour de la tête et du buste, non pas brusquement, mais par gradations rappelant le travail de l'estompe. Les dégradateurs à dentelures sont parfois remplacés par des glaces ou papiers colorés en jaune ou en rouge, excepté au centre, qui est incolore. La teinte va d'ailleurs de la transparence à l'opacité sans brusque démarcation, de sorte que le tirage peut être effectué en plein soleil.

L'ouverture des dégradateurs précédents a une forme invariable, elliptique le plus souvent, parfois ronde ou en poire. La taille est également invariable pour chacun. Chacun d'eux ne peut donc s'appliquer qu'à un nombre de cas très restreint. Le dégradateur *iris* permet d'obtenir à volonté toutes les formes d'ouvertures. C'est un

cadre dans lequel sont disposées des lamelles mobiles pivotant les unes sur les autres et qu'il est facile de combiner de manière à laisser un évidement de la dimension et de la forme voulues. Un verre dépoli s'y adapte en dessous, et permet de réaliser un dégradé aussi régulier, aussi délicatement fondu, que les dégradateurs ordinaires.

On peut aussi créer un dégradé en tenant, à quelques centimètres du châssis, un carton portant une découpe centrale, et que la main déplace constamment dans son plan, de manière que les bords de cette découpe ne donnent qu'une limite floue.

Les marges laissées blanches par les caches et les dégradateurs produisent quelquefois un effet trop cru. Il est bon, dans ce cas, de les teinter légèrement, en exposant pendant un instant au jour l'épreuve dont on a eu soin de protéger la partie impressionnée à l'aide d'un contre-cache ou d'un contre-dégradateur, c'est-à-dire d'un papier noir ou d'un écran à bords nuancés ou dentelés constituant la contre-partie de l'écran primitif. Il existe également des *contre-dégradateurs*, opaques au centre et dont le pourtour transparent laisse les bords du papier noircir complètement; après quoi on enlève le dégradateur, et sur le même papier, dont le centre est demeuré vierge, on tire le sujet.

Il existe enfin des vignettes imprimées sur papier translucide, avec une réserve opaque pour conserver blanche une région du papier, et représentant un fond décoratif ou un personnage grotesque dépourvu de tête. On imprimera ensuite un personnage figurant sur le cliché à reproduire, avec une contre-vignette masquant tout le reste.

\* \* \*

**Virage.** — Les papiers impressionnés seront, autant que possible, virés le jour même. Si l'on est obligé d'attendre jusqu'au lendemain, il sera nécessaire de les enfermer dans une enveloppe paraffinée; si le virage est différé davantage, il faudra les placer dans un tube desséché par le chlorure de calcium. L'opération du virage sera effectuée, de préférence, à la lumière du jour faible, qui permettra, mieux qu'un éclairage artificiel, de juger des changements de couleur que subit l'image dans le bain de dorure.

Le sel employé pour le virage est le chlorure d'or, mais il est indispensable d'en neutraliser l'acidité en y ajoutant diverses subs-

tances, sans lesquelles l'image serait rongée et perdrait ses plus délicates demi-teintes. Un grand nombre de formules ont été proposées, soit pour effectuer le virage et le fixage séparément, soit pour combiner ensemble ces deux opérations. Les papiers salés, albuminés et collodionnés sont généralement traités par virage séparé du fixage. Le papier albuminé, surtout, ne donne de belles épreuves que par un virage distinct du fixage.

Le bain de virage le plus ancien et aussi le plus stable, quand il est préparé avec soin, est le virage à la craie :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Chlorure d'or . . . . .	1 gr.
Craie lévignée. . . . .	5 —

On agite vivement, on laisse reposer, en pleine lumière, au moins pendant vingt-quatre heures, puis on décante sans avoir filtré. L'exposition à la lumière doit être prolongée jusqu'à décoloration complète de la solution, qui est d'abord jaune. Quand cette teinte a disparu et que le liquide est bien limpide, il est devenu neutre et ne ronge plus les épreuves. Il se conserve très longtemps en bon état et donne des tons d'un beau noir violacé. A mesure qu'il a servi, on le remonte un peu en chlorure d'or.

Si l'on préfère une autre nuance, on emploiera l'une des formules suivantes :

	I	II	III	IV	V	VI
A. Chlorure d'or . . . . .	1	1	1	1	1	1
Eau . . . . .	150	500	250	1 000	1 000	1 000
B. Eau . . . . .	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Benzoate de soude.	45					
Potasse caustique.	0,5					
Phosphate de soude .		32				
Bicarbonat de soude.		8				
Borax. . . . .			14	25	25	
Tungstate de soude .			28			
Acétat de soude <sup>1</sup> .					15	20
Proportions A. . . . .	1	1	20	1	1	1
— B. . . . .	1	1	3	1	1	1
Couleur de virage . . .	Noir.	Violet rouge.	Violet noir.	Sépia.	Violet rose.	Chocolat.
Auteur. . . . .	Archer.	Phot. franç.	Anthony.	Bain.	Wilson.	Monckhoven.

1. L'acétate de soude fondu donne des tons plus bleus que l'acétate cristallisé, généralement préféré.

Les formules précédentes sont établies pour le papier albuminé. Elles peuvent être appliquées au papier salé; mais comme le virage en est plus rapide, il est préférable de diluer davantage les solutions en doublant les quantités d'eau indiquées.

Les formules suivantes s'appliquent aux papiers au collodio-chlorure :

A. Eau . . . . .	1 000 cc.
Acétate de soude fondu . . . . .	20 gr.
B. Eau . . . . .	500 cc.
Sulfocyanure d'ammonium . . . . .	5 gr.
C. Eau . . . . .	100 cc.
Chlorure d'or . . . . .	1 gr.

Pour l'usage on prend 170 centimètres cubes de la solution A, 40 centimètres cubes de la solution B, et 10 centimètres cubes de la solution C. Ce mélange ne se conserve pas longtemps.

*Les papiers au citrate* seront virés à l'aide des solutions :

A. Eau . . . . .	125 cc.
Phosphate de soude . . . . .	6 gr.
B. Eau . . . . .	100 cc.
Chlorure d'or . . . . .	1 gr.

Pour l'usage, on verse, dans la solution A, 30 centimètres cubes de la solution B. Ce virage donne des tons qui passent du noir velouté au gris-de-fer un peu bleuté.

*Autres formules :*

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acétate de soude . . . . .	5 gr.
Bicarbonate de soude . . . . .	2 gr. 5
Borax . . . . .	6 gr. 5

Quelques heures avant l'emploi, ajouter à 100 centimètres cubes de ce mélange 3 centimètres cubes d'une solution à 1 p. 100 de chlorure d'or.

— Autre, plus simple :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Bicarbonate de soude . . . . .	2 gr. 5

Ajouter à 100 centimètres cubes de ce bain 2 centimètres cubes de la solution à 1 p. 100 de chlorure d'or.

Autre, en solution unique :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acétate de soude . . . . .	30 gr.
Chlorure d'or . . . . .	1 —

Préparer vingt-quatre heures au moins avant emploi. Décanter, ne pas filtrer. Se conserve bien.

On peut encore employer le virage à la thiocarbamide ou sulfourée, indiqué par Kessler. A 25 centimètres cubes d'une solution de chlorure d'or à 1 p. 100, on ajoute la quantité nécessaire d'une solution à 2 p. 100 de thiocarbamide pour que le précipité qui s'était d'abord formé se redissolve, soit environ 15 à 20 centimètres cubes. On y ajoute ensuite :

Acide citrique ou tartrique . . . . .	0 gr. 5
Chlorure de sodium . . . . .	10 gr.

et de l'eau en quantité suffisante pour faire 500 grammes à un litre.

Ce bain se conserve bien et sert jusqu'à épuisement total de l'or; il est utilisable sitôt préparé. Le virage s'effectue très rapidement (laver préalablement les épreuves).

M. Hélain donne cette autre formule :

Dans 40 centimètres cubes d'une solution à 2 p. 100 de sulfo-urée dissoudre 0<sup>gr</sup>,5 d'acide tartrique. Ajouter alors peu à peu et en agitant 50 centimètres cubes de solution à 1 p. 100 de chlorure d'or brun; puis ajouter 20 grammes de chlorure de sodium et compléter à 1 ou même à 2 litres d'eau. Bien laver les épreuves avant virage et après.

On a enfin utilisé le sulfocyanate d'ammonium comme auxiliaire du chlorure d'or : on mélange à volumes égaux une solution 2 p. 1 000 de chlorure d'or, et une à 20 p. 1000 de sulfocyanate d'ammonium. On ajoute à ce bain 2 à 4 fois son volume d'eau, suivant qu'on veut un virage plus noir ou plus chaud. Laisser reposer quelques heures.

La formule suivante, due à M. Hélain, donne une gamme de nuances exceptionnellement variée, suivant la durée d'action :

Eau . . . . .	p. s. q. f.	1 000 cc.
Sulfocyanate d'ammonium . . . . .		5 gr.
Iodure de potassium . . . . .		0 gr. 5 à 1 gr. 5
Chlorure d'or brun (préalablement dissous dans un peu d'eau, ajouté peu à peu en remuant avec un agitateur de verre). . . . .		0 gr. 25

La teinte est d'autant plus rouge qu'il y a plus d'iodure.

*Autre formule, recommandée par M. R. Namias.*

Eau . . . . .		1 000 cc.
Sulfocyanate d'ammonium . . . . .		25 gr.
Acide tartrique . . . . .		2 —
Chlorure de sodium. . . . .		5 —
Solution de chlorure d'or à 1 p. 100. . . . .		25 cc.

\*  
\* \*

Tous ces bains doivent être décolorés avant d'être employés. Au moment de procéder au virage, la solution sera versée dans une cuvette en porcelaine ou en verre réservée exclusivement à cet usage.

Les épreuves sont d'abord lavées dans deux ou trois eaux (à l'abri de la grande lumière), de manière à éliminer la plus grande partie des sels solubles, puis on les immerge une à une dans la cuvette à virage, que l'on agite continuellement. On vire généralement plusieurs épreuves à la fois, mais il faut cependant éviter d'en mettre un trop grand nombre dans une petite cuvette, et les tenir constamment en mouvement, en évitant qu'elles adhèrent les unes contre les autres. Si on remarque les bulles d'air, il faut les chasser aussitôt à l'aide d'une tige de verre, ou sortir les épreuves, que l'on replonge ensuite. Cette manœuvre suffit presque toujours pour crever les bulles. On retourne de temps à autre les épreuves, toujours une à une, l'image tantôt en dessus tantôt en dessous. Sans ces précautions, le virage s'effectuerait d'une manière irrégulière, et les épreuves présenteraient des inégalités de tons. Il importe, en outre, d'éviter absolument de toucher le bain de virage ou les épreuves à virer avec les doigts imprégnés d'hyposulfite. L'opérateur qui n'est pas aidé par un ouvrier chargé du fixage, manipulera avec la main droite



exclusivement, les épreuves immergées dans les eaux de dégorge-  
ment ou dans le bain de virage, et ne touchera qu'avec la main  
gauche celles qui sont plongées dans le fixateur. Si l'on n'observe  
pas rigoureusement ces prescriptions, on aura sûrement des épreuves  
tachées.

La nuance de l'image change peu à peu, sous l'action du virage;  
elle est d'abord rouge-brique, puis rouge violacé, pourpre, et noir  
froid. Ce changement, variable suivant la composition du virage,  
est plus ou moins rapide, suivant que le bain est neuf ou a déjà  
servi à virer plusieurs épreuves. L'action en est accélérée par la  
chaleur, et certains bains qui paraissent épuisés, en hiver, virent  
encore très bien quand on les fait tiédir.

Aussitôt que le ton voulu est atteint, et même un peu avant, car  
le virage va continuer encore quelques instants, on sort l'épreuve  
et on la plonge dans l'eau. On la retire aussitôt, sinon elle continue  
de virer, et on l'immerge dans le fixateur.

**Virage sulfuro-ammoniacal.** — L'épreuve, tirée *très vigou-  
reuse*, sur papier au gélatino-chlorure, est traitée par une solution  
d'ammoniaque à 1 ou 2 p. 100; elle y prend une teinte jaunâtre-  
moutarde très désagréable. On la lave sommairement, puis on  
l'immerge dans une solution très diluée de monosulfure de sodium :  
elle y prend progressivement une belle teinte brun-sépia; on arrête  
par un lavage (sommaire) et on sèche, sans fixer (R. H. Bow).

**Fixage.** — Les épreuves virées sont immergées une à une dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	150 gr.

On y ajoutera 3 à 5 grammes d'alun de chrome s'il s'agit de papiers  
gélatinés. Le bain de fixage doit être fréquemment renouvelé, et il  
faut éviter qu'il devienne acide, au besoin en ajoutant 1 gramme  
de carbonate de sodium par litre. Plus encore que pour les plaques  
il est recommandable de faire le fixage dans deux bains successifs,  
le second plus neuf que le premier.

A mesure que le sel d'argent non impressionné se dissout, l'image  
prend un ton plus rouge; elle semble même revenir au ton qu'elle  
avait avant le virage, mais cette teinte disparaîtra au séchage.

Au bout de dix minutes, les épreuves sont fixées. On les met alors

dans une grande cuvette, où elles sont soumises à un lavage très abondant et très soigné, sur lequel nous reviendrons plus loin.

\*  
\* \*

**Virage-fixage.** — Les papiers au citrate sont généralement virés et fixés simultanément, ce qui simplifie les opérations. Les bains de virage et fixage combinés ont, sur les bains séparés, l'avantage de donner plus facilement des images fraîches et brillantes, avec des demi-teintes très fines et des noirs profonds, quoique bien détaillés. On leur a reproché de fournir des épreuves moins stables que les bains séparés. En réalité, si l'on fait usage de solutions préparées avec soin et non épuisées; si, surtout, les lavages sont bien exécutés, les épreuves virées et fixées en un seul bain se conservent aussi longtemps, comme l'ont montré MM. Lumière et Seyewetz, que celles qui ont été virées et fixées séparément. D'autre part, si les bains ou les lavages laissent à désirer, chacun des deux procédés aboutit à des épreuves qui s'altèrent, jaunissent et s'effacent en peu de temps.

Il est recommandé de ne pas laisser les flacons de virage-fixage exposés à la lumière, et d'employer de l'eau distillée pour les préparer. N'ajouter un produit que quand le précédent est bien dissous.

Les pochettes dans lesquelles sont vendus les papiers au citrate contiennent ordinairement une instruction relative à leur mode d'emploi. On se conformera à ces indications, surtout en ce qui concerne la composition des bains, que le fabricant n'a déterminée qu'à la suite de nombreux essais. Telle formule, excellente pour un papier, ne vaudrait rien si on l'appliquait à un papier de provenance différente. A titre d'exemples, nous indiquerons la formule de MM. Lumière et celle de la Compagnie Eastman Kodak. Ces formules conduisent à d'excellents résultats quand elles sont appliquées aux papiers pour lesquels elles ont été combinées, mais elles ne conviendraient pas également à d'autres.

Le virage-fixage Lumière a pour formule :

A. Eau bouillante . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	250 gr.
Alun ordinaire . . . . .	15 —
Acétate de plomb. . . . .	2 —
B. Eau distillée . . . . .	100 cc.
Chlorure d'or. . . . .	1 gr.

La solution A est préparée en faisant dissoudre l'hypo-sulfite et l'alun dans l'eau bouillante. On filtre ensuite, et l'on n'ajoute qu'après refroidissement l'acétate de plomb, préalablement dissous dans un peu d'eau distillée.

Le bain normal est préparé, vingt-quatre heures avant de s'en servir, en ajoutant 6 centimètres cubes de la solution B à 100 centimètres cubes de la solution A. Pour obtenir plus de limpidité, il est utile d'y ajouter un peu de kaolin et de filtrer. La température du bain, pendant le virage-fixage, doit être comprise, autant que possible, entre 18° et 20°.

On peut porter à 40 grammes la dose d'alun, en ajoutant 10 centimètres cubes de bisulfite de soude en solution commerciale (Lumière et Seyewetz).

Les épreuves, préalablement dégorgées dans l'eau renouvelée, sont immergées une à une dans la cuvette (en verre ou en porcelaine) contenant le bain de virage-fixage, et maintenues constamment en mouvement. Dès qu'elles y sont plongées, les images s'affaiblissent et prennent une couleur rouge-brique, qui ne tarde pas à se modifier sous l'action du sel d'or. Dès que les demi-teintes ont atteint le ton voulu, soit au bout de dix minutes environ, les épreuves sont retirées du bain et lavées à grande eau. Si on les laissait davantage dans la cuvette de virage, les demi-teintes seraient rongées.

Il est très avantageux, à la fois pour la bonne conservation des épreuves et pour l'économisation du bain, de *fixer* le papier à l'hypo-sulfite à 20 p. 100 *avant* de le soumettre au viro-fixage (bien laver entre les deux bains). Les épreuves doivent alors être un peu plus foncées que si ce fixage préalable n'a pas lieu.

Les épreuves remontent sensiblement comme intensité après séchage.

On obtient de beaux tons violacés en faisant précéder le virage-fixage d'un virage or-borax :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Borax . . . . .	10 gr.
Solution de chlorure d'or à 1 p. 100. . . . .	25 cc.

La solution de chlorure d'or n'est ajoutée à la solution de borax qu'au moment de procéder au virage; il est bon, toutefois, d'attendre un quart d'heure avant d'employer le mélange.

Le virage-fixage Kodak est préparé en mélangeant :

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	200 gr.
Sulfocyanure d'ammonium. . . . .	4 —
B. Eau. . . . .	500 cc.
Acétate de plomb. . . . .	10 gr.
Chlorure d'or. . . . .	1 —

Chacune de ces deux solutions doit être préparée au moins vingt-quatre heures avant d'être employée. Elles se conservent d'ailleurs très bien, à l'abri de la lumière. Les deux solutions seront mélangées une demi-heure avant l'emploi. On prendra 1 000 centimètres cubes de A, et seulement 100 centimètres cubes de B. Cette quantité est exactement suffisante pour virer et fixer en huit ou dix minutes une pochette de papier *Solio* au ton brun-pourpre.

Pendant l'été, les épreuves, rapidement dégorgées dans de l'eau fraîche, seront laissées, pendant cinq minutes, dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Alun . . . . .	25 gr.

La couche de gélatine sera alors assez dure pour ne pas fondre au cours des opérations suivantes. Les épreuves seront ensuite lavées avant de passer dans le virage-fixage.

Autre formule :

A. Eau bouillante. . . . .	600 gr.
Hyposulfite de soude . . . . .	200 à 250 —
B. Eau bouillante . . . . .	250 gr.
Alun . . . . .	15 —
C. Eau . . . . .	150 gr.
Acétate de plomb. . . . .	2 —

Mélanger A et B. Après trouble, dépôt et dégagement sulfureux, laisser refroidir. Puis seulement ajouter C. Après plusieurs jours de repos, filtrer et conserver en flacons. La veille de l'emploi, ajouter à 100 centimètres cubes du mélange de la craie pilée ou du kaolin, et 5 à 6 centimètres cubes de la solution de chlorure d'or à 1 p. 100. Laisser reposer plusieurs heures à la lumière.

Autre formule (Vogel) ne précipitant pas et restant alcalin :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	200 gr.
Acétate de soude crist. . . . .	20 —
— de plomb . . . . .	15 —
Solution à 1 p. 100 de chlorure d'or. . . . .	50 cc.

**Virage-fixage sans or.** — Un vieux bain d'hyposulfite, dans lequel ont été fixées des épreuves virées, devient lui-même susceptible de virer (peu et mal) de nouvelles épreuves. De même, un bain de fixage acide, quoique ne contenant aucune trace de chlorure d'or, peut donner des tons agréables, mais peu stables et d'ordinaire rongés dans les demi-teintes.

**Virage fixage au zinc et au plomb.** — Dissoudre à chaud, dans l'ordre :

Eau chaude ayant bouilli . . . . .	1 000 gr.
Hyposulfite de soude anhydre . . . . .	150 —
Chlorure de zinc cristallisé. . . . .	30 —
Chlorure de sodium. . . . .	30 —
Bicarbonate de sodium . . . . .	3 à 5 —

Filter soigneusement après refroidissement. Ajouter 10 grammes d'acétate de plomb dissous dans le minimum d'eau, bien agiter, laisser reposer douze heures et filtrer de nouveau.

**Virage au plomb.** — Mélanger à volumes égaux :

A. Eau bouillante . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	250 gr.
B. Eau. . . . .	1 000 cc.
Azotate de plomb. . . . .	100 gr.

Ne virer que peu d'épreuves dans le même bain.

Autre formule pour tons bruns :

A. Eau. . . . .	100 gr.
Acétate de plomb. . . . .	5 —
B. Eau. . . . .	200 —
Hyposulfite de soude . . . . .	40 —

Verser 30 centimètres cubes de A dans 60 centimètres cubes de B (et non l'inverse).

Autre formule, en un seul bain :

Eau distillée . . . . .	500 gr.
Carbonate de soude . . . . .	3 —
Acétate de plomb . . . . .	6 —
Hyposulfite de soude. . . . .	75 —

Tirer les épreuves vigoureuses. Ne pas les laver avant de les mettre dans ce bain.

La formule suivante donne un ton noir :

Solution de pentathionate de plomb à 21° Baumé. . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	250 gr.

Pour préparer le pentathionate de plomb, on sature par du carbonate de plomb une solution d'acide pentathionique à 10° Baumé.

**Virage au platine.** — On obtient de beaux tons noirs, d'une remarquable stabilité, en virant au platine les épreuves préalablement virées à l'or, mais non fixées. La formule suivante convient particulièrement aux papiers à la celloïdine mats :

Eau. . . . .	800 à 1 000 cc.
Chloroplatinite de potassium . . . . .	1 gr.
Acide citrique . . . . .	20 —
(ou sulfurique . . . . .)	5 —

Les épreuves virées à l'or et lavées sont laissées dans le bain de virage au platine pendant cinq à dix minutes, suivant que la solution est neuve ou épuisée. On les retire aussitôt que le ton désiré est obtenu. On les lave ensuite à grande eau, et on les fixe dans un bain d'hyposulfite de soude à 5 p. 100, alcalinisé par 1 millième de carbonate de soude.

Les papiers au citrate peuvent également être virés au platine. On obtient des tons très variés avec le bain suivant, qui devra précéder le virage-fixage. Les épreuves, tirées plus foncées que d'ordinaire, seront lavées dans deux ou trois eaux, puis immergées dans :

Eau . . . . .	500 cc.
Chlorure de sodium . . . . .	2 gr.
Chloroplatinite de potassium . . . . .	1 —

On les y laissera jusqu'à obtention du ton noir, et on les lavera rapidement avant de les passer dans le bain de virage-fixage.

**Virages divers.** — On a employé comme agent virant le sélénium. Après lavage des épreuves à l'eau et fixage de cinq minutes dans l'hyposulfite à 20 p. 100, puis lavage, on plonge dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	20 gr.
Sélénium pulvérisé. . . . .	3 —
Hyposulfite de soude. . . . .	1 gr. 5

Laver. L'image est à tons chauds. Le bain agit rapidement, se conserve bien et revient à beaucoup moins cher que ceux à l'or.

On obtient des images bleu de Prusse sur papier albuminé en faisant flotter l'épreuve, fixée et lavée, mais non virée, sur un bain préparé à l'aide des deux solutions suivantes mélangées en parties égales :

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Citrate de fer ammoniacal . . . . .	175 gr.
B. Eau. . . . .	1 000 cc.
Ferricyanure de potassium. . . . .	200 gr.

On peut traiter de même les papiers au citrate. La pureté des blancs est mieux conservée en divisant le virage en deux phases. L'épreuve, fixée et lavée, est d'abord plongée dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	2 gr.

L'image y disparaît presque complètement. On lave avec soin, et l'on passe l'épreuve dans une solution diluée de perchlorure de fer, où l'image reparaît en bleu. On termine par des lavages abondants.

Le virage à l'urane donne des images brun-rouge. L'épreuve fixée et lavée est passée dans une solution saturée de chlorure de sodium, puis dans un bain d'alun à 6 p. 100. On la laisse quatre à cinq minutes dans chacun de ces deux bains, et on l'immerge dans :

Solution de ferricyanure de potassium à 2 p. 100. . . . .	1 partie.
Solution de nitrate d'urane à 6 p. 100. . . . .	1 —

Dans ce mélange, l'image passe du brun au rouge. On lave, on fixe de nouveau dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100 et on lave à grande eau.

**Papiers auto-vireurs.** — La plupart des marques préparent

aujourd'hui des papiers portant dans leur émulsion du chlorure d'or, du sélénium et autres produits vireurs : ils n'ont donc besoin, après virage, que d'un bain à l'hyposulfite pour les fixer, et ils y prennent leur tonalité en même temps. Certains doivent séjourner dans l'eau salée. Au surplus, toutes les pochettes étant accompagnées du mode d'emploi détaillé, nous ne pouvons qu'engager à s'y conformer, et nous n'aurons pas à donner de formules. Ces papiers demandent généralement des négatifs bien contrastés. Le bain de fixage (si peu coûteux) doit être fréquemment renouvelé, et sans alun ni bisulfite sauf indication formelle du fabricant.

\*  
\*  
\*

**Lavages.** — Les papiers aux sels d'argent doivent être soumis, après fixage, à des lavages abondants, afin d'assurer l'élimination de l'hyposulfite, dont les moindres traces restées dans la couche compromettraient la stabilité des images. Ces résidus du fixage attaquent, en effet, le dépôt d'argent, en provoquent la sulfuration et déterminent la formation d'un composé complexe jaunâtre qui pâlit à la longue et finit par disparaître. De là ces épreuves rongées, résultant de lavages insuffisants, que tout le monde connaît. Le papier retient dans ses fibres l'hyposulfite beaucoup plus que les plaques.

Cependant, si l'on prolonge les lavages au delà de dix à douze heures, on risque de désagréger la pâte du papier. Pour éliminer l'hyposulfite en quelques heures, il faut que les épreuves soient placées dans l'eau courante ou, à défaut, dans une eau fréquemment renouvelée. On les met habituellement dans une cuve en bois garnie de zinc. Si on les abandonne dans ce récipient, elles s'empilent au fond, et l'eau ne circule plus suffisamment entre les feuilles. Certaines cuves sont munies d'un grillage disposé à quelques centimètres au-dessus du fond. Les épreuves s'y déposent, tandis que l'eau contenant l'hyposulfite gagne le fond, par suite de sa plus grande densité. Le mieux est d'établir un système de tubulure arrivant tangentiellement à la périphérie de la cuve, en même temps qu'un siphonage qui entretient le liquide et les épreuves en mouvement.

Si l'on ne dispose pas d'une provision d'eau suffisante pour opérer ainsi, on obtiendra néanmoins une élimination suffisante en procé-



dant comme suit. On remplit à demi deux cuvettes d'eau. On met dans la première les épreuves, une à une. Au bout d'un quart d'heure, on retire les épreuves, toujours une à une, et on les empile les unes sur les autres, gélatine en dessus, après les avoir égouttées; la dernière est posée gélatine en dessous. On presse bien cette pile, de façon à en exprimer tout le liquide possible. Puis on les prend une à une et on les immerge dans la seconde cuvette. On vide l'eau de la première cuvette, on la remplace par de l'eau propre, et, au bout d'un quart d'heure, on recommence avec la seconde cuvette, et ainsi de suite, en changeant l'eau chaque fois. On peut aussi se borner à employer une seule cuvette. Cinq ou six changements d'eau avec pressage à chaque fois, suffisent.

Enfin on abrège les lavages, en décomposant l'hyposulfite au moyen du thioxydant Lumière à 40 p. 100. On peut laver les épreuves à l'eau de mer, à condition de terminer par deux ou trois passages de quelques minutes dans l'eau douce.

Si l'on emploie un papier gélatiné et que le bain de virage ne contienne point d'alun, il est utile de rendre la gélatine insoluble, avant de procéder aux lavages. Sans cette précaution, le montage des épreuves serait très délicat et, de plus, pendant l'été, la couche risquerait de couler pendant le lavage. Pour durcir la gélatine, il suffit de laisser les épreuves, pendant cinq minutes, dans l'alcool à brûler (qui, peu à peu, s'enrichira en eau), ou dans une solution d'alun ordinaire à 3 p. 100, ou dans une solution de formol à 1 p. 100. Le papier *Actinos*, qui ne contient point de sels solubles, peut même être durci au formol avant les opérations de virage et de fixage.

**Séchage.** — Les épreuves lavées sont suspendues par un coin à des épingles recourbées en S ou à des pinces en bois fixées à une corde, ou déposées, image en dessus, sur des feuilles de papier buvard blanc très propre. On peut appliquer un morceau de buvard sur l'image pour en enlever les gouttelettes qui rendraient la dessiccation trop lente, mais il ne faut pas l'y laisser, car l'épreuve, en séchant, se couvrirait d'une sorte de duvet formé de filaments de papier.

Si les épreuves, une fois sèches, sont cintrées (la face gélatinée en dedans), on les remet planes en les prenant par deux angles diagonalement opposés, et en frottant leur face dorsale, de l'un de ces coins à l'autre, sur une arête rigide (règle, planche mince). Puis on en fait autant pour l'autre diagonale.

Si les épreuves doivent être conservées non montées, on évitera qu'elles se roulent au séchage en les plongeant dans un mélange d'eau et de glycérine, ou dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Alcool . . . . .	400 —
Glycérine . . . . .	300 —

On les y laisse environ cinq minutes et on les fait ensuite sécher comme d'habitude. Pour rendre plus brillante la surface des papiers gélatinés, on les fait sécher sur une surface polie (plaque de tôle émaillée, glace cirée ou enduite de talc) : nous reviendrons sur ce procédé, en traitant du montage des épreuves.

Les bains et le séchage déforment sensiblement le papier : il peut s'allonger de 1 à 2 p. 100 dans le sens de la longueur, et seulement de 1/2 p. 100 dans sa largeur. On a utilisé cette légère déformation pour « corriger », suivant l'orientation donnée dans le châssis lors du tirage, l'obésité ou la maigreur du sujet.

**Photographie sur étoffes.** — Les tissus peuvent être teints par des méthodes photographiques, comme nous le verrons en traitant des impressions pigmentaires (chap. XII). Mais on peut aussi tirer des images aux sels d'argent sur des étoffes recouvertes d'une sorte d'apprêt sensibilisé.

L'étoffe est d'abord mise à flotter pendant une à deux minutes, sur un encollage à base de *carrageen*, ou « lichen d'Islande » officinal : on en fait infuser 5 à 6 grammes dans un litre d'eau bouillante pendant cinq minutes, puis on ajoute à la solution chaude, décantée et filtrée, 100 grammes de chlorure d'ammonium, ou 50 de chlorure de sodium, puis (en ce dernier cas) 50 à 100 grammes d'acide acétique cristallisable. On soulève ensuite par les coins et on met à sécher sur une ficelle tendue, face apprêtée en l'air.

On peut encore immerger l'étoffe, si elle n'est pas de la soie, pendant 30 à 40 secondes, dans :

Alcool. . . . .	1 000 cc.
Benjoin. . . . .	8 gr.
Mastic en larmes. . . . .	5 —
Chlorure de cadmium. . . . .	30 —

On la presse ensuite entre deux feuilles de papier buvard blanc parfaitement propres, et on la laisse sécher à l'air.

Pour la sensibiliser, on la tient immergée, pendant une minute, dans une solution de nitrate d'argent à 10 p. 100, ou on la fait flotter deux minutes sur le bain au nitrate citrique p. 247, et on la presse de nouveau entre deux feuilles de buvard avant de la laisser sécher dans l'obscurité.

Le tirage s'effectue dans le châssis-presse, comme s'il s'agissait d'exécuter une épreuve sur papier. Il faut seulement prolonger davantage l'impression, car l'image baisse un peu plus au virage.

Le tissu impressionné est lavé dans 5 ou 6 eaux différentes, et viré dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Bicarbonate de soude. . . . .	1 gr.
Chlorure d'or . . . . .	10 —

Quand le ton voulu est atteint, on rince, et on fixe dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100.

L'encollage au benjoin ne s'applique pas à la soie. Ce tissu doit soit être encollé au carragheen, soit d'abord être lavé à l'eau tiède, afin d'en éliminer l'apprêt ordinaire, puis la pièce de soie est plongée après séchage, dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Arrow-root . . . . .	4 gr.
Chlorure de sodium . . . . .	4 —
Acide acétique . . . . .	15 cc.

Cette solution est préparée en délayant d'abord l'arrow-root dans un peu d'eau et en ajoutant le mélange au restant de l'eau dans laquelle on aura fait dissoudre le chlorure de sodium. On fait bouillir jusqu'à épaissement (l'arrow-root est une fécule et forme par conséquent un empois) et on ajoute l'acide acétique.

Au sortir de ce bain, la soie est mise à sécher. Pour la sensibiliser on l'immerge dans :

Eau distillée. . . . .	100 cc.
Nitrate d'argent . . . . .	5 à 10 gr.
Acide nitrique . . . . .	10 à 20 gouttes.

On fait sécher dans l'obscurité, on imprime au châssis-presse et on vire comme s'il s'agissait d'une épreuve sur papier albuminé. On procède de même pour le fixage et pour les lavages. Les clichés

doivent être plutôt vigoureux, les contrastes s'atténuant. Les tissus imprimés photographiquement peuvent être lavés, nettoyés, repassés, etc.

**Insuccès.** — Les procédés par noircissement direct sont si simples et si sûrs, que les insuccès y sont très rares et ne sont dus qu'à un manque de soins, soit dans le tirage, soit dans la préparation des bains de virage et de fixage.

*Défaut de netteté.* — Si le cliché est net et l'épreuve floue ou doublée, c'est que la planchette du châssis-presse est mal assujettie ou a été ouverte trop brusquement. Garnir le châssis de coussins en feutre et n'ouvrir la planchette, pour examiner l'image, qu'avec précaution.

*Taches.* — Papier humide ou de préparation trop ancienne, cliché imparfaitement sec, condensation de l'humidité (surtout pendant la nuit), contact des doigts gras ou humides, cuvette mal lavée.

*Image grise.* — Cliché trop faible ou lumière trop intense. On y remédie, soit en renforçant le cliché, soit en tirant en lumière faible, soit en interposant un verre dépoli et un verre jaune.

*Image dure.* — Cliché à contrastes exagérés, tirage à une lumière trop douce. Maquiller l'envers du cliché, sur les parties transparentes, à l'aide d'un vernis mat. Tirer au soleil.

*Image rougeâtre.* — Virage insuffisant, bain trop vieux ou trop froid, utilisé pour un trop grand nombre d'épreuves. Chauffer le bain, ou le renforcer avec un peu de bain neuf, prolonger davantage le virage.

*Image noir froid.* --- Virage trop prolongé dans un bain neuf.

*Inégalités de tons.* — Épreuves insuffisamment remuées dans le bain de virage. Les points circulaires rouges correspondent à des parties couvertes de bulles d'air que l'on n'aura pas crevées assez rapidement et qui auront retardé le virage. Deux tons différents séparés par une ligne de démarcation très nette sont l'indice d'une immersion trop lente dans le bain de virage. On évite ces irrégularités en employant un bain assez abondant, en y plongeant rapidement les épreuves une à une, en chassant les bulles d'air immédiatement et en remuant constamment les papiers, soit dans le virage, soit dans le fixage.

*Ampoules.* --- Bain de virage trop acide, température des bains

trop élevée ou trop différente d'un bain à l'autre. Ces ampoules disparaissent généralement au séchage. Quelquefois cependant elles laissent une trace. On les évite à l'aide d'une solution d'alun à 3 p. 100.

*Gélatine visqueuse.* — Température trop élevée. Durcir la gélatine dans l'alun ou dans le formol.

*Altération de l'image.* — Lavage imparfait, viro-fixage épuisé, humidité, émanations sulfureuses, mauvaise qualité de l'encollage du papier ou du carton sur lequel ou le monte, acidité de la colle, exposition prolongée au soleil.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- F. DILLAYE, *Le Tirage des épreuves en photographie*, Paris (J. Tallandier), 1903.  
 J.-M. EDER, *Die photographischen Kopierverfahren*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).  
 KLARY, *Traité pratique d'impression photographique sur papier albuminé*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.  
 A. LIÉBERT, *La Photographie en Amérique*, 4<sup>e</sup> édition, Paris (B. Tignol), 1884 (pour les papiers salés et albuminés).  
 < L. MATHET, *Les Insuccès dans les divers procédés photographiques*, tome II, Paris (Ch. Mendel).  
 D. VAN MONCKHOVEN, *Traité général de photographie*, 7<sup>e</sup> édition, Paris (G. Masson), 1884 (pour les papiers salés et albuminés).  
 E. TRUTAT, *Les Positifs en photographie*, Paris (O. Doin et fils), 1910.  
 E. VALENTA, *Die Behandlung der für den Auskopierprozess bestimmten Emulsionspapiere (Chlorsilbergelatine-und Celloïdinpapiere)*, Halle a/S. (W. Knapp).  
 ✕ C. DUVIVIER, *Les Tirages positifs en photographie*, tome I, Paris (de Francia).  
 CH. SOLLET, *Traité pratique des tirages photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.

## CHAPITRE XI

## LES PHOTOCOPIES PAR DÉVELOPPEMENT

**Développement des papiers au chlorure ou citrate. —**

Les papiers au citrate ou au chlorure d'argent noircissent directement au tirage, comme on l'a vu dans le chapitre précédent, et c'est ainsi qu'on les emploie presque toujours. Mais on peut également arrêter l'impression bien avant que l'image ait acquis toute son intensité, qui demande un certain nombre de minutes même au soleil, et peut exiger plusieurs heures par une journée grise d'hiver : on se contente alors d'amorcer la venue de l'image, puis de la renforcer par développement. Cette opération sera pratiquée à l'aide d'un révélateur *physique* dont le nitrate d'argent aura été remplacé par celui que contient le papier.

On a proposé un grand nombre de formules pour ces révélateurs, désignés quelquefois sous le nom de *continueurs*. La plupart ne donnent que des images couvertes de taches ou de tonalité désagréable, qu'il est nécessaire de modifier dans un bain de virage. Ce ton varie d'ailleurs, non seulement suivant la composition du révélateur, mais aussi suivant le degré d'impression de l'image. En effet, une épreuve directement noircie à son intensité normale devient rouge dans le bain de fixage; une image invisible, au contraire, est révélée en noir au développement et reste noire dans l'hyposulfite. Ainsi donc, si une épreuve incomplètement noircie à la lumière est complétée ensuite dans un révélateur, sa teinte définitive sera intermédiaire entre le rouge et le noir, et d'autant plus rouge que le tirage aura été prolongé davantage. L'avantage de cette combinaison, outre la rapidité du tirage, c'est la stabilité des images, moins altérables que celles qu'on obtient par noircissement direct, et les beaux tons auxquels on arrive sans faire usage des bains d'or.

Le papier est exposé à la lumière, dans le châssis-presse (qu'on

charge presque à l'obscurité<sup>1</sup>, comme nous l'avons précédemment expliqué), mais seulement jusqu'à ce que l'image commence à apparaître. Cette image, à peine visible, est ensuite complétée dans le révélateur. Il faut bien se garder de laver le papier avant de le soumettre au développement, car le nitrate d'argent qu'il contient est un élément essentiel du révélateur. Il va sans dire aussi que ce procédé n'est pas applicable au papier *Actinos*.

Le continuateur à l'acide gallique est le plus ancien. On le prépare en faisant d'abord une solution de réserve :

Alcool à 90° . . . . .	100 cc.
Acide gallique . . . . .	10 gr.

Au moment de développer on prend :

Eau . . . . .	200 cc.
Solution de réserve . . . . .	5 —
Solution d'acétate de plomb à 10 p. 100 . . . . .	1 —

Sous la lumière artificielle rouge, verte, ou jaune, l'épreuve y es immergée rapidement, et la cuvette agitée avec soin. L'image se renforce progressivement et, quand elle est à point, on la retire aussitôt, on la lave sommairement et on la fixe à l'hyposulfite. On obtient ainsi un ton sépia. En augmentant la dose d'acétate de plomb, on aurait des tons noir marron. Si l'image est bien visible même dans les ombres, il vaudra mieux augmenter la quantité d'eau indiquée : en la doublant, on aurait des tons sépia doré.

On aura de beaux tons se rapprochant de ceux du papier albuminé viré à l'or, en prenant :

Eau . . . . .	200 cc.
Solution de réserve . . . . .	10 —
Solution d'acétate de plomb . . . . .	5 gouttes
Acide acétique cristallisable . . . . .	15 à 25 —

On peut également employer le bain suivant :

Eau . . . . .	500 gr.
Solution d'acide gallique à 3 p. 100 . . . . .	500 cc.
— saturée d'acétate de soude . . . . .	50 gr.
— saturée de gomme arabique . . . . .	70 —

1. On doit en effet le considérer comme aussi sensible que du papier bromure, puisque le bain révélateur compensera sa faible impressibilité

Liesegang a proposé le continueur suivant, connu sous le nom d'*Aristogène* :

A. Eau bouillie . . . . .	750 cc.
Acétate de soude cristallisé . . . . .	200 gr.
Tartrate de soude et de potasse. . . . .	30 —
Acide citrique . . . . .	3 —
B. Alcool. . . . .	200 cc.
Glycérine . . . . .	80 —
Hydroquinone . . . . .	45 gr.

On mélange ces deux solutions, que l'on conserve en flacons de 100 centimètres cubes bien bouchés. Au moment de développer, on prend :

Eau . . . . .	100 cc.
Aristogène . . . . .	10 —

Le ton obtenu est généralement d'un brun orangé qu'il est nécessaire de modifier en passant l'épreuve, préalablement lavée, dans un bain de virage-fixage ordinaire.

Les développeurs suivants se rapprochent davantage de ceux pour plaques.

Eau . . . . .	100 cc.
Métol (génol) . . . . .	1 gr.
Solution saturée de gomme arabique. . . . .	10 cc.

Le continueur au métol ci-dessous donne de beaux tons pour-prés et ne nécessite pas de virage complémentaire :

Eau . . . . .	200 cc.
Métol . . . . .	1 gr.
Acide tartrique . . . . .	1 —
(ou : citrique . . . . .)	2 —)

(Le développement se ralentit et donne un ton plus rougeâtre à mesure qu'on augmente la quantité d'acide.) Il est à remarquer toutefois que les demi-teintes jaunissent parfois dans l'hyposulfite, et que l'image vire en deux tons différents, suivant l'intensité des



ombres. Cet inconvénient ne se produit pas quand on emploie le paramidophénol, qui donne également de belles images, sans virage :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Paramidophénol (base) . . . . .	5 gr.
Acide tartrique . . . . .	6 —
Acétate de soude. . . . .	10 —
Acide acétique. . . . .	40 —

Ce bain est souvent trop énergique, et il est nécessaire de le diluer<sup>1</sup>. A tous ces continuateurs il est utile d'ajouter un peu d'alcool ou de gomme arabique, dont l'effet est de retarder la précipitation des composés insolubles qui se forment par la réaction du nitrate d'argent sur le révélateur. Il faut cependant éviter d'en mettre une trop grande quantité, car le développement serait alors trop ralenti. Le mieux sera de préparer d'avance une eau gommée concentrée dont on ajoutera 10 centimètres cubes à 100 centimètres cubes de révélateur.

Indiquons encore la formule suivante, due à Valenta et très peu coûteuse :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide citrique . . . . .	17 gr.
Métol (génol) . . . . .	4 —
Hydroquinone. . . . .	6 —

Se conserve en flacons bien bouchés. Pour l'usage, ajouter 10 à 25 volumes d'eau. L'image arrivée au degré désiré, passer dans une solution de chlorure de sodium à 2 p. 100, laver, puis passer au fixage ou au viro-fixage suivant le ton cherché.

\*  
\*\*

**Papiers au gélatinobromure d'argent.** — Les papiers recouverts d'une émulsion analogue à celle des plaques et des pellicules donc presque aussi sensibles à la lumière, sont traités, de même

1. Le papier regardé à la lumière au cours de l'exposition pour se rendre compte de l'état de l'image, est souvent un peu voilé; on peut rendre de la fermeté aux nuances de l'ensemble en ajoutant à 100 centimètres cubes du bain développeur 1 à 5 gouttes d'une solution à 1 p. 100 de bichromate de potassium.

par développement et fixage. Les avantages qu'ils présentent sur les papiers à noircissement direct sont : la rapidité du tirage, la régularité de l'impression à la lumière artificielle et la stabilité des images. La tonalité en est agréable, bien qu'assez froide sauf virages à tons chauds, quand le développement est bien conduit, mais les détails sont souvent perdus dans les ombres. Sans être réellement difficile, la manipulation en est un peu plus délicate que celle des papiers au citrate.

Les émulsions sur papier sont de sensibilités différentes, suivant l'usage auquel elles sont destinées<sup>1</sup>. Les plus rapides, quoique un peu plus lentes que les plaques, ne doivent être manipulées qu'en lumière rouge. Les papiers les plus lents, dits *gaslight*, recouverts d'une émulsion spéciale au chlorobromure, peuvent être exposés à la lumière jaune sans se voiler. Il est même possible d'opérer dans une pièce ordinaire, éclairée par une bougie ou une petite lampe à essence, ou bien par une lampe à pétrole devant laquelle sera interposé un écran orangé en papier. Dans ce cas, l'ouverture des pochettes, le chargement et le déchargement du châssis-presse, ainsi que le développement et le fixage, seront effectués à l'abri de l'écran, tandis que le tirage se fera en approchant le châssis-presse de la lampe pendant quelques instants.

La manipulation de tous ces papiers nécessite quelques précautions. Il faut éviter de toucher les surfaces sensibles et surtout de les rayer; il ne faut même pas que le bord d'une feuille frotte sur l'émulsion d'une autre feuille. Les moindres frottements se traduisent au développement par des raies noires. C'est d'ailleurs pour les réduire au minimum que la pose doit être calculée de telle sorte que le développement s'accomplisse en moins d'une minute. Il faut évidemment se bien garder de poser les doigts sur l'émulsion. La

---

1. Les papiers pour agrandissement sont en général 3 à 6 fois moins sensibles que les plaques de rapidité courante; ceux pour tirages par contact, 20 à 30 fois; les *gaslight*, 100 à 300 fois. Si la source lumineuse est une lampe Pigeon donnant le maximum de hauteur de flamme sans qu'elle fume et éloignée du papier de 0 m. 10, on posera, pour un bon cliché moyen à blancs bien transparents, 50 à 60 secondes avec la plupart des papiers pour tirages sous châssis, 15 à 20 avec les papiers rapides pour agrandissements. Une lampe à pétrole de 10 lignes, à la même distance, demandera 6 fois moins de pose.

durée du développement influe d'ailleurs sur le ton de l'image; la pureté des blancs et la profondeur des noirs en dépendent aussi, et un développement un peu prolongé donnera des épreuves d'aspect très désagréable.

Il s'ensuit que la valeur du cliché influe sur l'aspect de l'épreuve. Les meilleures photocopies sont celles qui sont obtenues à l'aide de phototypes bien détaillés, vigoureux sans dureté, et dont le temps de pose n'a été ni trop court ni trop long. Toutefois, on peut compenser dans une certaine mesure l'excès ou le défaut de vigueur d'un cliché, en modifiant l'intensité de la source lumineuse. Comme les papiers au gélatinobromure sont impressionnés à la lumière artificielle, il suffira de faire varier la distance entre la lampe et le châssis-presse. On éloignera donc les clichés doux, tandis qu'on rapprochera les clichés durs. Il sera même possible de faire des corrections locales, en approchant des parties trop opaques la flamme d'une allumette-bougie. Ajoutons enfin que presque toutes les marques mettent en vente des sortes dites *Contraste* qui permettent de tirer un bon parti de clichés trop gris. Par contre, les variétés rapides (destinées surtout aux agrandissements) donnent, dans le tirage par contact, des images plutôt douces et ayant même facilement quelque tendance au voile; ils seront utiles avec les clichés durs.

Les meilleurs révélateurs des papiers au gélatinobromure sont ceux du diamidophénol et à la métoquinone. Le premier sera préparé, au moment de l'emploi, selon la formule (Lumière frères) :

		ou :	
Eau . . . . .	1 000 cc.		1 000 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	20 gr.		25 gr.
Diamidophénol . . . . .	5 —		6 —
Solution de bromure de potassium à 2 p. 100 . . . . .	10 cc.		5 cc.

Ce révélateur ne se conserve pas, mais donne de très beaux noirs, en même temps que des blancs très purs.

— *Révélateur concentré se conservant bien* (en flacons bouchés) :

Eau bouillie . . . . .	250 cc.
Métol . . . . .	1 gr.
Hydroquinone . . . . .	2 —
Sulfite de soude anhydre . . . . .	30 —
Carbonate — . . . . .	15 —
— de potasse . . . . .	5 —

Pour l'emploi, ajouter 4 à 6 volumes d'eau, et 3 centimètres cubes par 100 de bain, de solution de bromure de potassium à 2 p. 100.

— Autre formule (à ne pas diluer).

Eau bouillie . . . . .	q. s. p. f.	1 000 cc.
Métol. . . . .		3 gr.
Sulfite de sodium anhydre. . . . .		25 —
Hydroquinone . . . . .		3 —
Carbonate de potasse . . . . .		20 —
Bromure de potassium . . . . .		0 gr. 5

Dissoudre dans l'ordre indiqué. Le développement est terminé en une vingtaine de secondes.

Le bain à la métoquinone se conserve longtemps, préparé de la façon suivante :

Eau bouillie. . . . .	p. f.	1000 cc.
Métoquinone . . . . .		9 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .		90 —
Carbonate de soude anhydre. . . . .		15 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100. . .		25 cc.
Pour l'usage, ajouter 3 volumes d'eau.		

On peut remplacer le carbonate par le double de son poids d'acétone.

Ces formules sont établies de telle sorte qu'une épreuve exposée pendant le temps voulu soit complètement développée en trente ou quarante secondes. Toutefois, si l'on veut obtenir une image vigoureuse d'un cliché doux, on réduira un peu le temps de pose, et on augmentera la dose de bromure, de manière que le développement dure un peu plus longtemps. La température exerce une influence très marquée sur la durée du développement.

Les papiers lents (gaslight) au chlorobromure se voilent si le bain est riche en sulfite. Suivre les instructions données dans chaque pochette par le fabricant.

Le révélateur est d'abord versé dans un verre, en quantité suffisante pour recouvrir facilement le papier, soit au moins 100 centimètres cubes pour une feuille 13 × 18. L'épreuve est trempée dans une cuvette pleine d'eau, que l'on vide quand le papier est suffisamment assoupli. On aura soin que le côté émulsionné soit en dessus.

On projette alors d'un seul coup le révélateur sur la couche sensible, en évitant les bulles d'air par une rapide agitation de la cuvette<sup>1</sup>. Aussitôt que l'image est sur le point d'atteindre à l'intensité voulue, on reverse dans le verre le révélateur qui servira à développer l'épreuve suivante, on lave l'épreuve qui vient d'être développée et reste collée au fond de la cuvette, et on la plonge dans une autre contenant :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	200 à 250 gr.
Bisulfite de soude liquide . . . . .	20 à 50 cc.

Le lavage qui précède le fixage doit être rapide<sup>2</sup>, sans quoi, l'action du révélateur continuant, l'image serait trop noire et les blancs n'en seraient pas parfaitement purs. Le fixage est terminé au bout de cinq minutes; la pratique du fixage en deux cuvettes successives est très recommandable, avec lavage de quelques minutes entre les deux et sans voir la lumière du jour avant la fin du second (aucun danger avec une lampe à verre jaune). L'élimination de l'hyposulfite exige, comme toujours, des lavages abondants et prolongés. Pendant l'été, le coulage de la gélatine et la formation des ampoules seront évités au moyen d'une solution d'alun à 3 p. 100, comme pour les papiers au citrate. La dessiccation s'effectuera de même, comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent.

L'image étant invisible lors du tirage, et les clichés d'opacités fort diverses, on n'acquiert que peu à peu l'habitude d'estimer,

---

1. Il est possible, une fois l'image formée mais encore faible, de modifier l'intensité des diverses régions (de pousser la venue des détails dans les ombres, par exemple) en rinçant l'épreuve, puis en passant sur les endroits à intensifier un pinceau doux chargé de révélateur. Quand ces régions ont repris l'avance voulue, on remet le tout quelques instants dans le bain, et quand tout est arrivé à l'intensité générale qui convient, on lave et fixe.

De très grandes épreuves peuvent se développer sans cuvette en mouillant bien, puis, après étendage sur une vitre ou une plaque, on passe sur elles, aussi longtemps qu'il le faut, une grosse touffe d'ouate bien imbibée de révélateur assez dilué et constamment renouvelé. De même pour le fixage (avec d'autre ouate).

2. Il y a intérêt à ce que ce lavage s'effectue dans une solution faible de bisulfite ou d'acide acétique (1 à 2 p. 100) pour arrêter net l'action et éviter la coloration du bain de fixage.

après pas mal d'essais... et d'insuccès<sup>1</sup>, combien de temps il convient de poser pour une lampe donnée et une distance donnée. Il serait évidemment excellent d'utiliser un appareil (densimètre) donnant la valeur des opacités et contrastes du cliché.

Au début d'un tirage au gélatinobromure, il est prudent de n'exposer sous le cliché qu'un petit morceau de papier, que l'on trempe dans le révélateur, afin de déterminer le temps de pose. Après quelques essais, on est exactement fixé sur la valeur du cliché et de l'éclairage, et le tirage s'effectue dès lors très rapidement, avec une régularité parfaite. En employant un révélateur de composition constante et peu oxydable, comme la métoquinone, la durée du développement est invariable, si bien qu'il est facile d'obtenir un grand nombre d'épreuves identiques, en réduisant au minimum la surveillance des opérations. Dans certaines usines même, tout s'effectue automatiquement, à l'aide de machines : c'est ce que l'on a appelé la *photographie au kilomètre*. Le papier au gélatinobromure est enroulé en longue bande sur une bobine, un mécanisme l'amène d'abord sous le cliché, au-dessus duquel une lampe électrique allumée automatiquement à ce moment détermine l'impression de l'image latente. Puis le papier avance de la quantité voulue tandis que la lampe s'éteint, et une nouvelle surface se présente sous le cliché. Pendant que l'impression continue, le commencement de la bande a été amené par la machine dans une cuve contenant le révélateur. Chaque photocopie n'y séjourne que juste

---

1. On fait son éducation avec le minimum de temps et de papier perdus, en employant quelques feuilles à des essais *systématiques*, toujours avec la même marque, la même source lumineuse et à la même distance. On choisit un cliché moyen, du genre de ceux que l'on obtient le plus souvent et que l'on possède en plus grand nombre; on le met en châssis avec la feuille à essayer, on couvre d'une feuille de carton opaque; puis une fois le châssis en place sous la lampe allumée, on découvre tout, et on recouvre successivement les quatre quarts de la longueur par quatre avances bien nettes du carton, effectuées aux intervalles suivants par exemple :

1 <sup>er</sup> quart	2 <sup>e</sup> quart	3 <sup>e</sup> quart	4 <sup>e</sup> quart
recouvert au bout de :			
5 sec.	10 sec.	20 sec.	40 sec.

On verra au développement quelle est la durée la plus convenable. On fera ensuite le même essai avec un cliché doux et un très développé.

Il n'est pas nécessaire que la feuille d'essai ait toute la largeur du cliché, mais seulement la même longueur.

le temps nécessaire au développement et passe ensuite dans d'autres récipients destinés au fixage et aux lavages. La bande est enfin séchée à l'alcool et à l'air chaud très rapidement, et les épreuves automatiquement coupées. On a ainsi, en quelques instants, de très belles impressions, stables, à des conditions de prix inconnues autrefois, susceptibles de lutter même avec les tirages photomécaniques. Le *Photomaton* fournit ainsi en quelques minutes des portraits faits directement sur un papier dont des bains inversent l'image négative après développement; le sujet étant éclairé non par le jour mais par des lampes invariables, le temps de pose peut être toujours le même, et l'opération est automatique.

Le *Thebugraph* construit par Th. Busam, de Stuttgart, est une réduction simplifiée des usines dont nous venons de décrire sommairement la disposition : c'est un appareil facilement transportable, puisqu'il pèse moins de 30 kilos, et qui n'exige de l'opérateur aucune connaissance spéciale. On le charge en pleine lumière, avec un rouleau de papier ou de carte au bromure d'une longueur de 50 mètres, ce qui représente environ 320 cartes postales. D'autres firmes, comme la maison Crayssac, les Établissements Filmograph, etc. construisent également des tireuses automatiques à grand rendement, livrant très rapidement les épreuves de grande urgence pour reportage de presse, escadrilles de reconnaissance photographique, information policière, etc.

\* \* \*

**Virage des photocopies au bromure.** — Le développement des papiers au bromure donne des tons noirs qu'il est facile de modifier par un virage. Un grand nombre de formules ont été proposées, mais la plupart ne donnent que des images facilement altérables. Nous indiquerons les méthodes les plus sûres.

*Virage en brun par sulfuration.* — Bien que la sulfuration accidentelle des épreuves aux sels d'argent soit la cause fréquente de leur altération, le traitement suivant donne des images très stables. Ce traitement, dû à MM. Lumière et Seyewetz, consiste à sulfurer l'argent par le soufre à l'état naissant à l'état colloïdal. A cet effet, on mêle à une solution d'hyposulfite un colloïde, tel que la gomme arabique, et, après dissolution, on y ajoute de l'acide chlorhydrique,

qui décompose l'hyposulfite et libère du soufre. Ce soufre ne se dépose pas, mais reste émulsionné à l'état d'extrême division, si les proportions de colloïde, d'hyposulfite et d'acide sont convenablement établies. Le mélange suivant satisfait à cette condition :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	125 gr.
Solution de dextrine à 50 p. 100 . . . . .	250 cc.

Au moment d'utiliser cette solution pour le virage, on ajoute :

Acide chlorhydrique ordinaire . . . . .	50 cc.
---	--------

Le mélange, qui, au début, était jaunâtre et limpide, devient peu à peu lactescent, mais le soufre qu'il contient ne se dépose pas, même après plusieurs heures. Les épreuves ne paraissent y subir aucun changement; mais si, après vingt à vingt-cinq minutes d'immersion, on les soumet à un lavage prolongé, on voit leur teinte virer peu à peu au brun. Après une heure et demie de lavage, le ton définitif est obtenu : c'est un brun chaud, avec des blancs très purs.

Pour remédier à la longueur du lavage, on peut le confondre avec celui qu'exige l'élimination du fixateur. On peut même simplifier la méthode précédente, en utilisant l'hyposulfite dont le papier est imprégné au sortir du bain de fixation : l'épreuve est alors plongée directement dans une solution d'acide chlorhydrique à 1 p. 100, où elle séjourne pendant trente ou quarante minutes, après quoi on la lave pendant une heure et demie au moins.

*Autre formule :*

L'épreuve, fixée au double bain d'hyposulfite neuf et concentré, et très bien lavée, est blanchie dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Ferricyanure de potassium (prussiate rouge). . . . .	10 à 25 gr.
Bromure de potassium . . . . .	10 à 12 —

Après blanchiment, on lave cinq à dix minutes à l'eau courante, puis on immerge dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Monosulfure de sodium <sup>1</sup> . . . . .	5 à 10 gr.

1. Ne pas filtrer sur papier; ne pas toucher d'objets d'argent avec les doigts mouillés par ce liquide.



Une fois le ton obtenu (en très peu de minutes), laver une demi-heure et sécher.

*Bain unique :*

Immerger d'abord cinq minutes dans une solution d'alun à 3 p. 100 l'épreuve bien fixée et lavée, pour la tanner. Elle sera en effet plongée ensuite dans le bain *chaud* suivant, mais en quantité assez abondante pour ne pas refroidir trop vite :

Eau bouillante. . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	200 gr.
Alun pulvérisé. . . . .	50 —

Laisser l'effervescence se calmer, et la température descendre au-dessous de 80°.

Une solution de « foie de soufre » vire à froid et lentement (une demi-heure).

Les virages par sulfuration se font à la lumière du jour. Les épreuves ainsi traitées peuvent par la suite être virées à l'or ou à la sulfo-urée, en donnant de beaux tons sanguine ou carmin. Le virage au sélénium donne un ton brun-sépia.

*Virage rouge-cuivre.* — Dans une solution à 1 p. 100 de sulfate de cuivre, on verse peu à peu une solution saturée de carbonate d'ammoniaque. Quand le précipité qui s'est d'abord formé se redissout, on ajoute 0<sup>gr</sup>,2 de ferricyanure de potassium (prussiate rouge). L'épreuve, assez intense et soigneusement fixée et lavée, est plongée dans ce bain : elle passe de la couleur lilas au rouge-violet et finalement au rouge vif. On lave ensuite avec soin.

*Autre formule.* — Dissoudre chacun des produits suivants dans un peu d'eau tiède, mélanger dans l'ordre indiqué, puis compléter avec de l'eau jusqu'à obtenir 1 litre :

Sulfate de cuivre. . . . .	5 gr. —
— Citrate d'ammonium neutre . . . . .	13 —
Ferricyanure de potassium (rouge) . . . . .	4 —
Carbonate d'ammonium. . . . .	2 —

L'épreuve une fois virée peut être virée à l'hyposulfite; elle sera affaiblie, mais plus rouge.

*Autre formule.* — Mélanger :

Solution à 5 p. 100 de citrate de potassium . . . . .	600 cc.
— sulfate de cuivre. . . . .	80 —
— ferricyanure de potassium. . . . .	70 —

Arrêter quand l'épreuve arrive au ton désiré. Laver quelques minutes.

On a donné de nombreuses autres formules. Citons celle de W. Dickins :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Citrate neutre de potassium . . . . .	40 gr.
Sulfate de cuivre. . . . .	3 gr. 5
Ferricyanure de potassium. . . . .	3 gr.

(à préparer au moment de l'emploi).

Enfin on a indiqué le mode opératoire suivant : plonger l'épreuve fixée et lavée, dans une solution de bichlorure de cuivre à 15 p. 100. Une fois blanchie, on lave avec soin, puis immerge dans une solution de ferrocyanure (jaune) à un titre quelconque. Après une à deux minutes on lave abondamment, puis plonge dans du bichlorure de cuivre à 2 p. 100 seulement.

*Virage sépia à l'urane.* — L'épreuve, bien lavée après fixage, est plongée dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	1 gr.
Azotate d'urane . . . . .	1 —
Acide acétique cristallisable . . . . .	40 à 50 —

*Formule sans urane :* après développement et lavage, mais *sans fixage*, plonger jusqu'à effacement de l'image dans :

Eau . . . . .	250 gr.
Bichlorure de mercure . . . . .	4 —
Chlorure de cuivre. . . . .	2,5 —
— d'ammonium. . . . .	2 —

Immerger alors dans :

Eau . . . . .	150 gr.
Chlorure de sodium . . . . .	10 —
Acide chlorhydrique. . . . .	1 —

Laver soigneusement, et plonger dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	8 gr.
Hyposulfite de soude. . . . .	30 —

On ajoute progressivement une solution *chaude* d'alun. On arrête et lave à fond quand le ton est obtenu (H. Griffiths).

*Autre formule :*

Solution A. Eau . . . . .	100 cc.
Acide acétique cristallisable . . . . .	10 gr.
Ferricyanure de potassium. . . . .	1 —
Solution B. Eau . . . . .	100 cc.
Acide acétique cristallisable . . . . .	10 gr.
Azotate d'urane . . . . .	1 —

Mélanger à volumes égaux au moment de l'emploi; en faisant dominer B, le ton est moins rouge et plus brun. L'image passe du brun, le sépia chaud, le rouge. Rincer dans l'eau additionnée 2 p. 100 d'acide acétique, puis très sommairement dans l'eau (ce qui affaiblirait l'intensité).

Contrairement aux bains au cuivre, les virages à l'urane renforcent plus ou moins les épreuves.

*Formule sans urane* (Ferri-sulfuration). — L'épreuve fixée lavée, tannée au formol ou à l'alun (indispensable) est blanchie dans

Eau . . . . .	500 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	28 gr.
Bromure d'ammonium . . . . .	3 gr. 5

On rince alors dans deux eaux, et on immerge dans une solution très faible de sulfure de sodium : elle monte rapidement en brun. On lave un quart d'heure et on sèche. La solution sulfureuse doit être renouvelée à chaque fois.

*Virage bleu de Prusse.* — L'épreuve, bien lavée, est plongée dans

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	2 à 5 gr.
Ammoniaque. . . . .	5 à 20 gouttes

Quand l'image a complètement disparu, on lave la feuille et on l'immerge dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Solution officinale de perchlorure de fer. . . . .	5 —
Acide chlorhydrique . . . . .	1 à 2 —

L'image prend alors une teinte bleue très franche en quelques instants. Rincer, passer à l'eau acidulée.

*Virage bleu en un bain.* — Préparer séparément :

A. Eau. . . . .	1 000 cc.
Ferricyanure de potassium. . . . .	10 gr.
B. Eau. . . . .	1 000 cc.
Citrate de fer ammoniacal . . . . .	10 gr.

Au moment de l'emploi, mélanger à volumes égaux et ajouter 5 p. 100 du total d'acide acétique. Dès que l'épreuve est devenue bleu pur, laver jusqu'à ce que les blancs ne soient plus teintés.

Il existe aussi de nombreuses formules à base d'azotate d'urane (plus coûteux) en deux ou trois bains, qu'il nous paraît inutile de détailler.

*Virage vert.* — L'épreuve, d'abord virée en bleu comme il vient d'être dit, est passée, après lavage, dans la solution :

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfure de sodium . . . . .	1 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	5 cc.

*Autre formule.* — Virer au bleu foncé dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Oxalate ferrique . . . . .	5 gr.
Ferricyanure de potassium . . . . .	4 —

Laver, passer une minute dans une solution au millième de chromate (jaune) de potassium. Terminer en passant dans un bain à 5 p. 100 d'alun pour enlever le voile jaune formé.

*Virage jaune.* — On prépare séparément les deux solutions :

A. Eau. . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium. . . . .	8 gr.
B. Eau. . . . .	100 cc.
Nitrate de plomb. . . . .	8 gr.
Acide acétique . . . . .	5 cc.

On les mélange au moment de l'emploi et, si le liquide devient opalescent, on le filtre avant de s'en servir. L'épreuve y blanchit en peu de temps. On lave jusqu'à disparition complète du voile jaune uniforme, puis on passe dans une solution de bichromate de potasse à 1 p. 100. On lave de nouveau, et, si les blancs restent jaunâtres, on les décolore dans une solution d'acide sulfurique à 1/2 p. 100. Si l'on neutralise le bichromate avec un peu d'ammoniaque et qu'on y ajoute de l'iodure de potassium, on aura une image plus intense.

Si l'on ajoute au bichromate (non neutralisé) une faible quantité de perchlorure de fer, le ton obtenu sera vert intense.

Si l'on ajoute au bichromate du bichlorure de cuivre, l'image sera de couleur orangée. En modifiant les proportions de ces divers éléments, on réalise une grande variété de teintes.

**Teintures par mordantage.** — Une méthode générale de virage proposée par Traube en 1906 et perfectionnée par l'abbé Tauleigne, blanchit l'épreuve dans un bain qui la rend apte à fixer ces couleurs organiques en solution.

*Bain décolorant et mordant :*

Eau . . . . .	100 cc.
Sulfate de cuivre . . . . .	4 gr.
Citrate neutre de potassium . . . . .	6 —
Acide acétique cristallisable . . . . .	3 —
Solution à 10 p. 100 de sulfocyanate d'ammonium . . . . .	20 cc.

ou :

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	5 gr.
Bichromate d'ammonium (solution à 10 p. 100) . . . . .	1 cc. 5
Acide sulfurique à 10 p. 100. . . . .	3 —

(Ajouter la solution de sulfocyanate en dernier lieu, par petites quantités et en agitant à chaque fois.)

Une fois l'épreuve blanchie, la laver jusqu'à ce que les blancs soient purs. Puis la teindre pendant deux à quinze minutes dans des solutions étendues (entre 1/100 et 1/5 000) des colorants basiques suivants, additionnées de 1/2 centimètre cube d'acide acétique par 100 centimètres cubes. *Rouge* : Chrysoïdine, Rhodamine, Safranin

*Jaune* : Auramine, Thioflavine. *Vert* : Verts malachite et méthylène. *Bleu* : de méthylène, Victoria. *Violet* : de méthyle. — La solution colorante ne sera pas un bain pour immersion, mais sera étendue sur la face gélatinée au pinceau plat et à la touffe d'ouate.

Laver une demi-heure à une heure, éclaircir les blancs par une demi-minute à une minute d'immersion dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potassium. . . . .	4 gr.
Acide sulfurique . . . . .	2 —

Puis on passe dans la solution commerciale de bisulfite de soude étendue de 20 volumes d'eau. Rincer. — On peut affaiblir par un court passage dans de l'eau très légèrement ammoniacale.

— La variante Tauleigne est la suivante :

L'épreuve positive au bromure (sur verre ou sur papier), développée, fixée et lavée, est blanchie dans :

Eau. . . . .	90 cc.
Bichlorure de cuivre . . . . .	10 gr.
Acide acétique. . . . .	quelques gouttes.

L'action est rapide; quand les ombres sont brun pâle, laver un quart d'heure dans l'eau plusieurs fois renouvelée. Puis transformer le bichlorure d'argent en iodure en plongeant dans :

Eau . . . . .	100 gr.
Iodure de potassium. . . . .	2 gr.

Le positif jaunit de suite, et l'image devient bien visible en brun orangé. Laver quelques minutes, puis immerger dans un des bains suivants, ou analogues à couleurs basiques ou à éosine (les trois ci-après sont choisis pour donner les trois nuances pures nécessaires dans le procédé trichrome) :

*Fuchsine* : 1 gramme par litre d'eau (bouillante pour l'y dissoudre). — *Bleu de méthylène* : 1 gramme par litre d'eau (froide). — *Auramine* : 5 grammes par litre. — Pour l'usage, ces solutions de réserve devront être étendues de 20 volumes d'eau et additionnées de quelques gouttes d'acide acétique.

L'imbibition demande douze heures pour être suffisante; elle peut être plus rapide avec des solutions plus concentrées.

Dégorger l'excédent de couleur en passant les épreuves une demi-heure dans l'eau légèrement acétique. En cas de forte surteinture mettre une à deux minutes dans l'hyposulfite à 2 p. 100, puis laver dans l'eau pure et l'eau acétique.

Pour fixer la couleur, plonger l'épreuve dans une solution de tannin brun à 5 p. 100 (elle sert indéfiniment et s'améliore en vieillissant mais il faut l'empêcher de moisir) pendant une demi-minute pour l'épreuve bleue, une pour la jaune, cinq pour la rouge. Enfin, après lavage à l'eau renouvelée, on élimine les sels d'argent par un bain d'hyposulfite à saturation. Laver et sécher.

— Le procédé Namias emploie les sels de plomb comme mordants en même temps que comme substitués à l'image argentique.

Le positif au gélatinobromure est blanchi après développement fixe et lavage, dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	5 à 10 gr.
Acétate de plomb . . . . .	5 —
Acide acétique . . . . .	1 cc.

L'image pâlit progressivement. Quand elle est devenue entièrement jaune, on lave abondamment, pendant une demi-heure au moins, afin d'éliminer les dernières traces de sels qui risqueraient d'occasionner des taches pendant une teinture. Les noirs primitifs doivent alors paraître parfaitement blancs. S'ils restaient encore jaunes, il serait nécessaire de clarifier l'image, soit dans un bain d'acide nitrique très dilué (2 ou 3 p. 100), soit dans une solution d'hyposulfite de soude peu concentrée (10 p. 100 au plus). Ni l'un ni l'autre de ces réactifs ne doit agir plus de dix minutes, sans que les demi-teintes de l'image seraient rongées. La teinture s'opère à froid. M. Namias cite comme donnant les meilleurs résultats l'auramine, la safranine, le bleu méthylène et la fuchsine, la combinaison de ces couleurs étant susceptible de produire un nombre illimité de nuances. Le colorant doit être très dilué, pour ne pas ternir les blancs. Le passage dans 1 p. 100 de sulfate de cuivre fixe les couleurs. L'immersion dans le bichromate de potasse à 5 p. 100 produit une image d'un beau jaune (chromate de plomb) par réflexion, mais gris-jaunâtre par transparence.

\* \* \*

**Insuccès.** — Certaines causes d'insuccès sont communes aux procédés par développement et aux procédés par noircissement direct : il en est ainsi, notamment, pour le défaut de netteté, l'insuffisance ou l'excès d'intensité, les inégalités de tons, les ampoules et la viscosité de la gélatine. On n'aura donc qu'à se reporter à ce qui en a été dit au chapitre précédent. Par contre, il en est de spéciales au gélatinobromure.

*Image pâle.* — Pose trop courte ou développement trop bref.

*Image foncée.* — Exposition ou développement trop prolongé.

*Absence d'image au développement.* — La conservation des émulsions étant presque indéfinie, l'absence d'image est due soit à l'omission d'un produit dans le révélateur, soit à l'emploi de produits impurs, soit à une sous-exposition très considérable, occasionnée quelquefois par le retournement du papier, que l'opérateur aura appliqué par mégarde à l'envers contre le cliché. On reconnaît le côté émulsionné du papier à ce qu'il devient concave quand on projette l'haleine sur la feuille. Quelques fabricants impriment leur marque ou des raies sur l'autre face.

*Blancs sales.* — Excès de développement ou dose insuffisante de bromure de potassium dans le révélateur.

*Teinte verdâtre.* — Cliché trop doux, excès de bromure ou excès d'exposition compensé par un développement abrégé.

*Teinte jaune.* — Excès de développement, révélateur altéré, fixateur trop vieux.

*Points noirs.* — Parcelles de révélateur incomplètement dissoutes avant l'immersion du papier.

*Traits noirs.* — Frottements de la surface sensible. Ces traces peuvent être effacées, après séchage, en les frottant fortement avec une peau très douce imbibée d'alcool. Il est possible de les éviter, quand on sait que l'émulsion a été rayée, en ajoutant au révélateur 2 à 4 centimètres cubes d'une solution d'iodure de potassium à 1 p. 100. Les blancs restent alors parfaitement blancs, mais le fixage de l'épreuve est un peu plus lent, parce que l'hyposulfite dissout difficilement l'iodure d'argent qui s'est substitué au bromure. On obtiendra, si l'on veut, un fixage plus rapide, en employant 300 grammes d'hyposulfite par litre d'eau. On diminue ou supprime



souvent ces traces en frottant les blancs avec une touffe d'ouate mouillée, dès la sortie du fixateur.

*Taches jaune-brun.* — Traces d'hyposulfite dans le révélateur; doigts ou cuvettes mal lavés.

## PAPIERS SANS SELS D'ARGENT

**Platinotypie.** — Le platine étant inaltérable, on a songé depuis longtemps à l'utiliser en photographie (Willis, 1878). Nous avons vu qu'il était facile de virer au platine les photocopies au chlorure d'argent préalablement virées à l'or : on a ainsi de beaux tons noirs très stables. Mais on peut aussi tirer directement des épreuves au platine, en utilisant la propriété qu'ont les sels de sesquioxyde de fer d'être réduits par la lumière en sels de protoxyde, lesquels sont eux-mêmes susceptibles de réduire certains sels de platine. Les images sont caractérisées par un réel cachet artistique, une teinte gris-noir rappelant l'aspect d'une gravure ou d'un dessin au crayon, et la stabilité est certaine. Le seul inconvénient du papier au platine est son prix élevé, joint à une conservation difficile<sup>1</sup>. Aussi ne trouve-t-on plus couramment dans le commerce le papier au platine prêt à l'emploi. Certains amateurs préfèrent d'ailleurs sensibiliser eux-mêmes les papiers spéciaux qu'ils se proposent d'utiliser dans leurs tirages. Nous en décrivons donc sommairement la préparation.

Le papier doit être de pur chiffon et bien encollé. On emploie de préférence les papiers de Rives, de Zander et de Steinbach, et on leur fait subir un encollage supplémentaire en les trempant cinq minutes dans la solution suivante maintenue chaude :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Arrow-root . . . . .	15 gr.
Alun . . . . .	5 —

Après séchage, on recommencera l'encollage, en procédant comme

---

1. Il importe de ne pas confondre le papier au platine avec certains papiers au gélatinobromure mats, dont l'étiquette porte la mention « platiné », soit prétexte que la tonalité qu'ils donnent offre quelque ressemblance avec les résultats de la platinotypie : en réalité, ces papiers ne réalisent ni la finesse des images au platine, ni le fouillé de leurs noirs profonds, ni leur stabilité.

la première fois. Certains papiers doivent même être encollés à trois ou quatre reprises. On peut également encoller par flottage sur une solution chaude de gélatine (6 à 8 grammes au litre, avec 1/2 gramme à 1 gramme d'alun).

Les formules de sensibilisation sont assez nombreuses, mais peu différentes les unes des autres. La plus simple comprend :

Solution saturée de chloroplatinite de potassium. . . . .	4 cc.
Solution saturée d'oxalate ferrique. . . . .	8 —

L'oxalate ferrique (qu'il ne faut pas confondre avec l'oxalate ferreux) est préparé en mettant en présence le perchlorure de fer et l'acide oxalique. Ce composé est sensible à la lumière et devra être conservé dans l'obscurité.

Autre formule (L. P. Clerc) :

Eau distillée chaude. . . . .	p. f.	100 cc.
Oxalate ferrique. . . . .		25 gr.
Acide oxalique . . . . .		2 —
Oxalate de plomb lavé . . . . .		1 —
Solution à 10 p. 100 de chloroplatinite de potassium . . . . .		10 cc.

Les images seront douces. Pour avoir plus de contraste, ajouter quelques gouttes d'une solution à 10 p. 100 de bichromate de potassium.

Le mélange sensibilisateur est étendu sur le papier, d'abord avec un pinceau assez dur, puis égalisé au blaireau. Cette opération ainsi que le séchage devront s'effectuer à l'abri de la lumière actinique. La dessiccation sera activée en chauffant le papier au moyen d'un bec de gaz ou d'une lampe à alcool, sans dépasser cependant 50° à 60°. Quelques minutes suffiront dans ces conditions.

Le papier au platine ne se conserve bien qu'à la condition d'être parfaitement sec. Comme la couche sensible est très hygrométrique, les feuilles doivent être enfermées dans des étuis spéciaux contenant une substance desséchante, telle que le chlorure de calcium. On les conservera dans un endroit frais et sec. Quand on ouvre le tube pour y prendre une feuille destinée au tirage, il faut renfermer immédiatement les autres feuilles, sans quoi l'effet de l'humidité qu'elles auraient absorbée se traduirait par des images grises, dépourvues de vigueur et de brillant. On s'assurera que le cliché

et le coussin du châssis-presse sont parfaitement secs. Il est même avantageux de remplacer le coussin de feutre ou de papier par une feuille de caoutchouc.

L'exposition s'effectue à la lumière diffuse du jour. Si le châssis est placé en plein soleil, le cliché sera protégé par un verre dépoli ou par une feuille de papier joseph. Le chargement du châssis et l'examen de l'image s'effectueront à une lumière aussi faible que possible, ces papiers étant beaucoup plus sensibles que ceux au citrate.

L'image est légèrement visible en gris violacé ou olivâtre sur le fond jaune. Dès qu'elle apparaît sous les parties opaques du cliché, le tirage est terminé : l'expérience apprendra rapidement le degré exact auquel il est nécessaire de s'arrêter. Si l'épreuve n'est pas développée immédiatement après le tirage, on l'enfermera dans un tube contenant des substances desséchantes.

Le développement s'effectue d'ordinaire dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Oxalate neutre de potasse. . . . .	25 à 30 gr.
Acide oxalique. . . . .	0 gr. 5

Cette solution doit être employée chaude (40° à 50°) si l'on se sert du papier préparé comme nous l'avons indiqué. Actuellement la plupart des papiers au platine que l'on trouve dans le commerce se développent à froid, soit dans la solution d'oxalate, soit dans un bain spécialement préparé par les fabricants. On suivra évidemment les instructions et formules jointes à la pochette. Voici une formule de bain à froid :

Eau . . . . .	100 cc.
Oxalate neutre de potassium . . . . .	7 gr.
Phosphate disodique. . . . .	1 gr.
Acide oxalique. . . . .	0 gr. 5

Le développement est très facile et très rapide. L'épreuve est immergée d'un seul coup dans le révélateur : aussitôt, l'image que l'on distinguait à peine en gris pâle sur le fond jaune de la couche acquiert toute son intensité, qui dépend uniquement du degré d'impression lumineuse et n'est pas augmentée par un séjour prolongé dans le révélateur; il est donc inutile de développer longtemps. Les cuvettes doivent être en verre, parfaitement propres.

Le fixage s'effectue en passant l'épreuve, sans lavage préalable, dans trois bains consécutifs identiques, ainsi composés :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Acide chlorhydrique <i>pur</i> . . . . .	15 —

(l'esprit de sel du commerce donnerait des épreuves jaunes). L'épreuve séjourne cinq, dix et quinze minutes dans les trois bains acides. Après un lavage de quinze à vingt minutes à l'eau courante, on la laisse sécher.

Certains photographes additionnent de plus ou moins de glycérine la solution d'oxalate, afin d'en ralentir l'action et de développer l'image au pinceau, en insistant plus ou moins sur les diverses parties de sa surface. Ce développement local constitue une véritable retouche qui permet de corriger les défauts du négatif.

On peut obtenir des épreuves de teinte sépia, en prolongeant l'exposition un peu plus que pour les tons noirs habituels et en développant dans un révélateur contenant un peu de bichlorure de mercure. Mais les résultats ni la stabilité n'égalent ce que donne le papier à tons noirs. Les virages divers ne présentent non plus aucun avantage.

On trouve actuellement dans le commerce des papiers au platine qui se traitent par simple fixage. Les sels sensibles et le révélateur sont réunis dans la couche, et la réaction s'opère par la simple humidité de l'atmosphère. Aussi faut-il redoubler de précaution pour conserver ce papier à l'état sec. Le tirage est poussé jusqu'à ce que l'image, qui se développe au fur et à mesure de sa formation, ait acquis sa vigueur définitive. On fixe dans l'eau additionnée d'acide chlorhydrique.

**Papiers aux sels de fer.** — Ces papiers rendent assez mal les demi-teintes, et ne sont guère appliqués qu'à la reproduction de dessins au trait. Faciles à préparer, revenant à très bon marché, se fixant simplement à l'eau, ils servent surtout à copier les plans tracés sur papier transparent, aussi les architectes et ingénieurs font-ils un grand emploi des « bleus » à plusieurs exemplaires. On en obtient aussi de bons effets de neige, de marine ou de pseudo-clairs de lune (pris en plein soleil à contre-jour). On en distingue trois catégories.

1. *Papier au ferro-prussiate* ou *ferrotype négatif*. — Ce papier, le plus répandu, donne une image positive bleue quand on l'impres-

sionne sous un cliché négatif. Si l'on s'en sert pour copier un plan tracé en noir sur papier transparent, ce plan se trouvera donc figuré en traits blancs sur fond bleu. Le bain de sensibilisation est préparé en mélangeant par parties égales au moment de l'emploi :

		ou :	
A. Eau . . . . .	100 cc.	100 cc.	
Citrate de fer ammoniacal <i>brun</i> . . . . .	20 gr.	30 gr.	
B. Eau . . . . .	100 cc.	100 cc.	
Ferricyanure de potassium . . . . .	16 gr.	25 gr.	

Pour sensibiliser le papier, on le fait flotter sur ce mélange pendant deux minutes. On peut également sensibiliser le carton en le badigeonnant au moyen d'un pinceau ou d'une touffe de coton hydrophile imbibé de la même liqueur. On sèche dans l'obscurité. Il ne se conserve pas très longtemps, surtout si l'atmosphère est quelque peu humide.

L'impression se fait dans le châssis-presse exposé à la lumière diffuse ou en plein soleil. On l'arrête quand le papier, d'abord jaune, prend une teinte lilas clair ou gris d'argent dans les grands noirs de l'image, qui présentent alors une sorte d'aspect métallisé, bronzé, et qu'elle commence à paraître s'inverser en négatif. Elle se dépouille et acquiert rapidement l'intensité voulue par simple développement dans l'eau renouvelée. Des lavages courts mais abondants suffisent pour fixer l'épreuve. Ce papier est assez lent, et convient aux clichés doux. On peut aviver le bleu jusqu'à crudité en passant l'épreuve, avant séchage, dans une solution très faible d'acide chlorhydrique. Une épreuve surexposée sera affaiblie par passage dans l'eau de Javel étendue.

On peut faire complètement disparaître l'image par une solution à 5 p. 100 d'acide oxalique : ce qui permet soit de faire des retouches et suppressions, soit de ne laisser subsister qu'un dessin à l'encre de Chine<sup>1</sup> fait sur l'épreuve comme guide.

*Autre formule, en un seul bain (de conservation assez limitée).*

Eau . . . . .	100 cc.
Citrate de fer ammoniacal <i>brun</i> . . . . .	10 gr.
Ferricyanure de potassium . . . . .	6 —

1. De préférence additionnée d'un peu de bichromate de potassium, et le dessin exposé au soleil après achèvement et avant passage dans le bain effaçant l'image.

Pour papier 3 fois plus rapide (pour clichés vigoureux).

A. Eau . . . . .	100 cc.
Citrate de fer ammoniacal <sup>1</sup> vert . . . . .	25 à 28 gr.
B. Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium. . . . .	9 à 10 gr.

Mélanger à volumes égaux lors de l'emploi; étaler, et faire sécher.

*Autre formule en un bain :*

Eau . . . . .	100 cc.
Citrate de fer ammoniacal vert . . . . .	10 gr.
Ferricyanure de potassium . . . . .	8 —

2. *Papier cyanofer, cyanotype ou ferrotype positif.* — Ce papier, qui est rapide, donne une image bleue de même sens que le cliché, l'épreuve tirée sous un négatif est donc négative, et la copie d'un plan dessiné sur papier transparent le reproduit en traits bleus sur fond blanc. Ce papier ne donne pas de demi-teintes. Le sensibilisateur est constitué par :

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

Au moment de l'emploi, on mélange :

Solution A. . . . .	20 cc.
— B. . . . .	8 —
— C. . . . .	5 —

*Autre formule :*

Eau . . . . .	100 cc.
Perchlorure de fer officinal . . . . .	10 —
Acide tartrique . . . . .	4 gr.

1. On peut préparer le citrate vert en chauffant une solution concentrée de citrate brun, et en ajoutant peu à peu de l'acide citrique jusqu'à ce que la coloration devienne franchement verte. On évapore jusqu'à siccité.

Le mélange est étendu, sur un papier bien encollé, à l'aide d'un large pinceau ou d'une éponge fine. La dessiccation s'accomplit dans l'obscurité, et le tirage est surveillé comme pour le papier précédent. L'image est très peu apparente, jaune clair sur fond blanc. On développe en passant à la surface de l'épreuve un pinceau imbibé de ferrocyanure de potassium (prussiate *jaune*) 10 p. 100. On ne doit pas la laver à l'eau préalablement. On peut aussi faire flotter la feuille, image en dessous, sur cette solution, mais en évitant que le liquide vienne mouiller le dos du papier, où il produirait des taches indélébiles; ce flottage doit être très court (une demi-minute).

L'épreuve développée est rincée d'abord à l'eau pure, puis dans de l'eau acidulée par addition de 5 à 6 p. 100 d'acide sulfurique ou à 10 p. 100 d'acide chlorhydrique, où le ton de l'image passe du violet au bleu de Prusse. On lave ensuite de nouveau, et on fait sécher après avoir passé de l'ouate mouillée sur l'image pour achever d'entraîner la gomme.

Ces deux papiers bleus au fer peuvent être virés à peu de frais en *noir*. Pour cela, faire les lavages à l'eau acidulée par 1 p. 100 d'acide azotique, puis immerger dans une solution à 4 p. 100 de carbonate de soude : l'image vire à l'orangé pâle. Égoutter et mettre, sans laver, dans une solution à 4 p. 100 d'acide gallique (tanin), où elle noircit. On avive le ton en passant dans l'eau à 1 p. 100 d'acide chlorhydrique. Laver et sécher. Il existe aussi des procédés plus compliqués et plus coûteux, à base de nitrate d'argent.

Pour virer en *vert* : faire les lavages avec de l'eau acidulée par quelques gouttes d'acide sulfurique.

En *violacé* : après le dernier lavage, immerger une à deux minutes dans de l'eau ammoniacale à 10 p. 100 ou contenant 5 grammes de potasse au litre. Rincer soigneusement, plonger dans une solution de tannin à 10 p. 100. Le ton désiré une fois atteint, laver longuement et sécher.

*Amélioration* de la finesse des détails et du brillant des papiers au ferro-prussiate :

Tirer un peu plus foncé. Mettre cinq minutes dans l'eau avec 1 p. 100 d'ammoniaque; l'épreuve blanchit en gris. Laver et plonger dans l'acide citrique 50 grammes, eau 100 grammes; en quelques secondes l'épreuve devient verdâtre, puis bleue. Au bout d'une demi-minute, retirer et laver.

*Virage en vert.* — Tirer l'épreuve foncée (les blancs doivent commencer à bleuir). Laver abondamment jusqu'à ce que l'eau ne se colore plus. Plonger, jusqu'à ton désiré, dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Solution à 1 p. 100 de permanganate . . . . .	5 —
Chlorure de sodium. . . . .	0 gr. 5

3. *Papier au gallate de fer.* — Ce papier donne comme le précédent, un contretypé du cliché, c'est-à-dire une image négative sous un négatif et positive sous un positif; seulement cette image est brune, plus ou moins noire. Pour le sensibiliser, on prépare :

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

On verse C dans B et le tout dans A, puis on ajoute :

Perchlorure de fer liquide à 45° Baumé. . . . .	100 cc.
---	---------

Après filtrage, on enduit de cette liqueur le papier, qu'on laisse sécher dans l'obscurité. On imprime au châssis-presse, en surveillant le tirage comme pour les papiers précédents, et on développe (sans laver) dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.	ou :	Eau	1 000 cc.
Acide oxalique. . . . .	0 gr. 1		Alun	15 gr.
Acide gallique. . . . .	3 gr.		Acide gallique	10 gr.

On lave ensuite avec soin, dans l'eau ordinaire, sans fixateur spécial. L'eau faiblement aiguisée d'acide chlorhydrique éclaircit l'épreuve sous-exposée.

*Autre préparation :* Dissoudre 15 grammes de gomme de Sénégal dans 110 centimètres cubes d'eau bouillante. Avant refroidissement, ajouter :

- 10 grammes de chlorure de sodium.
- 2 grammes d'acide tartrique.
- 10 grammes de sulfate de fer *pur*.
- 15 grammes de perchlorure de fer.



Étaler cette solution avec une petite éponge sur de bon papier à dessin encollé, en tamponnant. Exprimer l'excédent, laisser sécher. — Après tirage, développer en plongeant dans une solution à 1 p. 100 d'acide gallique; sitôt l'image à point, laver rapidement et absorber l'humidité avec l'éponge pressée. Sécher de suite.

**Callitypie.** — Ce procédé, assez ancien, est fondé sur la propriété qu'ont les sels ferriques réduits par la lumière à l'état de sels ferreux, de réduire à leur tour les sels d'argent. Il offre donc une certaine analogie avec la platinotypie. Il donne d'ailleurs de belles épreuves, très artistiques et peu coûteuses, aussi stables que celles que l'on obtient sur les papiers au bromure. Les formules de callitypie sont assez nombreuses, mais ne diffèrent guère les unes des autres. Les suivantes, dues à M. Margaret Walpole, fournissent d'excellentes images, très stables.

La papier, *bien encollé*, est sensibilisé au pinceau au moyen de la solution :

Eau . . . . .	100 cc.	ou :	100 cc.
Oxalate ferrique. . . . .	17 gr.		22 gr.
Azotate d'argent. . . . .	7 —		6 —
Oxalate neutre de potasse. . . . .			6 —

L'eau est d'abord chauffée avec l'oxalate, jusqu'à dissolution complète de ce sel. Si la dissolution est trop longue à se faire, on l'active en ajoutant 1 gramme d'acide oxalique. On filtre ensuite et l'on ajoute l'azotate d'argent. Le mélange se conserve assez longtemps, à l'abri de la lumière. Le papier doit être employé de suite ou conservé en étuis de métal à chlorure de calcium.

L'impression est à peine visible : on ne distingue qu'une image bleuâtre très faible sur le fond jaune de la couche sensible. Le papier ne doit d'ailleurs presque pas être examiné, car il est très sensible. Le mieux est de contrôler le tirage au moyen d'un photomètre analogue à l'impressimètre de Wynne. La composition du révélateur varie suivant le ton que l'on désire obtenir.

#### 1. Pour tons bruns noirs.

Eau . . . . .	1 000 cc.
Borax . . . . .	50 gr.
Sel de Seignette (tartrate double de potasse et de soude). . . . .	50 —
Solution de bichromate de potasse à 1 p. 100 . . . . .	75 cc.

## 2. Pour tons sépia chaud ou pourpres.

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sel de Seignette . . . . .	40 gr.
Solution de bichromate à 1 p. 100 . . . . .	50 cc.
Acide phosphorique en solution . . . . .	quelques gouttes.

En mélangeant ces deux révélateurs suivant des proportions différentes, on obtient une grande variété de teintes. Le bichromate augmente la vigueur des images; on en ajoutera donc plus ou moins, suivant le caractère du phototype. Une dose trop élevée empêcherait cependant les demi-teintes de se développer.

Le développement dure environ quinze à vingt minutes. On lave ensuite, et on fixe dans :

Eau . . . . .	500 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	20 à 25 gr.
Ammoniaque . . . . .	2 à 5 cc.

(A renouveler souvent).

Les épreuves y séjournent dix minutes et sont enfin lavées à l'eau courante pendant une demi-heure. On peut les traiter par les virages à l'or, sélénium, sulfo-urée ou platine.

**Papier sépia.** — La surface sensible de ce papier contient de l'azotate d'argent et un sel ferrique, comme en callitypie, mais le développement s'effectue dans de l'eau ordinaire. Le sensibilisateur est préparé en mélangeant (Shawcross, 1889) :

A. Eau . . . . .	50 cc.
Citrate de fer ammoniacal vert . . . . .	20 gr.
Acide citrique. . . . .	5 —
B. Eau . . . . .	10 cc.
Azotate d'argent . . . . .	5 gr.

Au moment de l'emploi, on réunit ces deux solutions et l'on y ajoute une quantité d'eau suffisante pour arriver au volume total de 100 centimètres cubes. On a ainsi un liquide trouble que l'on étend tel quel sur le papier. Si l'on estime qu'une seule application ne donnera pas des images suffisamment vigoureuses, on procédera, après dessiccation, à une nouvelle sensibilisation. Le papier maintenu sec se conserve plusieurs mois en bon état; la forte teneur du nitrate d'argent le « brûle » peu à peu.

La durée de l'exposition à la lumière est plus courte qu'avec le papier albuminé et même qu'avec beaucoup de papiers au citrate. On ne distingue qu'une image très faible, et il faut d'ailleurs arrêter le tirage avant que tous les détails soient visibles.

Le développement s'effectue dans l'eau, que l'on renouvelle à deux ou trois reprises. L'image acquiert rapidement toute son intensité; elle est d'un ton jaune foncé assez désagréable, qui vire en cinq minutes au brun dans le bain de fixage, constitué par une solution d'hyposulfite de soude dont la concentration ne doit pas dépasser 5 p. 100. (Un fixateur plus fort affaiblirait l'image.) On lave ensuite à l'eau courante pendant dix minutes. En séchant, les images gagnent en vigueur et prennent un beau ton sépia. Elles sont plus noires si l'hyposulfite est remplacé par le double de son poids de sulfite de soude anhydre.

L'image ne peut pas être virée avant le fixage, mais elle peut l'être après. Elle acquiert un beau ton pourpre dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Sulfocyanure d'ammonium . . . . .	25 gr.
Chlorure d'or brun. . . . .	5 —

Il va sans dire que le virage doit être précédé d'un lavage suffisant pour assurer l'élimination de l'hyposulfite.

**Chromatypie, ou papier aux sels de cuivre.** — Un papier bien encollé à l'amidon<sup>1</sup> est mis à flotter pendant une minute sur :

Solution saturée de bichromate de potasse. . . . .	20 cc.
Solution saturée de sulfate de cuivre . . . . .	80 —

ou :

Eau . . . . .	100 gr.
Bichromate de potasse . . . . .	1 —
Sulfate de cuivre . . . . .	2 —

On fait sécher dans l'obscurité, et on expose sous un négatif, jusqu'à ce que l'image soit nettement dessinée, quoique très faible. On développe en faisant flotter l'épreuve sur la solution :

Eau . . . . .	100 cc.
Nitrate d'argent . . . . .	1 gr. 5

1. On peut tout aussi bien utiliser des papiers gélatinés (épreuves au citrate, chlorure ou bromure vieilles ou manquées, dont on fait disparaître l'image par les formules des pages 216, 219 ou 362, et qu'on lave à plusieurs eaux).

L'image se renforce rapidement et prend une tonalité rouge<sup>1</sup>. On termine par des lavages abondants dans des eaux renouvelées.

Si l'on préfère une image de teinte lilas, le papier impressionné sous le négatif est d'abord lavé à l'eau pure, dans l'obscurité. On le plonge ensuite dans une solution de chlorure de sodium très diluée, jusqu'à disparition de l'image. On lave de nouveau, et on fait sécher dans l'obscurité. On soumet alors à l'action des vapeurs ammoniacales, et on expose à la lumière : l'épreuve prend alors un ton lilas. On obtient une image d'un beau rouge en le plongeant, après exposition, dans un bain de ferricyanure de potassium (Sassi).

*Autre formule, sans bain de nitrate (Benham).*

Eau (chaude) . . . . .	125 gr.
Bichromate de potassium <sup>2</sup> . . . . .	12 —
Sulfate de cuivre . . . . .	7 —

Filter. La conservation est indéfinie. Étaler au pinceau de façon homogène sur bon papier encollé, éponger le trop-plein qui s'accumule au bord inférieur, et faire sécher *rapidement*, près du feu (à l'abri de la lumière du jour). Dès que le papier est sec et jaune foncé, faire le tirage à la lumière diffuse; la sensibilité dépasse celle du citrate; quand les ombres sont marron foncé et les détails bien visibles, on dégorge dans l'eau pure (une heure) ou, mieux, salée ou alunée (dix à quinze minutes). On plonge alors, en plein jour, dans une solution à 2 à 5 p. 100 d'acide pyrogallique, préparée à ce moment<sup>3</sup>; une fois à point, laver et sécher. Le cliché doit être plutôt vigoureux.

Ce mode de tirage revient à très bon marché.

1. Il s'est formé du chromate d'argent. On peut rendre cette image à ton noir en traitant l'épreuve par un révélateur.

2. Ou moitié bichromate de potassium, moitié bichromate d'ammonium.

3. On évite plus sûrement le voile en ajoutant quelques grammes d'acide acétique cristallisable ou d'acide citrique. Si l'image est trop faible, par surexposition, elle se renforcera en brun dans une solution à 1/500 de bichromate de potasse. — On peut virer en noir en ajoutant au révélateur pyrogallique 1/10 de solution saturée de sulfate ferreux, ce qui le rend noir violacé. Le développement achevé, laver à fond et passer dans une solution au centième d'acide oxalique, qui rendra les fonds blanc pur. On peut encore traiter au sulfate de fer (en solution à 1 p. 100), rincer et développer dans une solution à 1 ou 2 p. 100 d'acide pyrogallique acidifiée par un peu d'acide citrique : le ton est noir franc.

**Papiers aux sels d'uranium.** — On dissout dans une petite quantité d'eau :

Nitrate d'urane . . . . .	72 gr.
Nitrate de cuivre. . . . .	20 —

et on neutralise la solution en y ajoutant quelques gouttes de carbonate de soude, jusqu'à ce que le papier de tournesol bleu n'y rougisse plus. On ajoute ensuite la quantité d'eau nécessaire pour faire un litre.

On fait flotter sur cette solution, pendant une ou deux minutes, un papier gélatiné ou encollé à l'arrow-root, que l'on fait ensuite sécher dans l'obscurité. Après exposition à la lumière sous le négatif, on développe dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	8 gr.

On termine par un lavage abondant.

Ce procédé donne des images rouge-sang. Pour obtenir des tons brun-sépia, le sensibilisateur sera constitué par :

Nitrate d'urane . . . . .	127 gr.
Nitrate de cuivre . . . . .	8 —

Ces sels sont d'abord dissous dans une faible quantité d'eau, comme dans la méthode précédente. On neutralise avec de l'ammoniaque pure, jusqu'au rougissement du papier de tournesol, et l'on ajoute assez d'eau pour porter le volume de la solution à 1 000 centimètres cubes.

Le papier est sensibilisé par flottage sur cette solution et séché à l'obscurité. Le tirage à la lumière diffuse, sous un cliché de moyenne intensité, s'effectue en huit ou dix minutes. On développe dans :

Eau . . . . .	200 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	5 gr.

Pour fixer l'épreuve, il suffit de la laver abondamment.

Ce papier est relativement coûteux.

## OUVRAGES A CONSULTER

- J. CARTERON, *Les virages en toutes couleurs et pour tous les papiers*, Paris (Mazo).
- A. COURRÈGES, *Impression des épreuves sur papiers divers par noircissement direct, par impression latente et développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
- F. DILLAYE, *Le Tirage des épreuves en photographie*, Paris (J. Tallandier), 1903.
- J.-M. EDER, *Die photographischen Kopierverfahren*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).
- H. EMERY, *Manuel pratique de platinotypie*, Paris (Ch. Mendel), 1903.
- HORSLEY-HINTON, *La Platinotypie*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
- A.-F. VON HÜBL, *Der Platindruck*, Halle a/S. (W. Knapp).
- R.-ED. LIESEGANG, *Le Développement des papiers photographiques à noircissement direct*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
- E. TRUTAT, *Les Tirages photographiques aux sels de fer*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.
- E. TRUTAT, *Les Positifs en Photographie*, Paris (O. Doin et fils), 1910.
- H. CUISINIER, *Le Tirage simplifié des épreuves au gélatino-bromure*, Paris (P. Montel).
- A. FISCH, *La Photocopie*, Paris (J. de Francia).
- A. FISCH, *Nouveaux procédés de reproduction industrielle*, Paris (J. de Francia).  
Voir les ouvrages mentionnés au chapitre précédent, de DUVIVIER, MATHET.
-

## CHAPITRE XII

## LES PROCÉDÉS PIGMENTAIRES

**Invention du procédé au charbon.** — L'instabilité relative des épreuves aux sels d'argent a fait chercher, dès les premiers temps de la photographie, un procédé susceptible de fournir des images inaltérables. Il s'agissait de substituer à ces sels une matière analogue à l'encre d'imprimerie, qui est à base de carbone, inaltérable par tous agents chimiques.

Vauquelin, en 1798, avait constaté l'altérabilité du chromate d'argent à la lumière. Mungo Ponton, en 1839, découvrait la propriété que possède le bichromate de potasse de rendre certaines matières organiques insolubles sous l'influence de la lumière.

En 1855, A. Poitevin faisait breveter un procédé de tirage fondé sur l'insolubilisation par la lumière de la gélatine bichromatée. Un papier était recouvert d'une solution de gélatine additionnée de bichromate de potasse et de noir de fumée ou de toute autre couleur en poudre. On faisait sécher dans l'obscurité, et on appliquait cette couche sensible sous un cliché négatif. Après exposition à la lumière le papier était lavé dans l'eau chaude, qui dissolvait la gélatine préservée de l'action lumineuse par les opacités du phototype, tandis que la gélatine insolubilisée sous les transparences du négatif demeurait adhérente au papier.

Ce procédé ne s'appliquait qu'à des reproductions de gravures, à des dessins au trait. Les images photographiques exécutées d'après nature, composées d'une infinité de demi-teintes, perdaient leurs détails les plus délicats dans l'opération du *dépouillement* ou dissolution du pigment dans l'eau chaude. Et il est facile d'en comprendre la raison. La gélatine bichromatée est, en principe, soluble dans l'eau chaude, et l'action de la lumière a pour effet de la rendre insoluble. Mais cette action ne s'opère pas uniformément dans toute l'épaisseur de la couche. Comme la gélatine colorée en noir est

peu transparente, la lumière n'insolubilise d'abord que la surface, puis gagne de proche en proche et finit par rendre insoluble la couche sensible dans toute son épaisseur. Il en résulte que les demi-teintes ne sont insolubilisées qu'à la surface et qu'il reste, entre cette mince pellicule insoluble et le papier, une sous-couche de gélatine encore soluble. Cette dernière est donc emportée, lors du dépouillement, et entraîne avec elle la pellicule superficielle privée de tout support.

C'est à l'abbé Laborde qu'est due (1858) cette explication de l'insuccès de Poitevin, et c'est à Fargier en 1860 que revient le mérite d'avoir su y remédier en transportant la couche gélatineuse sur un autre support, ce qui permet d'effectuer le dépouillement par-dessous. Fargier coulait la mixtion gélatineuse sur un verre collodionné. Swan, en 1864, supprime la pellicule de collodion et coule la couche colorée sur un papier. Après l'insolation, il cimente le papier mixtionné sur un autre papier recouvert de caoutchouc, les immerge dans l'eau chaude, où le premier papier se détache de la couche. L'image est alors inversée, comme si le sujet était vu dans un miroir; on la redresse en transportant, après le dépouillement, la couche colorée sur un troisième papier (double transfert).

La même année, Davies remarquait que la couche de gélatine adhérait au second support sans qu'il fût nécessaire d'employer le collodion ni le caoutchouc : il suffisait que le papier mixtionné ne restât préalablement plongé dans l'eau que pendant quelques instants. A partir de cette époque, le procédé au charbon par transfert était créé de toutes pièces, et l'on n'y a apporté depuis que quelques perfectionnements de détail. Ce procédé est un peu délicat, mais ne présente aucune difficulté sérieuse. Il fournit des images très fines, exactement de la nuance voulue et inaltérables.

**Fabrication du papier au charbon.** — Le papier au charbon est vendu non sensibilisé, car la gélatine une fois imprégnée de bichromate s'insolubilise spontanément au bout de quelques jours, même dans l'obscurité. La fabrication dont il est ici question consiste donc à recouvrir un papier du mélange de gélatine et d'une couleur en poudre. L'amateur n'a aucun avantage à préparer soi-même le papier dont il a besoin, car, sans être bien compliquée, cette fabrication n'est exécutée avec la régularité nécessaire que dans les usines spécialement outillées à cet effet. On trouve d'ailleurs



dans le commerce un grand choix de nuances, suffisant pour tous les besoins. Il nous suffira donc de décrire en peu de mots le principe de cette fabrication.

Le papier brut est acheté en rouleaux, satiné et peu encollé. Il est entraîné, d'un mouvement uniforme, dans une cuvette chauffée contenant la solution de gélatine colorée. On se sert de gélatines fines, comme celles de Nelson ou de Coignet, quelquefois additionnées de colle de poisson. On y ajoute une couleur en poudre, autant que possible inaltérable, comme l'encre de Chine, le peroxyde de fer, l'alizarine, la purpurine, etc. Enfin, pour que la couche ne soit pas trop cassante, la mixtion contient un peu de sucre ou de savon. Voici, à titre d'exemple, les produits qui entrent dans la fabrication d'un rouleau de papier au charbon (ton brun-rouge photographique) de 3<sup>m</sup>,60 de longueur sur 0<sup>m</sup>,75 de largeur :

Eau . . . . .	675 cc.
Gélatine n° 1 de Nelson. . . . .	25 gr.
Gélatine de poisson ambrée. . . . .	200 —
Sucre blanc. . . . .	30 —
Savon sec . . . . .	25 —
Rouge indien . . . . .	10 —
Encre de Chine . . . . .	8 —
Alizarine . . . . .	6 —
Acide salicylique . . . . .	1 —
Sirop de glucose. . . . .	25 cc.

La mixtion est maintenue à la température de 35° par un bain-marie abondant. La feuille de papier affleure la surface du liquide, en entraîne par capillarité une faible épaisseur, et passe de là sur un grand rouleau de fonte creux, dont l'intérieur est parcouru par un courant d'eau fraîche qui fige la gélatine. Le papier arrive ensuite sur une table horizontale, où on le coupe en feuilles qui sont portées au séchoir, dans lequel un ventilateur amène de l'air sec et froid en grande abondance.

M. Tranchant donne la formule simplifiée suivante :

Eau . . . . .	100 cc.
Gélatine . . . . .	15 gr.
Sucre . . . . .	4 —
Savon . . . . .	3 —
Couleur (en poudre insoluble) . . . . .	1 —

La gélatine est mise à gonfler vingt-quatre heures avant d'être ajoutée à la dissolution d'eau et de savon, chauffée.

Le papier au charbon se conserve facilement, tant qu'il n'est pas sensibilisé. Il convient cependant de le préserver de l'humidité, qui altérerait la gélatine, diminuerait la sensibilité et donnerait des images sans vigueur. Dans un endroit sec, on peut le garder indéfiniment; un excès de sécheresse risque pourtant de fendiller la couche au déroulement.

**Sensibilisation.** — Le bichromate de potasse étant peu soluble, il est bon de le pulvériser avant de le faire dissoudre. La proportion à employer varie suivant la température et l'opacité des clichés<sup>1</sup>. Pour des phototypes de densité moyenne, on emploiera, en hiver, 3 grammes de bichromate pour 100 centimètres cubes d'eau; en été, on n'en prendra que 2 grammes. Si les phototypes sont durs, on portera la dose de bichromate à 4 grammes en été et 6 grammes en hiver, tandis que s'ils sont très doux, on la réduira à 1 ou 1,5 p. 100. Il est bon d'ajouter 10 gouttes d'ammoniaque, jusqu'à 20 en été.

Bien que la gélatine bichromatée ne soit sensible qu'à l'état sec, il vaut mieux ne procéder à la sensibilisation que dans une pièce modérément éclairée, soit par la lumière diurne, soit au moyen d'une lampe à gaz ou au pétrole. Le papier est généralement sensibilisé la veille de l'emploi.

La solution de bichromate ne doit pas servir à sensibiliser un trop grand nombre de feuilles. Comme le bichromate a bien moins de valeur que le papier au charbon, il ne faut pas compromettre le succès des opérations par une économie insignifiante. Même si le bain sert très peu, il faut le renouveler tous les huit jours, surtout en été. Quand le bain n'est pas renouvelé à temps, les épreuves sont grises, sans vigueur dans les noirs. De plus, le papier sensibilisé dans un bain trop vieux s'insolubilise parfois spontanément, surtout en été, ou n'adhère pas au transfert.

Au moment de la sensibilisation, la température du bain ne doit pas dépasser 15°. En été, il sera donc nécessaire de la faire refroidir

---

1. Il faut tenir compte de ce que les papiers à teintes foncées paraissent toujours donner des images plus contrastées que les papiers dont la nuance est plus claire et chaude. Employer dans ce dernier cas une solution faible de bichromate; les solutions fortes donnent un tirage rapide, mais des images douces.

en trempant le flacon qui le contient dans de l'eau fraîche ou en y ajoutant un peu de glace.

La solution est versée dans une cuvette en verre ou en porcelaine. Avant d'y plonger le papier au charbon, il faut l'épousseter avec soin. Si la gélatine est couverte de duvet provenant de l'envers de la feuille avec laquelle elle se trouvait en contact, il est indispensable de frotter la surface avec une brosse. Le papier est ensuite mis dans la cuvette, la gélatine en dessus. Comme il a une tendance à se rouler et que la surface gélatinée repousse d'abord le liquide, on agitera la cuvette et on forcera le papier à rester immergé, en y appuyant une baguette de verre ou un doigt recouvert de caoutchouc.

Il ne faut jamais tremper les mains nues dans la dissolution de bichromate; on doit même éviter de toucher le papier lorsqu'il en est imprégné, surtout si l'on a des coupures : le bichromate envenimerait les plaies et les empêcherait de se cicatriser. Si toutefois les circonstances font qu'il ne soit pas possible d'éviter le contact de la solution bichromatée, les érosions qui pourraient en résulter seront pansées avec la pommade suivante :

Chlorhydrate de morphine . . . . .	0 gr. 10
Pommade iodurée . . . . .	30 gr.

Il est évident que le support de la gélatine peut être autre chose que du papier. Il est bon que le verre, la porcelaine ou le métal employés comme tels, après parfait nettoyage, soient préalablement revêtus d'une *très mince* couche de gélatine bichromatée faible, que l'on insolubilisera au soleil avant d'y couler la couche à sensibiliser.

Si l'on remarque des bulles d'air sur la gélatine, on les chassera à l'aide d'une éponge douce ou d'un large pinceau, car ces bulles, empêchant le liquide de mouiller la couche, se traduiraient par autant de points blancs sur l'image. Au bout de deux à trois minutes d'immersion, le papier sorti de la cuvette est placé, gélatine en dessous, sur une glace bien propre, et l'on enlève l'excès de liquide en passant légèrement, dans tous les sens, une raclette, qui consiste en une lame de caoutchouc montée entre deux lames de bois.

La feuille ainsi essorée est alors suspendue par une pince à une corde tendue dans une pièce obscure. La dessiccation ne doit être

ni trop rapide ni trop lente. Si l'on sensibilise le papier le soir, il doit être sec le lendemain matin. Un séchage trop lent amène le coulage de la gélatine; trop rapide, il en provoque la *réticulation*, c'est-à-dire que la surface de la gélatine se trouve couverte, après le dépouillement, d'un réseau de petites rides enchevêtrées. On l'évite en additionnant le bain d'alcool, ou en employant le bichromate d'ammonium.

Si le papier est laissé dans un endroit très sec, il devient dur et cassant; mais il suffit de le placer pendant quelques minutes dans un endroit humide, pour qu'il redevienne flexible.

La transformation que subit peu à peu la gélatine bichromatée est d'ailleurs utilisée pour tirer parti de certains clichés : les clichés faibles donneront les meilleurs résultats avec un papier sensibilisé la veille; mais avec les clichés très durs, il vaut mieux employer un papier sensibilisé depuis deux ou trois jours. Dans une atmosphère sèche, le papier peut être conservé huit à dix jours si l'on a ajouté au bain sensibilisateur 1 p. 100 de citrate de soude ou de potasse. Namias et Kessler ajoutent à 100 centimètres cubes de la solution bichromatée à 2 p. 100, 1 gramme d'acide citrique et 3 centimètres cubes d'ammoniaque.

**Tirage.** — Les bords du phototype doivent être masqués, sur une largeur de 2 ou 3 millimètres au moins, soit en y collant des bandes de papier noir, soit en y appliquant au pinceau une couleur opaque, afin que la gélatine bichromatée reste soluble sur le pourtour de l'épreuve : sans cette précaution, elle adhérerait mal au transfert.

Le papier sensible est mis en contact dans le châssis-presse avec le phototype, gélatine contre gélatine, et exposé à la lumière, de la même manière que les papiers aux sels d'argent. La coloration de la couche ne permet pas de surveiller la venue de l'image. La rapidité du papier noir est à peu près la même que celle des papiers au citrate; les papiers bleus s'impriment plus rapidement, les papiers rouges plus lentement. La durée exacte de l'insolation est ordinairement déterminée photométriquement, par exemple à l'aide de l'impressimètre de Wynne (fig. 66). On peut d'ailleurs se passer de tout instrument spécial, en procédant de la façon suivante. Un papier recouvert de gélatine incolore, tel que le papier transfert dont nous parlerons plus loin, est sensibilisé en même temps que le

papier au charbon et dans le même bain. Ce papier est exposé, en même temps que l'autre, sous un cliché de même valeur que celui dont on tire une épreuve au charbon. Dès que l'image qui se dessine en brun sur le fond jaune du papier accuse très légèrement tous les détails du négatif, on peut considérer comme suffisante l'impression du papier mixtionné. Il faut tenir compte cependant de la couleur de la mixtion et abrégé le tirage si elle est bleue, le prolonger au contraire si elle est rouge (jusqu'au triple de la durée dans le cas de la nuance sanguine). Le tirage doit s'effectuer autant que possible à l'ombre, la chaleur solaire risquant d'insolubiliser la gélatine même sous les parties opaques du phototype.

Il est essentiel de tenir compte de ce fait que l'impression du papier au charbon continue même après que l'action de la lumière a cessé. Il faudra donc arrêter l'exposition plus tôt si l'on n'a pas l'intention de procéder immédiatement au dépouillement. Cette action est lente à basse température, mais la chaleur l'accélère; aussi l'insolubilisation dans l'obscurité est-elle plus rapide en été qu'en hiver. Cependant, le dépouillement peut être différé si le papier imprimé est conservé à l'état absolument sec dans des étuis à chlorure de calcium. L'insolubilisation s'arrête également quand le papier est plongé dans l'eau.

A partir de ce moment, les manipulations diffèrent, suivant que l'on procède par *simple transfert* ou par *double transfert*. Dans le premier cas, l'opération est beaucoup plus simple que dans le second, mais l'image est inversée (gauchère), et c'est afin de la replacer dans son véritable sens qu'il est souvent nécessaire de recourir au procédé le plus long. Toutefois, même dans ce cas, les manipulations, qui semblent compliquées si l'on en juge par les détails qui vont suivre, sont, dans la pratique, assez rapides et ne consistent qu'en quelques tours de main qu'il faut connaître, mais que l'on acquiert très facilement.

**Transfert simple.** — Le papier dit de simple transfert est vendu prêt à l'emploi, soit en rouleaux, soit en feuilles. C'est un papier verni à la gomme-laque et borax, puis recouvert d'une couche de gélatine incolore insolubilisée dans l'alun de chrome. Si on veut le préparer soi-même, on ajoute 1 p. 100 d'alun de chrome (au moment de l'emploi) à une solution tiède à 5 p. 100 de bonne gélatine en

feuilles. Quand on veut effectuer un transfert, on en coupe un morceau un peu plus grand que le papier au charbon auquel il va être accolé, et on le trempe dans l'eau froide. Il faut chasser les bulles qui se forment, et l'y laisser *au moins* deux ou trois minutes, et il n'y a point d'inconvénient à prolonger cette immersion beaucoup plus longtemps, surtout s'il est épais.

Le papier au charbon qui vient de recevoir l'impression lumineuse est également plongé dans la même eau froide, seulement la durée de son immersion est strictement limitée. De plus, il faut n'y procéder qu'à une faible lumière, car la gélatine bichromatée conserve sa sensibilité tant qu'elle n'est pas entièrement imprégnée d'eau. La température de l'eau employée est également très importante et ne doit pas dépasser 15 degrés. Si elle est plus chaude, l'image sera presque à coup sûr réticulée.

Le papier au charbon doit rester dans l'eau de trente à soixante secondes environ. S'il y séjourne trop peu de temps, une foule de petites bulles d'air s'interposent, pendant le transfert, entre les deux papiers, parce que la gélatine, continuant à se gonfler, aspire l'air à travers les pores du papier. Ces bulles se traduisent, au dépouillement, par autant de points blancs. Si, au contraire, le papier mixtionné est laissé trop longtemps dans l'eau, il n'adhérera plus au transfert. Comme la durée d'immersion la plus convenable dépend de l'état de la couche impressionnée et de la température, le plus sûr est d'observer les mouvements du papier mixtionné.

Ce papier étant plongé dans une cuvette pleine d'eau fraîche, la gélatine d'abord en dessous, puis en dessus, on le remue et on presse à la surface une éponge ou un pinceau, afin de chasser les bulles d'air. Le papier, se mouillant le premier se recroqueville d'abord avec la gélatine en dedans, puis il devient plan, et *c'est à ce moment précis*, sans attendre qu'il se cintre en sens inverse par le gonflement croissant de la gélatine, qu'il faut l'appliquer contre le papier transfert. Les deux papiers étant superposés dans l'eau de la même cuvette, il est facile de mettre les deux couches de gélatine en contact sous l'eau. On évite ainsi plus facilement l'interposition de bulles d'air.

Les deux papiers se trouvant ainsi accolés, on les sort ensemble de la cuvette, on les pose sur une glace ou un marbre, le papier impressionné en dessus, et, les maintenant de la main gauche, on

saisit de la main droite la raclette, que l'on frotte sur le papier au charbon, d'abord légèrement, puis très fortement en allant toujours du centre vers les bords, jusqu'à ce que les deux papiers soient devenus bien plans. On passe ensuite une éponge, pour enlever l'excès d'eau, surtout sur les bords. Sans cette précaution, la pellicule mixtionnée risquerait de se détacher. On laisse le tout entre deux buvards, sous pression modérée.

Le dépouillement peut être effectué dix à quinze minutes après le transfert, mais pas avant, sinon la pellicule impressionnée risquerait de se séparer de son support. Si l'on a plusieurs épreuves à dépouiller, on les mettra à plat les unes sur les autres, afin d'éviter qu'elles sèchent.

**Dépouillement.** — Cette opération s'effectue en pleine lumière, car la gélatine mouillée a perdu sa sensibilité, et il s'agit maintenant de bien surveiller l'image.

Dans une cuvette en tôle émaillée, on verse de l'eau tiède (30° à 35° environ) en quantité suffisante pour qu'il y en ait une couche de 2 centimètres d'épaisseur. On y plonge les deux papiers accolés, le transfert en dessous et le papier mixtionné en dessus<sup>1</sup>. On agite la cuvette, et, au bout de quelques instants, on voit les bords de la couche pigmentée se gonfler, puis laisser couler des veines colorées. Un peu après (environ une minute si l'exposition a été bonne), les angles commencent à se soulever : on maintient de la main gauche les papiers au fond de la cuvette, et, saisissant par un de ses angles le papier au charbon entre le pouce et l'index de la main droite, on le soulève avec précaution et on le détache lentement du papier transfert. Le papier au charbon ainsi préparé montre généralement encore une vague image négative, mais il n'est plus d'aucun usage, et il n'y qu'à le jeter. Si le décollement ne se fait pas, attendre encore une demi-minute à une minute.

Le papier transfert laisse maintenant apercevoir l'image positive, mais très confusément, car il reste encore un excès de gélatine mixtionnée qu'il faut éliminer. On ajoute donc de l'eau plus chaude, de façon à porter le mélange à la température de 40° environ. On voit alors l'image s'éclaircir et devenir de plus en plus pure. Si le dépouillement est trop lent, on l'active en projetant l'eau chaude

---

1. Ce dernier étant le plus petit, on ne risque pas de prendre l'un pour l'autre.

avec la main sur les endroits qui tardent à se montrer. On reconnaît que le dépouillement est terminé quand, soulevant l'épreuve hors de l'eau et la laissant un instant égoutter, aucune trace de matière colorante n'apparaît plus au coin inférieur du papier. L'image doit être un peu moins vigoureuse qu'elle ne sera en définitive.

Quand l'exposition a duré juste le temps voulu, le dépouillement s'accomplit en cinq minutes environ. Quand elle a été trop prolongée, l'image se dépouille très difficilement : on y remédie quelquefois en élevant la température de l'eau à 45° et même à 50°, mais cet expédient n'est pas sans danger, car il provoque souvent des réticulations. Il est préférable de ne pas dépasser 42° ou 43° et d'ajouter l'eau d'un carbonate alcalin ou de sulfite de soude, à raison de 1 ou 2 grammes par litre. Quand l'exposition a été trop courte, l'image se dépouille rapidement, mais manque de vigueur et d'éclat. Plus l'eau est chaude, plus les petits détails des lumières risquent d'être rongés. Le passage, et même le frottement, d'un pinceau ou d'ouate gorgés d'eau franchement chaude (60°) sur des marges ou les grands blancs, leur donne une pureté absolue.

Après le dépouillement, il est utile de passer l'épreuve dans l'eau froide, puis, pendant dix minutes, dans une solution d'alun à 5 p. 100. L'alun durcit la gélatine dont est formée l'image, rend la couche non collante, ce qui rend plus facile le montage à la colle d'amidon, et, comme le bichromate est très soluble dans l'alun, les dernières traces en sont très rapidement éliminées. On rince ensuite l'épreuve dans de l'eau propre, et on la suspend par une pince pour la laisser sécher.

**Double transfert.** — Dans ce procédé, l'image est dépouillée sur un support provisoire, constitué par une feuille de papier spécial, appelé *support flexible*, ou par une plaque de verre cirée, de la toile caoutchoutée (drap d'hôpital), une tôle, etc. Ces supports doivent être parfaitement nettoyés, rincés et séchés.

Le support flexible est préparé à l'aide du papier à simple transfert, dont la couche de gélatine est recouverte d'un encaustique à la cire. Pour préparer ce vernis, on fait dissoudre 2 grammes de cire jaune dans 100 centimètres cubes de benzine. On en imbibe un tampon de flanelle dont on frotte légèrement le papier. Il est avan-



tageux d'y ajouter un tiers d'essence de térébenthine contenant 10 p. 100 de colophane.

Au moment d'effectuer le premier transfert, on immerge le papier support flexible dans l'eau, et, quand il s'y est bien détendu (dix à trente minutes), on le pose sur une glace, le côté ciré en dessus. On immerge, d'autre part, le papier au charbon impressionné, en prenant les précautions indiquées pour le simple transfert, c'est-à-dire en opérant à la lumière peu intense et en arrêtant l'immersion au bout d'une minute, au moment où le papier est redevenu plan. On le pose alors sur le support flexible, le côté gélatiné en contact avec la surface cirée; on met par-dessus une toile caoutchoutée, et on passe la raclette de manière à chasser les bulles d'air. On enlève enfin l'excès d'eau avec une éponge, surtout près des bords. Bref, on pratique le premier transfert comme plus haut.

Le dépouillement ne doit pas être effectué moins de dix minutes après cette opération; il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à n'y procéder qu'une heure plus tard. Il y a même avantage à le faire : les demi-teintes sont mieux conservées. Le dépouillement s'exécute de la même manière que s'il s'agissait d'un simple transfert, mais il faut que l'eau ne soit pas trop chaude, risquant de faire fondre la cire. L'épreuve une fois dépouillée est passée au bain d'alun et lavée. On peut ensuite procéder au second transfert ou laisser sécher, si l'on préfère remettre à plus tard la suite des opérations. Laisser sur le support provisoire pour ce séchage.

Le papier dit *double transfert* qui va servir de support définitif à l'image est livré prêt à l'emploi. C'est un papier recouvert d'une couche de gélatine rendue seulement à moitié insoluble par l'alun ordinaire plutôt que l'alun de chrome. Quand il est de préparation récente, la gélatine qui le recouvre se ramollit dans l'eau tiède (35° environ). Mais, à la longue, la gélatine s'insolubilise de plus en plus. Il faut alors, pour la rendre collante, de l'eau de plus en plus chaude et même y ajouter quelques gouttes d'ammoniaque.

Pour procéder au second transfert, on coupe ce papier à la dimension voulue, on le fait détendre dans l'eau froide, puis on le plonge dans l'eau chaude (de 30° à 60°, selon l'état de la gélatine), pendant quelques instants, juste ce qu'il faut pour qu'il soit complètement ramolli. Il ne faut pas cependant que l'eau soit trop chaude, car la gélatine risquerait de couler. En même temps, si le support flexible

sur lequel est l'image avait été mis à sécher antérieurement, il faut le faire détendre un instant dans l'eau. On applique alors les deux papiers l'un sur l'autre, la gélatine du double transfert contre l'image; on passe la raclette pour assurer l'adhérence et chasser les bulles d'air, on éponge et on laisse sécher ensemble. Ne pas sécher au feu ou au soleil.

Quand la dessiccation est achevée, on introduit entre les deux papiers, à l'un des angles, la lame d'un canif, puis, saisissant chacune des feuilles par leur angle ainsi rendu libre, on les sépare facilement : l'image a abandonné le support provisoire et se trouve maintenant sur son support définitif.

La surface de l'épreuve ainsi obtenue est légèrement brillante, comme celle du papier albuminé avant le satinage. Pour avoir des images tout à fait mates, ou, au contraire, très brillantes, il faut effectuer le transfert provisoire, non plus sur le support flexible, mais sur une plaque de verre ou de métal. Si le support rigide est dépoli ou rugueux, l'épreuve sera mate; s'il est poli, elle sera brillante.

C'est ordinairement le verre, poli ou dépoli, qui sert de support temporaire. On commence par le frotter avec un tampon de flanelle imbibée d'une solution de cire dans la benzine ou du mélange suivant :

Essence de térébenthine . . . . .	100 cc.
Cire jaune . . . . .	2 gr.
Colophane . . . . .	2 —

Pour effectuer le premier transfert, on mouille le papier au charbon pendant une minute, comme nous l'avons expliqué, on l'applique par le côté gélatiné sur le verre ciré, on passe la raclette et on éponge, de même que dans les procédés précédents. Au bout de dix minutes, on peut commencer le dépouillement.

Après le passage dans l'alun, suivi d'un lavage à grande eau, l'image provisoirement transférée sur verre est mise à sécher. Si l'on procédait au second transfert avant dessiccation, tous les reliefs de la gélatine seraient écrasés, et l'image manquerait de finesse. Toutefois, si l'on est pressé, on n'a qu'à immerger la plaque dans l'alcool, qui absorbe l'eau et abaisse les reliefs.

Le second transfert s'exécute ensuite comme avec le support

flexible. Le papier double transfert, d'abord mouillé dans l'eau froide, est plongé dans l'eau chaude, qui ramollit la gélatine en quelques secondes. En même temps, on plonge un instant la plaque dans l'eau froide, de manière que la gélatine qui contient l'image soit légèrement mouillée. On met ensuite le papier gélatiné en contact avec l'image, on passe la raclette, on éponge et on fait sécher.

Pour séparer le papier du verre, après dessiccation, il n'y a qu'à inciser les bords : si la surface du support provisoire a été bien cirée, l'épreuve s'en détachera très facilement.

Le repiquage de l'épreuve doit être exécuté avant son application sur le papier à double transfert. On emploie pour cet usage le pinceau ou l'estompe. Dans le premier cas, la retouche est faite avec des couleurs à l'huile; dans le second, avec des couleurs sèches réduites en poudre impalpable. L'immersion dans l'eau, pour l'opération du second transfert, n'enlève pas le repiquage ainsi pratiqué. De plus, l'épreuve reste parfaitement brillante, si on l'a voulue telle. Si l'on préfère une surface mate, le repiquage pourra être exécuté sur l'épreuve entièrement finie.

**Insuccès.** — *Manque d'adhérence du papier au charbon avec le simple transfert.* — L'immersion dans la première eau a été trop prolongée, ou bien le dépouillement dans l'eau chaude a eu lieu trop tôt après la mise en contact des deux papiers.

*Bulles au dépouillement.* — La raclette n'a pas été passée avec le soin voulu, et des bulles d'air ou même des particules solides sont restées interposées entre la gélatine mixtionnée et le papier transfert. Cet accident est encore aggravé par l'emploi d'une eau trop chaude.

*Taches foncées ou empâtements.* — Des gouttes d'eau sont tombées sur le papier au charbon, après l'application sur le papier transfert et avant le dépouillement. Cet accident se produit surtout en été.

*Taches brillantes sur papier rugueux.* — Contact imparfait au transfert. On peut y remédier en immergeant l'épreuve dans de l'eau chaude pendant une demi-heure, ou plutôt jusqu'à ce que toute la couche gélatineuse soit bien ramollie. On la place ensuite dans l'eau froide pour procéder au montage habituel. On peut aussi supprimer le lustre des épreuves sèches et montées, en les trempant dans l'eau chaude et en les frottant très délicatement avec un morceau de flanelle bien humectée.

*Image trop faible* : exposition trop courte. Employer de l'eau ne dépassant pas 30° à 35°.

*Image trop foncée* : surexposition. Dépouiller à 40° et plus.

*Papier (premier support) n'abandonnant pas sa gélatine au transfert* : surexposition. Eau chaude, très faiblement ammoniacale.

*Réticulation*. — On désigne sous ce terme une sorte de filet à mailles noires microscopiques qui semble recouvrir l'image tout entière et qui en altère complètement la finesse. Ce défaut est dû à la température trop élevée de l'eau dans laquelle est trempé le papier mixtionné avant le transfert. On l'évite toujours, si l'on se sert d'une eau très froide et très abondante.

Les causes d'insuccès qui précèdent sont communs aux procédés par simple et par double transfert. Les suivantes sont spéciales au double transfert.

*Dissolution de la pellicule mixtionnée au dépouillement*. — Le support flexible aura été employé trop tôt après avoir été enduit de cire, ou bien on aura exécuté le dépouillement dans de l'eau trop chaude. Ne pas dépasser 40°.

*Pellicule détachée du support*. — Séchage trop rapide.

*Pellicule déchirée après séchage*. — Cirage incomplet du support provisoire, ou dessiccation incomplète.

**Procédé au charbon sans transfert**. — En réduisant l'épaisseur du pigment, ou en déposant la matière colorante à la surface de la gélatine qui est additionnée de glucose, on est parvenu à fabriquer des papiers au charbon susceptibles d'être dépouillés directement, sans qu'il soit nécessaire de reporter la couche impressionnée sur un autre support. Les images ainsi obtenues ne sont pas tout à fait aussi fines que celles auxquelles on arrive à l'aide des procédés précédents, mais elles sont d'un très bel effet artistique, avec l'aspect d'une eau-forte ou d'un vigoureux fusain. De plus, elles se prêtent à l'intervention de l'opérateur, qui parvient, en dépouillant localement certaines parties autrement que les autres, à produire des œuvres très personnelles, à marquer de son empreinte les épreuves qu'il tire de ses clichés, à ajouter, en un mot, son propre talent au travail automatique de l'objectif.

La surface de ces papiers est mate. Le papier Artigue (1894) fournit des images veloutées et très fines; le papier Fresson (1900)

présente, dans les grandes lumières, un reflet satiné. De là les noms de *charbon-velours* et de *charbon-satin* donnés à ces préparations. Ces papiers sont livrés non sensibilisés et se conservent en cet état indéfiniment. Il en existe de toute espèce de teintes.

Ces papiers se vendent tout préparés par les fabricants. Si l'on tient à les faire soi-même, M. Tranchant donne la formule suivante :

Eau . . . . .	100 cc.
Gélatine . . . . .	10 gr.
Savon . . . . .	2 —
Noir de fumée. . . . .	3 —
Sucre . . . . .	2 —

La gélatine est gonflée à l'eau pendant douze heures, est fondue au bain-marie avec le sucre, moins 10 centimètres cubes de l'eau, qui ont servi à dissoudre le savon, puis le noir en remuant bien; on ajoute cette pâte à la gélatine sucrée. On tient le tout au chaud, en remuant constamment. On coule sur le papier vélin mince, distendu dans l'eau et appliqué sur un carreau de verre.

*Sensibilisation.* — Cette opération s'effectue en pleine lumière. La feuille de papier est d'abord détendue pendant deux minutes dans de l'eau fraîche. La température de cette eau, ainsi que celle du bain de sensibilisation, ne doit pas dépasser 18°. On sort le papier à plusieurs reprises de la cuvette, afin de chasser les bulles d'air, et on l'immerge ensuite, pendant deux minutes, dans une solution de bichromate de potasse à 2 p. 100, au maximum, qui ne devra servir que pour quelques feuilles. On agite légèrement la cuvette pendant la sensibilisation; on passe ensuite sous un coin du papier une baguette de verre, pour le soulever et le saisir par une pince en bois. On le laisse sécher dans l'obscurité, et, lorsqu'il est sec, le mieux est de l'utiliser le plus tôt possible. On facilite beaucoup la dessiccation en faisant adhérer au dos de l'angle inférieur de chaque feuille un petit morceau de buvard mince.

*Tirage.* — Le chargement du châssis-presse sera fait rapidement et dans un endroit très peu éclairé, car le papier bichromaté est très sensible. Sous un cliché de moyenne intensité, le temps d'exposition, à l'ombre, vers le milieu d'une belle journée d'été, est approximativement de deux minutes pour le papier bleu, de trois minutes

pour le papier vert, de huit minutes pour le papier noir, de dix minutes pour les papiers brun et bistre, de douze minutes pour le papier sanguine. Le tirage est généralement poussé jusqu'à ce que les grandes ombres de l'image commencent à être très légèrement visibles par transparence. Cependant, cet état de la couche est déjà l'indice d'un commencement de surexposition.

*Dépouillement.* — Le papier extrait du châssis-presse est d'abord passé dans l'eau froide, d'où on le sort à plusieurs reprises pour l'immerger ensuite de nouveau, de manière à bien chasser les bulles d'air. A partir de ce moment, la lumière n'a plus d'action sensible, et les manipulations peuvent sans inconvénient se poursuivre au grand jour.

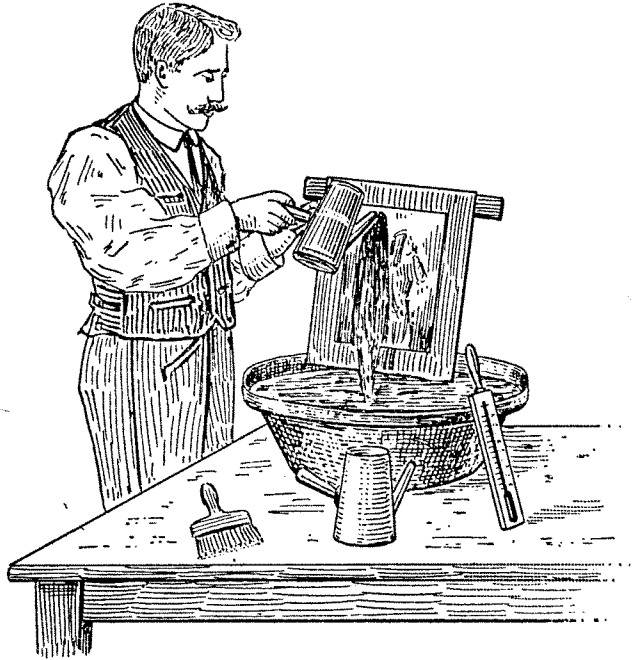


Fig. 67. — Dépouillement à la sciure.

On dispose, d'autre part, pour les avoir immédiatement sous la main :

- 1° Un thermomètre à échelle sur tôle émaillée;
- 2° Une feuille de verre un peu plus grande que l'épreuve à dépouiller;
- 3° Une cuvette contenant de l'eau tiède à 26° ou 28° environ;
- 4° Une large terrine contenant un mélange d'eau et de sciure fine de bois blanc, dans la proportion de 400 grammes de sciure pour cinq litres d'eau, à la température moyenne de 18°;
- 5° Une casserole à bec ou une cafetière.

Après quelques instants d'immersion dans l'eau froide, l'épreuve est plongée pendant deux minutes dans l'eau à 28° et placée rapidement sur la feuille de verre, la gélatine pigmentée en dessus, puis, tenant le tout dans une position presque verticale au-dessus de la

terrine à sciure, on plonge la casserole dans le mélange et on en arrose l'épreuve vers le haut, en promenant le jet d'un bord à l'autre. Après quelques casseroles de sciure, on projette un peu d'eau pure (à moins de 30°) sur l'image, afin de mieux la distinguer et se rendre ainsi compte de la manière dont il convient de continuer le dépouillement. Après une exposition de durée normale, l'image se dépouille également dans toutes ses parties. Il n'y a donc qu'à continuer l'arrosage avec le mélange d'eau et de sciure, après avoir repassé le papier dans l'eau tiède, si les blancs résistent. En dirigeant convenablement l'action mécanique de la sciure, il est facile d'éclaircir ou de négliger telle ou telle partie de l'image. Certains opérateurs proposent même, pour faciliter le traitement local, d'exercer de légères frictions, à l'aide d'un pinceau très souple et dont on peut encore adoucir l'effet en l'imbibant de glycérine. Il faut toujours dépouiller bien au-dessous de la valeur voulue, car l'image remonte beaucoup en séchant. Cependant, le dépouillement peut être repris après séchage, si on le juge nécessaire. Il ne doit en effet pas durer trop longtemps, la couche étant délicate.

Quand l'exposition a été trop courte, les ombres se détaillent rapidement, mais les parties claires tendent à rester grises et grenues. Il ne faut alors continuer le dépouillement qu'avec du mélange très clair, en plongeant la casserole près de la surface, où il y a moins de sciure.

Quand l'exposition a été exagérée, le dépouillement est difficile, surtout dans les ombres. On versera alors de plus haut le mélange, puisé au fond du récipient, où il y a plus de sciure. Au besoin, abandonner l'épreuve dans l'eau froide pendant quelques heures, avant de continuer.

Le dépouillement achevé, on plonge l'épreuve dans une solution de bisulfite de soude liquide à 3 ou 4 p. 100. Au bout de quatre ou cinq minutes, quand la coloration jaune due au bichromate aura disparu, on remettra la feuille dans l'eau froide, pour balayer avec un pinceau doux la sciure demeurée adhérente. Après un lavage de quelques minutes, l'épreuve est suspendue pour sécher.

Avant de monter l'épreuve, il faut la laisser tremper dans l'eau pendant cinq minutes, l'égoutter face en dessous sur une feuille de verre, essorer le dos avec un buvard et y étendre de la colle fraîche d'amidon.

\* \* \*

**Procédé à la gomme bichromatée.** — C'est le 7 septembre 1858 que Pouncy exposa, à *The London Photographic Society*, les premières épreuves à la gomme bichromatée. Ces images indélébiles étaient obtenues en recouvrant un papier de gomme arabique additionnée de noir de fumée et de bichromate de potasse. La couche pigmentée, une fois sèche, était impressionnée à la lumière sous un négatif et dépouillée dans de l'eau froide. En 1859, Heineken proposait la sépia comme matière colorante, dans un procédé analogue. En Amérique, à peu près à la même époque, Charles Scely employait, comme Pouncy, la gomme bichromatée avec du charbon. Ce procédé avait été abandonné, parce qu'on lui reprochait de ne pas reproduire tous les détails du phototype, à une époque où l'on recherchait le maximum de netteté et de fins détails.

Plus tard, vers 1895, après les essais de MM. Rouillé-Ladevèze, Puyo, Demachy et Maskelle, la gomme bichromatée fut reprise, justement pour les motifs qui l'avaient fait délaissier auparavant. Les artistes y avaient su voir un moyen de réaliser ces *sacrifices*, ces effets synthétiques qui, dans beaucoup de cas, sont préférables à la minutie, à la sécheresse des images aux sels d'argent. Ils y avaient aussi reconnu un procédé très souple, se prêtant à l'intervention de l'opérateur, un moyen d'interprétation personnelle. Et, de fait, c'est à ce procédé que l'art photographique doit surtout son essor, et les Salons qui se sont succédé dans ces dernières années ont bien montré les ressources de la gomme bichromatée par les belles œuvres qu'elle a permis de produire. Il faut avoir des clichés transparents et détaillés, sans contrastes exagérés, le procédé ayant plutôt tendance à en créer.

Aujourd'hui, on trouve dans le commerce des papiers recouverts de gomme et de pigment, noir ou de toute autre couleur. Il suffit, pour les sensibiliser, de les plonger dans une solution de bichromate de potasse additionnée d'alcool pour en activer la dessiccation et empêcher le coulage de la couche, qui est très fragile. Mais plusieurs artistes préfèrent encore préparer eux-mêmes leurs papiers. Cette préparation est d'ailleurs très facile et n'exige que quelques ingrédients et outils très peu coûteux.

On prépare d'abord une solution de gomme arabique ordinaire



à 50 p. 100, et on la laisse aigrir. La gomme vieillie et acide est moins visqueuse, s'étend plus facilement et fournit une couche plus sensible. Pour qu'elle ne fermente pas, on lui adjoint une faible quantité de thymol ou d'acide salicylique. On fait ensuite dissoudre du bichromate de potasse, à raison de 1 gramme pour 10 centimètres cubes d'eau.

Quant au pigment, comme il est nécessaire qu'il soit parfaitement homogène, le mieux est d'employer des couleurs d'aquarelle broyées, en tubes : noir d'ivoire, terre de Sienna, brun Van Dyck, sépia, ocre rouge, indigo, etc. Ou encore l'encre de Chine et les encres colorées pour dessins d'architecture et de topographie.

On choisira pour support du pigment un papier à dessin de bonne qualité et bien encollé. Les papiers les plus faibles à recouvrir sont ceux des marques Canson-Montgolfier pour lavis, Rives, Allongé, Michallet et Joynson. On choisira le grain suivant le sujet, le format, et l'effet qu'on désire obtenir.

Ou bien on ne revêt d'abord le papier que de gomme dissoute avec la couleur dans l'eau (Farinaud), et on ne sensibilise au bichromate qu'au moment de l'emploi; ou bien on prépare la solution complète, que l'on conserve naturellement à l'obscurité, et on l'étale sur le papier lors de l'emploi. D'autres enfin couvrent d'avance le papier de solution de bichromate, et c'est la gomme colorée qu'ils ajoutent avant le tirage. Nous décrirons la préparation de la mixture complète.

On mêle la couleur avec la gomme et la solution de bichromate de manière à former une pâte semi-liquide, facile à étendre au pinceau et assez claire pour laisser apercevoir le grain de papier lorsque la feuille en est couverte.

Il faut compter 3 centimètres cubes de cette mixture pour couvrir une feuille 18 × 24.

Pour 1 volume de solution de bichromate à 10 p. 100, il faut ajouter de 2 à 4 volumes de la solution à 50 p. 100 de gomme, selon qu'elle est plus ou moins filante. Quant à la couleur, sa quantité dépend à la fois de celle qu'on emploie (foncée ou claire), de l'intensité qu'on désire obtenir, et de la consistance plus ou moins pâteuse qu'elle donnera au mélange : celui-ci doit être assez fluide pour pouvoir donner un couchage régulier quand on l'étalera au pinceau. En moyenne, on peut compter 1 gramme de couleur d'aquarelle broyée (fluide) pour 10 grammes du liquide bichro-gomme, ce

pour le noir, sépia naturelle, indigo, gris Payne; aller à 1<sup>er</sup>,25 pour les nuances marron, bistre, Sienne brûlée; 2 grammes pour terre d'ombre naturelle.

Si l'on emploie du bichromate d'ammonium, plus soluble, il faut moins de gomme; on peut se contenter d'une solution à 35 p. 100, ce qui rend l'étalage plus facile. On en emploie 5 centimètres cubes avec 5 centimètres cubes de bichromate à 10 p. 100 pour le noir, marron, bistre, terre d'ombre naturelle; 4 centimètres cubes de bichromate et 6 centimètres cubes de gomme pour la sanguine, sienne brûlée, gris; 6 centimètre cubes de bichromate contre 4 à 5 de gomme avec la sépia et l'indigo. — Il est bon enfin d'ajouter aux 10 ou 12 grammes de mixture complète 3 gouttes de glycérine et 2 d'acide chlorhydrique (sauf en été pour celui-ci).

On se sert d'une brosse plate en soies de porc, et d'un blaireau en forme d'éventail. La brosse sert à étendre le mélange, et le blaireau à égaliser la couche. Cette préparation peut s'effectuer en pleine lumière, car la couche n'est sensible qu'à l'état sec.

La feuille de papier, préalablement détendue dans l'eau, est placée sur une planchette ou sur une glace et époncée. On la badigeonne rapidement en long avec la brosse chargée de la mixture, en donnant un mouvement de va-et-vient. Quand toute la surface est couverte, on continue encore un moment la manœuvre du pinceau, mais en croisant avec le premier sens, diminuant progressivement la pression afin d'avoir une couche aussi régulière que possible. On s'arrête dès que la mixture commence à faire prise, et l'on achève de l'égaliser en l'effleurant délicatement avec le blaireau, comme si l'on voulait l'épousseter. Le tout n'a pas dû durer plus de quarante à cinquante secondes, et la couche être bien uniforme et lisse. Cependant les légères marbrures ou traînées inévitables disparaîtront au dépouillement. On laisse ensuite sécher dans l'obscurité<sup>1</sup>. La couche sèche est plus foncée qu'à l'état humide, et ne laisse plus apercevoir le papier.

L'exposition sous le cliché doit se faire, de préférence, à l'ombre. La chaleur du soleil risquerait de provoquer l'insolubilisation partielle

---

1. Le séchage est terminé en quinze ou vingt minutes. On peut passer le papier au-dessus d'un feu ou d'une lampe pour accélérer; le papier sec doit être presque craquant. L'employer dans les vingt-quatre heures, le dépouillement doit également être fait le jour ou au plus tard le lendemain du tirage.

de toute la couche et de donner des images voilées. La durée du tirage varie naturellement suivant l'opacité du cliché, l'éclat de la lumière, l'épaisseur de la couche, la couleur du pigment<sup>1</sup> et la quantité de bichromate. Certaines épreuves n'exigent que vingt minutes d'exposition, tandis que pour d'autres il faut quatre heures. L'image n'est pas visible; cependant, quand la pose a été assez longue, on distingue par transparence une très légère silhouette, mais c'est là un indice de surexposition.

Le dépouillement s'effectue en déposant l'épreuve, la couche en dessous, sur une couche d'eau froide. Si l'exposition a duré juste le temps voulu, la couche se dissout régulièrement, d'abord dans les grandes lumières, puis dans les demi-teintes, et l'image reproduit d'abord un instant en négatif, puis fidèlement le modelé du sujet. Le dépouillement dure une demi-heure s'il y a sous-exposition; une heure à une heure et demie pour une durée de tirage correcte; en cas de surexposition, deux et parfois plusieurs heures. On peut l'activer en ajoutant à l'eau de la sciure très fine et en agitant le tout, mais, dans ce cas, il vaut mieux immerger l'épreuve en laissant la couche au-dessus, afin d'éviter qu'elle ne soit abîmée en frottant le fond de la cuvette. Le dépouillement sera également intensifié en employant l'eau tiède, voire chaude.

Si l'opérateur veut modifier le motif qu'il interprète, il procède au *dépouillement local*. A cet effet, l'épreuve mouillée est placée sur une plaque de verre, et la couche est lavée aux endroits qu'on veut éclaircir par des affusions d'eau froide ou tiède. Ce travail est effectué en plein jour, la couche n'ayant aucune sensibilité une fois mouillée. Le dépouillement local s'exécute aussi en frottant légèrement la surface avec un pinceau très doux ou une touffe de coton imbibé d'eau. Mais il faut alors que l'exposition ait été suffisamment prolongée. Après un tirage de durée normale, la couche est si fragile que même une goutte d'eau accidentellement tombée sur une demi-teinte suffit à la faire immédiatement disparaître. Il ne faut pas pendre la feuille verticalement pour la faire sécher, mais reposant sur un verre, une tôle ou un carton simplement incliné

---

1. Exposer plus longtemps avec le rouge qu'avec le noir, et avec le noir qu'avec le bleu. Les papiers à grain fort ayant toujours une couche plus épaisse, tirer plus longuement. Le papier qui vient d'être préparé est plus sensible que celui qui date de la veille.

La retouche en blanc se fait avec un pinceau fin que l'on applique sur l'épreuve placée dans l'eau, au fond d'une cuvette. Pour la retouche en noir, il est préférable d'attendre que la couche soit sèche : cette retouche s'exécute avec des couleurs qui ont servi à réparer la mixtion.

Si le dépouillement a été rapide et si l'on craint qu'un peu de bichromate ne soit resté dans le pigment gommé ou dans la pâte du papier, on l'éliminera en plongeant l'épreuve, pendant quelques instants, dans une solution de bisulfite de soude (2 à 5 p. 100). Après un lavage fait avec précaution, de manière à ne pas endommager l'image, qui est très fragile, on laisse sécher l'épreuve sur une feuille de verre légèrement inclinée. On peut passer au préalable dans du formol (5 p. 100, qui durcit notablement la couche. Celle-ci une fois sèche a une résistance très suffisante.

Sur une épreuve terminée, on peut étendre une nouvelle couche de même bichromatée d'une autre couleur et, après séchage, procéder à un deuxième tirage sous le même phototype ou sous un autre sur lequel figure le même sujet pris derrière un écran coloré sélecteur : on aura ainsi une image en deux tons, un camaïeu. On peut faire un troisième tirage sur troisième couche. C'est ainsi que l'on obtient, par trois tirages successifs en bleu, jaune et rouge sur le même papier, l'image en couleurs d'un sujet pris trois fois sur trois plaques derrière des écrans respectivement orangé, violet et vert (voir chapitre XVII).

**Procédé ozotype.** — Le 28 mars 1899, M. Manly faisait connaître à la *Royal Photographic Society* un procédé pigmentaire qui supprimait deux inconvénients du procédé au charbon : impossibilité de contrôler directement l'impression de l'image et nécessité d'un double transfert pour obtenir d'un phototype ordinaire une image non inversée.

Une feuille de papier ordinaire (du papier à lettres, par exemple) est sensibilisée dans une solution à 7 ou 8 p. 100 de bichromate de potasse<sup>1</sup>, et séchée. Si le papier n'est pas suffisamment encollé, on joutera à 6 centimètres cubes de cette solution 1 à 2 centimètres cubes d'une solution de gélatine à 2 p. 100. Le mélange est étendu sur la feuille à l'aide d'un pinceau souple. L'opération s'effectue

---

1. L'inventeur y ajoutait un poids double de sulfate de manganèse, qui été reconnu inutile.

à la lumière artificielle et à la température de 47° environ. On fait ensuite sécher dans l'obscurité.

Une fois sec, le papier sensible est exposé à la lumière, sous un phototype, dans un châssis-presse. L'impression est facile à contrôler, car l'image positive, quoique faible, est nettement visible et se détache en brun sur le fond jaune du papier bichromaté. On arrête le tirage avant que tous les détails se soient montrés, puis on lave le papier à l'eau froide, afin d'éliminer le bichromate non impressionné. Ce lavage ne doit pas durer plus de dix minutes; un séjour prolongé dans l'eau aurait pour effet d'affaiblir l'épreuve.

On a ainsi l'image *primaire*, qui va servir à fixer le pigment. On peut la pigmenter dès la fin du lavage ou la laisser sécher pour continuer l'opération un autre jour. Elle se conserve indéfiniment.

Quand le moment est venu de pigmenter l'image primaire, il faut d'abord la faire détendre dans l'eau pendant une ou deux minutes, si on l'avait laissée sécher. On prend alors une feuille de papier au charbon ordinaire (gélatine et couleur) et on la plonge dans un bain dont la composition varie suivant l'effet à réaliser :

	CLICHÉ DOUX	CLICHÉ NORMAL	CLICHÉ HEURTÉ
Eau . . . . .	1 000 cc.	1 000 cc.	1 000 cc.
Acide acétique cristallisable . . . . .	3 gr.	4 gr.	5 gr.
Hydroquinone . . . . .	1 —	1 —	1 —
Sulfate de cuivre . . . . .	0 <sup>sr</sup> ,5	1 —	1 —

La solution est versée dans une cuvette en verre ou en porcelaine légèrement chauffée au bain-marie. Si l'épreuve primaire a été tirée sur papier lisse, la température de la solution sera maintenue à 21° ou 22°; si le tirage a été exécuté sur papier rugueux, on poussera le chauffage jusqu'à 25° ou 26°, mais jamais davantage.

La durée d'immersion du papier pigmenté varie suivant l'état de l'image primaire : si le tirage de celle-ci a été prolongé de manière que tous les détails soient visibles, il y a surexposition, et alors l'immersion du papier-charbon doit être réduite à trente ou quarant

secondes. Si, au contraire, l'impression paraît faible, on prolongera l'imbibition jusqu'à deux minutes. Pour une épreuve normalement tirée, le papier charbon séjournera environ une minute dans la solution acétique.

Le papier charbon mixtionné est plongé dans le bain, la gélatine d'abord en dessous; puis on le retourne, on chasse les bulles d'air à l'aide d'un pinceau, et on laisse l'imbibition continuer le temps que l'on a jugé nécessaire. On plonge alors dans la même cuvette l'épreuve primaire, on met l'image en contact avec la gélatine colorée, et on sort des deux papiers accolés, que l'on pose sur une glace. On passe la raclette pour assurer l'adhérence et chasser les bulles d'air, on éponge avec soin l'excès d'eau, principalement sur les bords, et on laisse le tout entre deux feuilles de papier buvard sous une légère pression, par exemple celle d'un gros livre. Si l'on a plusieurs épreuves à traiter, on les superposera, et on laissera le contact se prolonger pendant deux ou trois heures, avant de procéder au dépouillement. Si cette opération devait être différée plus longtemps, il serait nécessaire de laisser sécher les papiers librement, en suspendant les épreuves, après trois heures de contact.

Quand le moment sera venu de les dépouiller, il faudra alors les laisser préalablement dans l'eau froide, pendant dix ou vingt minutes en été, et une demi-heure en hiver.

Le dépouillement s'effectue ensuite dans l'eau chaude, à 40° ou 42°, de la même manière que pour le procédé au charbon. On durcit ensuite la gélatine, en l'immergeant pendant cinq minutes dans une solution de 1 à 7 p. 100, et, après un lavage à l'eau froide, il n'y a plus qu'à laisser sécher. On a ainsi une épreuve au charbon non inversée, sans être obligé de recourir aux manipulations délicates et fastidieuses du double transfert. Toutefois, les images obtenues par ozotypie sont moins fines, moins exactement détaillées que celles qu'on obtient par l'impression directe du papier mixtionné.

L'inventeur supposait que, sous l'action de la lumière, le bichromate de potasse perdait une partie de son oxygène, qui venait alors se fixer sur le protoxyde de manganèse du sulfate, pour former un peroxyde. Sous l'action de l'acide acétique imprégnant la mixtion gélatineuse, ce peroxyde reformait un nouveau sel de protoxyde, et l'oxygène dégagé se fixait sur la gélatine, en l'insolubilisant. L'oxygène ainsi mis en liberté sous l'influence de l'acide acétique

était considéré par M. Manly comme se trouvant à l'état d'*ozone*. De là le nom donné au procédé. Mais M. Haddon a montré que l'action de la lumière sur le mélange de bichromate de potasse et de sulfate de manganèse n'a pas pour effet de produire un peroxyde mais bien de former un chromate neutre de potasse et un chromate manganèse. Sous l'action de l'acide acétique, ce chromate de manganèse perd son acide chromique, qui agit alors sur la gélatine, en la rendant insoluble.

En 1904, le baron von Hübl a découvert de nouvelles réactions qui ont rendu le procédé plus rapide, en abrégant le contact des deux papiers. Le bain sensibilisateur de l'image primaire reste le même, mais le bain à l'acide acétique et à l'hydroquinone dans lequel devait être plongé le papier mixtionné est remplacé par l'une des combinaisons suivantes, d'après la nature du cliché :

	IMAGE A CONTRASTES	IMAGE NORMALE	IMAGE DOUCE
Eau. . . . .	1 000 cc.	1 000 cc.	1 000 cc.
Acide chlorhydrique. :	2 gr.	2 gr.	2 gr.
Sulfate de fer. . . . .	2 <sup>gr</sup> ,5	3 <sup>gr</sup> ,5	4 <sup>gr</sup> ,5

L'épreuve primaire étant bien détendue dans l'eau pure, le papier mixtionné est plongé dans le bain acide, mais ne doit y séjourner que trente secondes. Au bout de vingt-cinq secondes, on introduit dans ce même bain l'image primaire et on l'applique contre le papier gélatiné, en opérant rapidement, puisqu'on ne dispose plus que de cinq secondes. Les deux papiers accolés sont mis sous presse entre deux buvards, et le dépouillement peut commencer une demi-heure après. En ajoutant aux bains une petite quantité de chlorure d'ammonium, on augmente beaucoup les contrastes.

**Ozotypie à la gomme.** — Le procédé à la gomme bichromatée présente, comme le procédé au charbon, l'inconvénient de laisser l'opérateur dans l'incertitude sur la durée exacte qu'il convient de laisser à l'impression, l'image étant souvent invisible à travers la couche colorée. Il n'en est pas de même avec l'ozotypie appliquée à la gomme par le frère de M. Manly.

L'image primaire est préparée de la même manière que s'il s'agissait d'une ozotypie au charbon. L'épreuve primaire, étant exécutée comme nous l'avons expliqué, dans le paragraphe précédent, est recouverte au pigment gommé, que l'on prépare en mélangeant :

A. Eau . . . . .	100 gr.
Gomme arabique . . . . .	40 gr.
Couleur d'aquarelle . . . . .	1 à 2 gr.
B. Eau . . . . .	100 cc.
Sulfate de cuivre . . . . .	20 gr.
C. Eau . . . . .	100 cc.
Alun de chrome . . . . .	10 gr.

A 30 centimètres cubes de la solution A, on ajoute 4 centimètres cubes de la solution B, et 1 à 2 centimètres cubes de la solution C.

D. Eau . . . . .	30 cc.
Acide acétique cristallisable . . . . .	2 —
Hydroquinone . . . . .	1 gr.
Sulfate de fer . . . . .	0 <sup>sr</sup> ,5 à 5 —

On ajoute 10 parties du mélange ABC donné plus haut à 1 partie de la solution D, et ce mélange est étendu sur l'épreuve primaire comme s'il s'agissait de préparer un papier à la gomme bichromatée, mais le plus rapidement possible, d'abord avec la brosse en soies de porc, puis avec le blaireau en éventail pour achever d'égaliser la couche. On laisse sécher dans l'obscurité et on dépouille dans l'eau froide. Les retouches locales, s'il y a lieu, s'exécutent comme le procédé à la gomme bichromatée. Si l'eau froide ne suffit pas pour dépouiller le pigment, on en élèvera peu à peu la température.

**Procédé ozobrome.** — Malgré ses avantages indéniables, l'ozotypie n'a pas obtenu tout le succès qui lui paraissait d'abord assuré. Il est vrai que ses résultats n'ont pas la perfection et la finesse des épreuves au charbon par transfert, car il se produit toujours une certaine diffusion, qui se fait surtout remarquer dans les menus détails. Il est vrai aussi que l'ozotypie laissait subsister quelques inconvénients communs, jusqu'à ces derniers temps, à tous les procédés pigmentaires : le papier ozotype, de même que le papier à la gomme bichromatée et les papiers au charbon, avec ou sans transfert, doit être sensibilisé la veille de l'emploi et ne se conserve plus en cet état, d'où l'obligation, pour l'amateur, de procéder



à cette préparation au fur et à mesure de ses besoins et de courir le risque de subir une perte sèche si le mauvais temps ou des occupations imprévues viennent à l'empêcher de mettre à exécution ses projets de tirage. Enfin, les papiers sensibilisés au bichromate sont relativement lents. Quoique plus sensibles que le papier au chlorure d'argent, ils ne le sont pas suffisamment pour se prêter aux tirages à la lumière artificielle et surtout aux agrandissements qui sont d'un si bel effet, exécutés par des procédés pigmentaires. Ces difficultés ont été heureusement résolues, en substituant à l'action réductrice de la lumière le pouvoir également réducteur de l'argent très divisé qui constitue les images au gélatinobromure. Il s'agit d'exécuter un transfert d'une épreuve au bromure sur papier au charbon.

En 1881, Warnecke avait fait breveter un procédé dans lequel il utilisait l'insolubilisation que le révélateur à l'acide pyrogallique fait subir à la gélatine en contact avec l'argent réduit. Un pigment coloré était incorporé à une émulsion au gélatinobromure, et l'épreuve impressionnée, puis développée au pyrogallol, était dépouillée dans l'eau chaude. L'impossibilité de suivre le développement de la couche opaque fit abandonner cette combinaison, où quelques auteurs ont voulu voir, à tort semble-t-il, le germe de la méthode inventée, en 1906, par M. Manly; qui lui donna le nom de procédé *ozobrome* ou encore de *Carbro*, qui rappelle les noms des deux papiers employés : au carbone et au bromure d'argent.

Le positif est d'abord tiré sur papier au gélatinobromure brillant ordinaire, développé, fixé et lavé comme d'habitude. On l'applique ensuite contre une feuille de papier au charbon un peu plus grande imbibée d'une solution spéciale formulée plus loin; on chasse les bulles d'air à coups de raclette, et, au bout de trente ou quarante minutes de contact, on procède au dépouillement dans l'eau chaude. Si l'image pigmentaire est dépouillée lorsqu'elle adhère encore au positif primaire, elle se superpose à ce dernier, que l'on peut effacer à l'aide de persulfate d'ammoniaque ou du réducteur de Farmer. Mais on peut aussi détacher la couche pigmentée du positif au bromure et l'appliquer sur une feuille de papier gélatiné de simple transfert.

Ce procédé est basé sur une réaction dont les éléments n'ont pas été divulgués par la compagnie Ozotype, mais qu'il est cependant facile de deviner. En effet, une maison allemande faisait breveter, en 1904, un procédé analogue, qui d'ailleurs n'a pas été mis dans le

commerce, et dans lequel l'insolubilisation de la mixtion colorée résultait de l'action produite par la gélatine par un ferricyanure double réduit en présence de l'argent divisé de l'image primaire au gélatinobromure. Sur ces données, M. H. Quentin est parvenu à reconstituer, sinon les formules mêmes de M. Manly, du moins une méthode qui conduit à des résultats équivalents.

Le papier au charbon est plongé, pendant deux à trois minutes environ (jusqu'à cinq pour les papiers en teinte sanguine) dans :

Solution de bichromate de potasse à 10 p. 100 . . . . .	25 cc.
— de ferricyanure de potassium à 10 p. 100. . . . .	50 —
— de bromure de potassium à 10 p. 100 . . . . .	10 —

En augmentant la dose de bichromate, on obtient des images plus douces. En diluant le bain, la réaction est plus lente, mais les résultats n'en sont pas modifiés. Une très faible quantité d'alun ajoutée à la solution rend le dépouillement moins délicat.

Autre formule :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Bichromate . . . . .	5 gr.
Ferricyanure. . . . .	5 —
Bromure de potassium . . . . .	5 —
Alun . . . . .	2 gr,5
Acide citrique . . . . .	1 —

Le papier mixtionné ainsi imbibé est appliqué sur l'épreuve au gélatinobromure préalablement développée, fixée, durcie dans une solution de formol à 10 p. 100 et lavée. Les deux gélatines une fois en contact, on passe la raclette et on éponge, avec les mêmes précautions que dans le procédé au charbon.

Après une demi-heure de contact, on sépare les deux papiers et on les lave abondamment. Le papier mixtionné est reporté sur une feuille de papier pour simple transfert, après quoi le dépouillement s'effectue absolument comme s'il s'agissait d'une épreuve au charbon ordinaire.

On comprend facilement que l'image obtenue dans ces conditions n'est pas inversée : elle se présente dans son vrai sens, bien qu'elle n'ait subi qu'un seul transfert, parce qu'elle a été imprimée contre le positif, et non pas sous le cliché.

Le procédé peut être modifié ainsi, ce qui rend sa conduite plus souple et permet de grandes corrections :

*Bain sensibilisateur du papier charbon* (immersion : trois à cinq minutes), peut servir un grand nombre de fois :

Eau . . . . .	350 gr.
Bichromate de potassium. . . . .	5 —
Ferricyanure — . . . . .	5 —
Bromure — . . . . .	5 —

On égoutte quelques instants, puis on immerge quinze à trente secondes (la douceur de l'image augmente avec la durée) dans le second bain ci-après, qui doit être très souvent renouvelé :

Formol à 40 p. 100 (commercial) . . . . .	20 cc.
Acide acétique cristallisable . . . . .	1 —
Acide chlorhydrique pur. . . . .	1 —

Pour l'usage, prendre 3 centimètres cubes de ce mélange et ajouter 100 centimètres cubes d'eau.

On applique alors la feuille au charbon sortant de ce bain sur celle au bromure gorgée d'eau, on passe la réglette, on détache l'ensemble de la plaque de verre-support et on laisse un quart d'heure à une demi-heure en contact en évitant le dessèchement. On sépare alors les deux feuilles, et on applique celle au charbon sur un papier transfert plongé dans l'eau, qu'on traitera comme il est dit plus haut.

Au premier abord, ce transfert semble rendre l'ozobromie un peu plus compliquée que l'ozotypie, qui n'en exige aucun. En réalité, il en est tout autrement, car le plus précieux avantage de la nouvelle méthode est le suivant.

Quand on la sépare du papier pigmentée, l'épreuve primaire du gélatinobromure d'argent n'est presque plus visible : au lieu des noirs les plus vigoureux, on n'y remarque plus que des ombres d'un brun pâle. Mais il suffit de la laver soigneusement à plusieurs eaux, puis de la soumettre à l'action d'un révélateur quelconque, pour qu'elle reprenne, en même temps que son aspect primitif, ses propriétés réductrices et insolubilisantes. En sorte que cette épreuve-type, soigneusement lavée pour qu'il n'y reste aucune trace du révélateur qui vient de la régénérer, est susceptible de créer de nouvelles images pigmentaires, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir à nouveau l'action de la lumière, et le cliché négatif ne joue plus aucun rôle dans la suite du tirage, qui peut être continué dans les mêmes conditions, autant de fois qu'il le faut.

Si l'on en excepte le premier développement du positif au géla-

tinobromure, toutes les opérations qui viennent d'être énumérées peuvent s'effectuer, sans aucun inconvénient, soit à la clarté d'une lampe ordinaire, soit à la lumière diffuse du jour.

**Procédé aux encres grasses.** — M. Rawlins a fait connaître, en 1904, sous le nom de procédé à l'huile, une méthode particulièrement avantageuse pour obtenir des images photographiques indélébiles, de couleur quelconque, et permettant à l'opérateur de donner à ses œuvres un cachet tout particulier d'interprétation personnelle.

Une épreuve à l'huile n'est pas autre chose, théoriquement, qu'une image photocollographique (V. chapitre XVI); seulement cette image est obtenue, non plus par tirage mécanique à la presse, comme on le fait dans l'industrie phototypique, mais bien en exposant à la lumière chacune des feuilles de papier, destinées à recevoir l'impression à l'encre grasse. De plus, dans le procédé Rawlins, l'encrage s'effectue à l'aide de pinceaux, et non plus au moyen de rouleaux en cuir ou en gélatine.

Tous les clichés peuvent être utilisés pour le tirage à l'huile; cependant il les vaut mieux vigoureux que doux, car ce procédé baisse un peu la valeur des noirs et assourdit les grandes lumières. Le cliché doit être pur, sans aucun voile. L'image terminée se trouvera retournée (gauchère); si on veut éviter cette inversion, on pelligulera le phototype (p. 227) et on l'imprimera par la face dorsale.

Le papier destiné aux impressions à l'huile est facile à préparer. Il n'y a qu'à couler une solution tiède de gélatine sur la feuille choisie, préalablement détendue dans l'eau et appliquée sur un support bien horizontal. On trouve, d'ailleurs, dans le commerce des papiers gélatinés qui peuvent parfaitement servir. Tels sont les papiers de double transfert, en usage dans le procédé au charbon. Quant au papier de simple transfert, il est impropre à cet emploi parce que la gélatine dont il est recouvert a été insolubilisée; il faut en effet qu'elle puisse se gonfler à l'eau.

La sensibilisation du papier gélatiné s'effectue en l'immergeant, pendant deux ou trois minutes, dans une solution de bichromate de potasse à 2 p. 100. On le laisse ensuite sécher dans l'obscurité, et l'on emploie dans les quarante-huit heures.

Pour l'impressionner, lorsqu'il est sec, on le met en contact avec le négatif, dans le châssis-*presse*, gélatine contre gélatine. Sous

L'action de la lumière, une image positive se dessine, mais elle est très faible et d'une tonalité qui varie suivant l'encollage du papier. Aussitôt que tous les détails ont paru, on arrête l'insolation : sous un cliché normal, il faut à peu près une minute de pose, en plein soleil, pendant l'été. Il faut éviter la surexposition.

L'épreuve est alors plongée dans de l'eau ordinaire, que l'on renouvelle à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'elle ne se colore plus; on sera alors certain que tout le bichromate a été éliminé. On termine par un passage de deux minutes dans l'eau à 1 p. 100 d'acide sulfurique, puis sous l'eau courante.

La feuille étant légèrement époncée, si l'on examine la couche impressionnée sous une incidence assez inclinée, on distingue une image en relief : les parties correspondant aux noirs du négatif (et, par conséquent, aux blancs du modèle) sont fortement gonflées par l'eau que la gélatine a absorbée; les zones correspondant aux transparences du négatif sont, au contraire, déprimées, parce qu'elles sont devenues imperméables à l'eau; enfin, les demi-teintes sont traduites par des épaisseurs variables, indices d'une imperméabilisation plus ou moins avancée. La surface étant ainsi mouillée proportionnellement à l'éclat des parties claires du modèle, il est facile de comprendre ce qui se produira lorsqu'on appliquera sur cette gélatine un pinceau garni d'encre d'imprimerie : le pigment gras, repoussé par l'eau, ne sera retenu que par la gélatine rendue imperméable, et ne s'attachera qu'aux parties correspondant aux noirs du positif. Si l'on ne doit pas procéder de suite à l'encrage (qui peut, sans inconvénient, être indéfiniment différé), il n'y a qu'à laisser sécher. Quand on voudra ensuite encrer l'épreuve, il faudra commencer par la faire tremper dans l'eau, pendant une heure ou deux.

L'encrage est la phase la plus délicate, mais aussi la plus intéressante, du procédé à l'huile. Deux sortes d'encres peuvent être utilisées : les encres typographiques et les encres lithographiques. Les unes et les autres sont composées d'huile cuite et de noir de fumée; mais les premières sont plus fluides, les secondes sont plus *dures*. Ni les unes ni les autres ne doivent d'ailleurs être employées telles quelles, dans le cas actuel, car elles sont toutes trop épaisses, et il convient de les délayer avec un peu d'huile cuite, dans des proportions variables selon l'état de la couche impressionnée et selon l'effet à réaliser. On mêle l'encre et l'huile, à l'aide d'un couteau

à palette, sur une plaque de verre ou de porcelaine, puis on achève de rendre le mélange bien homogène en le travaillant au rouleau de cuir ou, ce qui vaut mieux, au rouleau en pâte des graveurs. Les encres pour taille-douce conviennent généralement très bien, au besoin avec une très faible addition de « vernis lithographique » (huile de lin siccativ) ou d'encre typo.

Pour appliquer l'encre sur l'épreuve, M. Rawlins a imaginé de remplacer le rouleau dont on se sert en photocollographie par des pinceaux de formes et de grosseurs différentes, suivant les exigences du travail. Ces pinceaux, ou *pochoirs*, sont en putois, les uns droits, les autres coupés en biseau ou en *pied-de-biche*. On en emploie de diverses tailles, des n<sup>os</sup> 8 (pour petites épreuves) à 15 (pour les grandes).

L'épreuve sortie de la cuvette est placée sur un coussin de papiers buvards mouillés. Les gouttelettes restées sur la gélatine sont enlevées doucement avec une mousseline<sup>1</sup>, et l'on commence l'encrage. A cet effet on prend un peu d'encre avec un pinceau pied-de-biche (gros comme un pois). On choisit un point de l'image où se trouve une ombre intense et, en tapotant légèrement, à petits coups, on s'assure si l'encre « prend » convenablement. Cet essai suffit pour reconnaître si la composition de l'encre convient bien à l'épreuve. Si l'encre adhère mal, c'est qu'elle est trop dure ou que la pose a été trop courte : on y remédie en ajoutant de l'huile ou de l'encre taille-douce. Si, au contraire, l'encre est fortement happée partout et tend à produire une image voilée, ce qui est l'effet d'une surexposition ou d'une encre trop fluide, il faut durcir celle-ci par de petites additions d'encre lithographique. Une impression défectueuse est d'ailleurs facile à enlever par essuyage, à l'aide de chiffons très légèrement glissés sur la gélatine, ou par un tampon d'ouate imbibé l'essence, puis par une éponge douce gorgée d'eau, après quoi on recommence avec un mélange d'encres et d'huile mieux en rapport avec l'état de la couche impressionnée. Suivant la dureté de l'huile et la durée du tapotement au pied de biche, on obtient les effets es plus divers sur une épreuve donnée. Les pinceaux, après le travail,

---

1. Ne pas essorer au buvard ou à la toile, qui laisseraient des marques sur la surface. Si l'on veut réserver des marges blanches, on les protège par quatre bandelettes de bristol maintenues par des punaises.

seront lavés à l'essence minérale, puis à l'eau chaude savonneuse légèrement carbonatée, enfin rincés et séchés.

La gélatine sur laquelle repose l'encre grasse ne permet pas de donner aux blancs une matité parfaite, et l'éclat de l'image en est amoindri; d'autant plus que les noirs ont un aspect luisant, qui nuit à leur profondeur. En outre, la couche gélatineuse peut s'altérer, à la longue, sous l'influence de l'humidité. On évite ces inconvénients au moyen du *report*. La couche encrée est appliquée contre une feuille de papier (non gélatiné) encollé ou non, sur lequel l'encre est transportée par pression, soit à l'aide d'une machine pour impressions en taille-douce (v. fig. 77), soit en frottant le papier avec un objet dur à contours arrondis, tel qu'une pierre à brunir ou un ébauchoir en buis. Pour obtenir un beau *report*, il faut assurer un gonflement assez considérable de la gélatine correspondant aux blancs, en trempant l'épreuve primaire dans une solution d'ammoniaque à 10 p. 100 à la température de 16 à 20°. Si elle se gonfle mal, on l'immerge dans l'eau tiède pendant quelques secondes, et on la replonge aussitôt après dans le bain ammoniacal. Le papier n'a besoin d'être humecté que s'il n'est pas encollé.

**Oléobromie ou Bromoil.** — (C. W. Piper, 1907).

Pour les tirages rapides, au jour ou à la lumière artificielle, et notamment pour l'exécution des agrandissements, le procédé Rawlins peut être combiné avec l'ozobromie. L'image est d'abord exécutée sur papier au gélatinobromure, à émulsion épaisse (on en prépare de spéciales pour ce procédé); les clichés doivent être peu contrastés, et aucunement voilés. Enfin l'épreuve au bromure doit être fixée dans un bain sans alun, qui empêcherait le gonflement de la gélatine. Après lavage, l'épreuve est passée dans le bain à bichromate, bromure et ferricyanure dont on se sert dans le procédé ozobrome<sup>1</sup>. Les noirs blanchissent et sont, en même temps, rendi

1. On a également indiqué la formule suivante :

Eau . . . . .	650 cc.
Solution à 10 p. 100 de sulfate de cuivre . . . . .	260 —
— — — de bromure de potassium . . . . .	75 —
— 5 p. 100 de bichromate de potassium . . . . .	25 —

L'immersion durera environ cinq minutes (lumière du jour).

Le bain doit être renouvelé à chaque épreuve; il vaut mieux ne le préparer qu'au moment de l'emploi.

imperméables à l'eau, donc susceptibles de retenir l'encre grasse. L'épreuve, bien gonflée (au besoin, la mettre dans de l'eau légèrement tiédie ou faiblement ammoniacale), sera traitée comme dans le procédé Rawlins. Après l'encrage, il est facile de faire disparaître dans l'hyposulfite de soude les dernières traces de l'image primitive, ou, au contraire, de la faire reparaître avec toute son intensité dans un révélateur quelconque, si l'on préfère combiner les deux effets produits par le pigment gras et par l'image à l'argent.

**Procédés aux poudres.** — Ces procédés sont basés sur la propriété que possède la lumière de modifier les qualités hygrométriques de certaines substances. Si l'on frotte la surface impressionnée avec un pinceau chargé d'une couleur en poudre, celle-ci adhèrera aux endroits qui sont hygrométriques et collants, tandis que les endroits secs ne la happeront pas. La nature du phototype à employer varie suivant que la surface à recouvrir est sensibilisée au bichromate de potasse ou au perchlorure de fer, dont le mode d'action est tout opposé. Dans le premier cas, le phototype sera constitué par une image positive; dans le second, ce sera un négatif ordinaire.

1° *D'après un cliché positif.* — On coule sur une plaque de verre opale, à la lumière artificielle :

Eau . . . . .	100 cc.
Glucose . . . . .	5 gr.
Dextrine ou gomme arabique . . . . .	5 —
Bichromate d'ammoniaque . . . . .	5 —

On ajoutera un peu d'acide salicylique ou de thymol pour conserver longtemps en flacon sans moisissures.

Après dessiccation, on expose la plaque sous un positif transparent. Si l'on promène ensuite sur la plaque impressionnée un blaireau doux chargé d'une couleur très finement broyée<sup>1</sup>, cette poudre adhèrera à la couche sur les points protégés de la lumière par les opacités du diapositif. Quant aux endroits placés sous les transparences du cliché, comme la couche a perdu ses propriétés hygrométriques, elle ne retiendra point de pigment. Sur les demi-teintes, la poudre adhèrera faiblement, et, si l'exposition à la lumière

1. Il faut tenir devant le nez et la bouche un écran de carton ou de verre pour empêcher l'halkine d'arriver à la couche. Les poudres colorées peuvent être remplacées par du graphite, des métaux pulvérisés, etc.



a exactement duré le temps voulu, le modelé du cliché sera fidèlement reproduit.

Quand l'image est complète, on plonge la plaque dans une cuvette contenant parties égales d'alcool et d'acide chlorhydrique et on l'y laisse jusqu'à ce que tout le bichromate ait disparu. On fait sécher, puis on lave afin d'éliminer l'acide. L'image est enfin protégée des frottements au moyen d'un vernis en couche mince, ou de collodion.

2<sup>o</sup> *D'après un cliché négatif.* — Poitevin a découvert que les propriétés déliquescentes du perchlorure de fer disparaissent en présence de l'acide tartrique, pour reparaître ensuite sous l'action de la lumière. Le sensibilisateur est préparé en faisant dissoudre, d'une part, 22 grammes de perchlorure de fer dans 60 centimètres cubes d'eau, et, d'autre part, 8 grammes d'acide tartrique dans 60 centimètres cubes d'eau. Les deux solutions, filtrées séparément, sont réunies, puis additionnées de 80 centimètres cubes d'eau. Ce mélange est conservé à l'abri de la lumière.

Pour s'en servir, on en recouvre une glace dépolie à grain fin, et on laisse sécher pendant douze heures, à l'abri de la lumière et de la poussière.

L'impression s'effectue sous un négatif bien verni; elle dure à peu près le même temps qu'avec un papier au chlorure d'argent. L'image, très peu visible au sortir du châssis-presse, se dessine bientôt nettement, en blanc sur fond jaune, à mesure que les parties impressionnées absorbent l'humidité de l'air.

On applique alors sur la surface impressionnée un blaireau très doux préalablement trempé dans la poudre colorante. Cette poudre ne se fixe que sur les parties impressionnées, et en quantités proportionnelles à la lumière qui a traversé le cliché.

Quand l'image a acquis toute sa valeur, on peut la transporter sur papier. A cet effet, on la recouvre d'une couche de collodion normal, on la plonge dans l'eau jusqu'à disparition de l'aspect huileux de la surface, puis on verse une solution d'acide chlorhydrique étendu d'eau, pour détruire l'adhérence du collodion à la glace. On lave ensuite, afin d'éliminer l'acide, et on applique une feuille de papier non collé préalablement humectée. Cette feuille doit être plus petite que la glace. On chasse les bulles d'air à l'aide de la raclette on ramène tout autour de la feuille les bords de la pellicule de collo

dion qui la dépassent, et, soulevant le papier avec précaution, d'abord par l'un des coins, on enlève l'image sans la déchirer.

La pellicule de collodion est maintenant appliquée sur une feuille de papier gélatiné préalablement mouillée. Quand le contact est bien établi, on enlève la feuille qui a servi de support temporaire. L'image se trouve alors emprisonnée entre le papier gélatiné et la couche de collodion qui la préserve extérieurement et sert de vernis.

3<sup>o</sup> *Images métalliques sur fond noir.* — Les procédés par saupoudrage permettent de produire des effets analogues aux laques décorées du Japon. Comme on applique dans ce cas des poudres argentées, dorées ou bronzées sur un fond noir, il faut effectuer le tirage sous un positif si la couche est sensibilisée au perchlorure de fer, et sous un négatif si elle est sensibilisée au bichromate, contrairement aux procédés précédents, dans lesquels le pigment saupoudré constitue les ombres de l'image, et non pas ses parties les plus claires.

On emploie généralement un cliché négatif, et on prépare le sensibilisateur en faisant dissoudre :

A. Eau . . . . .	180 cc.
Sucre blanc . . . . .	10 gr.
Dextrine . . . . .	10 —
B. Eau . . . . .	30 cc.
Bichromate de potasse . . . . .	3 gr.

On mélange A et B, puis on ajoute 10 à 30 gouttes de glycérine suivant que l'atmosphère est humide ou sèche.

Cette liqueur est versée sur le support noir placé horizontalement. Les artistes japonais se servent à cet effet de planchettes de bois dur laqué qu'il est assez difficile de se procurer en Europe. On y supplée soit à l'aide d'une plaque de verre dont on enduit l'envers d'une couche de vernis noir, soit à l'aide de plaques de tôle émaillées en noir. Le liquide étant uniformément étalé à la surface de la plaque, on sèche rapidement sur une brique ou une bouillotte chauffée à 60°. La dessiccation doit s'effectuer, sinon dans l'obscurité complète, du moins à la lumière artificielle très faible, par exemple à la lueur d'une bougie. Il faut ensuite mettre en châssis et exposer à la lumière sans attendre que la plaque soit refroidie. Le tirage s'effectue en

huit ou dix minutes, à l'ombre, sous un négatif de densité moyenne. Rentrant alors dans le laboratoire faiblement éclairé, on passe sur la couche sensible un pinceau doux chargé d'une poudre métallique très fine (poudre d'aluminium ou bronzes pour dorures). L'image se dessine peu à peu, et, au bout de dix minutes environ, elle est complètement venue. On époussette alors rapidement l'excès de poudre, et on fixe en portant la plaque en pleine lumière. On peut ensuite recouvrir immédiatement la couche d'un vernis blanc, ou collodionner et laver afin d'éliminer les sels restés solubles.

La finesse de la poudre employée a une grande importance. Une poudre grossière donne des images dures, sans détails; les poudres les plus fines sont celles qui produisent les images les mieux modelées.

**Émaux.** — Les procédés par saupoudrage ont reçu de nombreuses applications dans l'exécution des émaux photographiques. Les couleurs employées dans ce cas sont des oxydes métalliques ou des émaux en poudre. Ce pigment une fois déposé sur la couche impressionnée, au lieu de transporter l'image sur papier, on la fixe sur une plaque de verre ou d'émail. On soumet le tout à la cuisson dans un moufle, et l'on obtient ainsi des images vitrifiées inaltérables.

Une autre méthode, plus commode, consiste à faire usage de papiers mixtionnés spéciaux. Les *papiers photocéramiques* que l'on trouve actuellement dans le commerce sont préparés à peu près comme les papiers au charbon, et contiennent des couleurs vitrifiables incorporées dans la gélatine. La sensibilisation et le tirage s'effectuent comme dans le procédé au charbon, et la couche est ensuite transférée sur le support vitrifiable. On dépouille dans l'eau chaude, et, après séchage, on soumet le tout à la cuisson. On exécute ainsi des émaux de grand feu ou des décorations sur verre et sur porcelaine.

Le procédé au charbon permet aussi d'exécuter des *simili-émaux*, sans cuisson. On emploie, dans ce cas, du papier au charbon ordinaire et on effectue le transfert, non plus sur papier, mais sur verre ou sur porcelaine. Après dépouillement et achèvement de l'image, on la recouvre d'un grand nombre de couches très minces d'un vernis dur et transparent, à l'ambre ou au copal, en ayant soin de ne passer une nouvelle couche qu'après dessiccation complète et durcissement de la couche précédente. Quand on a ainsi obtenu une couche assez

épaisse de vernis, on fait chauffer, dans le four d'un fourneau de cuisine ou dans une petite étuve, jusque vers 80° ou 90°. Cette température est maintenue pendant cinq ou six heures. On laisse ensuite refroidir, et on polit la couche de vernis, d'abord à la pierre ponce, puis à la potée d'étain, jusqu'à ce que la surface soit devenue parfaitement brillante.

**Hydrotypie.** — Ce procédé, inventé par Charles Cros en 1880, est fondé sur la propriété que possède la gélatine bichromatée de devenir imperméable à l'eau sous l'influence de la lumière. Pour obtenir une image positive par hydrotypie, il faut se servir d'un cliché *positif*. Si l'on expose sous ce phototype une plaque de verre recouverte de gélatine bichromatée, cette couche sera rendue imperméable sur les points correspondant aux parties claires du modèle, tandis qu'elle conservera sa perméabilité sur les points protégés de l'action lumineuse par les opacités du cliché positif.

Le tirage achevé, on lave la plaque afin d'en éliminer les sels restés solubles, et on l'immerge dans un colorant en solution aqueuse, par exemple dans un bain de fuchsine. Le liquide pénétrera facilement dans la gélatine demeurée perméable, mais il sera repoussé sur les points qui ont reçu l'impression lumineuse. On aura donc ainsi une image positive, de la couleur que l'on voudra. Il y a plus : une fois la plaque ainsi colorée par imbibition, on pourra l'appliquer sur une feuille de papier et en tirer une série de copies, en l'imbibant de nouveau quand l'impression sera devenue trop pâle. Il faut observer que les couleurs servant à l'imprégnation ou au tirage ne sont pas très stables à la lumière intense et prolongée.

Ce procédé a récemment fait l'objet de diverses applications : MM. A. et L. Lumière et M. Sanger Shepherd l'ont utilisé dans des tirages en couleurs, ainsi que M. L. Didier, qui, sous la dénomination de *pinatypie*, a combiné une série de couleurs spécialement préparées dans ce but.

On utilise de vieux clichés ou des plaques voilées, dont on ne laisse subsister que la gélatine par traitement à l'affaiblisseur de Farmer (p. 362) dans le premier cas, à l'hyposulfite dans le second. Après un lavage soigné et séchage, on les sensibilise par quelques minutes d'immersion dans une solution à 2 1/2 p. 100 de bichromate d'ammonium à laquelle on a ajouté goutte à goutte de l'ammoniaque jusqu'à ton jaune clair ; on sèche à l'obscurité. Après tirage sous une positive,

on lave à l'eau froide, et quand il ne se décharge plus de bichromate, on laisse sécher.

La teinture se fera en plongeant la plaque dans une solution (à 2 p. 100 environ) de colorants tels que le Rouge ponceau, le Jaune de quinoléine, le Vert naphthol, le Bleu diamine, le Carmin ammoniacal le Noir naphthol, etc. La durée est variable suivant la gélatine, la marque du colorant, etc.; la teinture peut toujours être reprise si elle est insuffisante, de même qu'elle peut être baissée par un passage de la plaque dans l'eau. Après un rinçage extrêmement sommaire, on « mordance » en plongeant cinq minutes, pour fixer le colorant, dans :

Eau . . . . .	100 gr.
Sulfate de cuivre . . . . .	2 —
Alun de chrome. . . . .	2 —

On lave cinq minutes et on sèche.

Si l'on veut transférer cette image sur papier, on emploie le papier transfert comme plus haut. On peut ensuite réimbiber la plaque de couleur pendant quelques minutes, et refaire un transfert sur un second papier, et ainsi de suite. On voit que ces tirages se font sans lumière ni dépouillement. C'est encore une véritable impression photocollographique.

**Teinture photographique.** — Ce procédé d'impression pigmentaire consiste à transformer en un mordant tinctorial la substance qui constitue l'image photographique. Il n'a guère d'intérêt que pour les tissus, et ses applications industrielles sont, en fait, à peu près inexistantes. Smith, en 1854, obtenait des tons rouges, jaunes, pourpres, bleus, verts, par les solutions ferriques, des tons chamois par le bichromate de potasse, et, en combinant les deux procédés avec le campêche, il variait les nuances. La double propriété que possèdent les sels de chrome d'être réduits par la lumière et de fixer certaines matières colorantes avait aussi permis d'obtenir quelques résultats intéressants. Persoz, en 1857, dans son cours au Conservatoire des arts et métiers; Kopp, en 1863, à la Société industrielle de Mulhouse, faisaient mention de cette particularité et des applications dont elle est susceptible. En 1866, Endemann perfectionnait ce mode d'impression, en ajoutant au sel de chrome un sel de vanadium, qui fournit un mordant plus énergique et une plus grande sensibilité.

Nous avons décrit le procédé moderne de Traube p. 288, le présentant comme un virage d'épreuves normales. Mais il n'est pas nécessaire que ces épreuves contiennent des sels d'argent; des papiers ou diapositives revêtus seulement de gélatine bichromatée peuvent, après tirage et lavage, s'imbiber des solutions colorantes choisies, qui ne se fixeront que sur les parties mordancées par le bichromate.

Les procédés aux sels de fer fournissent également des mordants tinctoriaux. Le tissu est sensibilisé par immersion dans le mélange, à volumes égaux, des deux solutions ci-après, récemment préparées.

A. Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	37 gr.
B. Eau . . . . .	100 cc.
Citrate de fer ammoniacal . . . . .	37 gr.

On sèche dans l'obscurité, on imprime sous le cliché négatif et on fixe dans l'eau. L'image ainsi obtenue est bleue, comme dans le procédé au ferro-prussiate. Le tissu est alors plongé dans une solution au millième de soude caustique, dans laquelle l'image disparaît. On lave d'abord à l'eau chaude, puis dans une solution chaude de phosphate de soude, et l'on rince de nouveau dans l'eau chaude. Pour redévelopper l'image, on passe le tissu dans une solution de gélatine à 5 p. 1 000 portée à la température de 70°. Au bout de deux ou trois minutes, on enlève le tissu, et on ajoute à la solution de gélatine le colorant choisi. Ainsi, pour obtenir une image en noir verdâtre, on fera dissoudre 5 grammes de nigroso-résorcine dans un litre de solution gélatineuse. On élève la température du bain à 80° et, quand le colorant est entièrement dissous, on replonge le tissu. L'image apparaît rapidement. Quand elle est à point, on rince à l'eau bouillante et on éclaircit les blancs par un savonnage à 70°. Pour obtenir une image bleue, on remplacera la nigroso-résorcine par la galloxyaniline; le brun d'anthracène donne des tons marrons; l'alizarine pour rouge, des tons violets. Cette méthode est due à M. Stewart F. Carter.

D'autres réactions ont été utilisées. Ainsi, les dérivés diazoïques et tétrazoïques sont susceptibles de donner avec le sulfite de soude des combinaisons moléculaires



qui ne possèdent plus la propriété de se copuler en formant des matières colorantes. Ces combinaisons étant détruites par l'action photo-chimique, MM. Lumière et Seyewetz ont appliqué cette propriété à l'impression des dessins sur étoffes. Le tissu est passé d'abord dans la solution du phénate alcalin ou de sel de l'amine, puis dans le diazosulfite alcalin, d'où il sort coloré. On l'expose alors à la lumière, sous un phototype, et il ne reste ensuite qu'à le laver à l'eau bouillante, qui élimine le mélange non impressionné, tandis que le colorant reste fixé sur les autres parties de l'étoffe.

On peut également tirer parti de ce fait que la lumière décompose les dérivés diazoïques, stables dans les conditions ordinaires. Le tissu est imprégné de la solution du diazoïque, puis séché et exposé à la lumière, sous un cliché. Une fois impressionné, il peut être soumis à deux sortes de développement. En effet, le résultat de l'action lumineuse est la formation d'un phénol : si on passe l'étoffe dans un bain de diazoïque, le colorant sera produit sur les parties réduites par la lumière, tandis que, si on passe en bain d'amine ou de phénate alcalin, le colorant ne se formera que sur les parties préservées de l'action de la lumière.

Le papier *Oxalid* pour tirages industriels de calques d'architectes, etc. est basé sur la réduction par la lumière d'un composé diazo-résorciné. Le développement-fixage se fait à sec, par l'exposition aux vapeurs d'ammoniaque, ce qui supprime l'allongement du papier dans les bains. Les traits noirs du calque viennent en brun-violet sur blanc.

M. Frank J. Farrel sensibilise la soie, préalablement lavée pour en enlever l'apprêt et les corps gras, en la plongeant, à la lumière jaune, dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Nitrite de soude . . . . .	5 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	10 cc.

Le tissu y séjourne cinq à six heures, en ayant soin d'agiter fréquemment, puis on les met à sécher sur un cadre, dans l'obscurité. On expose sous un cliché positif. Le développement s'opère à chaud, 35° environ, dans une solution contenant 0,5 p. 100 de soude caustique et 0,5 p. 100 d'un hydroxyde aromatique, qui varie suivant la couleur à obtenir. Ainsi, le bêta-naphtol donne des tons rouge-pourpre, qui, après rinçage dans l'eau et lavage sans une solution diluée d'acide

acétique, tournent à l'écarlate. L'alpha-naphitol donne un ton bleu rougeâtre; le résorcinal, un rouge brillant, qui, après le rinçage à l'acide acétique, passe à l'orangé-or.

## OUVRAGES A CONSULTER

- D. VAN MONCKHOVEN, *Traité pratique de photographie au charbon*, Paris (Mason et C<sup>ie</sup>), 1886.
- A. FISCH, *La Photographie au charbon*, Paris (Ch. Mendel), 1894.
- J.-A. LIÉBERT, *La Photographie par les procédés pigmentaires. La Photographie au charbon par transferts et ses applications*, Paris (Gauthier-Villars), 1908.
- CH. GAILLARD, *Traité pratique de photographie au charbon*, Paris (de Francia).
- G. CHÉRI-ROUSSEAU, *Méthode pratique pour le tirage des épreuves au charbon*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
- R. COLSON, *Les Papiers photographiques au charbon*, Paris (Gauthier-Villars), 1897.
- E. BÉLIN, *Manuel de photographie au charbon*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.
- E. COUSTET, *Le Procédé ozobrome*, Paris (Ch. Mendel), 1908.
- F. DILLAYE, *Le Tirage des épreuves en photographie*, Paris (J. Tallandier), 1903.
- GEYMET, *Traité pratique des émaux photographiques*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1885.
- GEYMET, *Traité pratique de céramique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1885. — *Héliographie vitrifiable*, 1889.
- R. D'HÉLIÉCOURT, *La Photographie vitrifiée*, Paris (Ch. Mendel), 1901.
- A.-F. VON HÜBL, *Die Ozotypie. Ein Verfahren zur Herstellung von Pigment Kopieen ohne Uebertragung*, Halle a/S. (W. Knapp).
- W. KOSTERS, *Der Gummidruck*, Halle a/S. (W. Knapp).
- MARTIN, *Les Procédés pigmentaires*, édition de la *Revue belge de photographie*, 1904.
- G. UNDERBERG, *Le Procédé au bromoïl*, Paris (P. Montel).
- A. MASKELL et R. DEMACHY, *Le Procédé à la gomme bichromatée ou Photo-aquateinte*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1905.
- C. PUYO, *Le Procédé à l'huile*, nouvelle édition, Paris (Ch. Mendel), 1911.
- H. QUENTIN, *Les Photo-bijoux (simili-émaux)*, Paris (Ch. Mendel).
- H. QUENTIN, *Le Procédé Ozotype*, Paris (Ch. Mendel), 1903.
- ROUILLÉ-LADEVÈZE, *Sépia-Photo et Sanguine-Photo*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
- E. ROUYER, *La Gomme bichromatée*, Paris (Ch. Mendel).
- DE VALICOURT, *La Photographie sur métal, sur papier et sur verre*, tome II, Paris (Encyclopédie Roret), 1851.
- R. DEMACHY, *Le Report des épreuves à l'huile*, Paris (Ch. Mendel), 1912.
- SPENCER-ADAMSON, *Photo-esquisses et Pointes-sèches*, Paris (P. Montel).
- Voir les ouvrages sur les tirages positifs en général, mentionnés à la fin des deux chapitres précédents.



## CHAPITRE XIII

## TERMINAISON ET MONTAGE DES PHOTOCOPIES

**Calibrage.** — Les épreuves destinées à être montées sur des cartes d'un format déterminé doivent d'abord être coupées exactement aux dimensions voulues<sup>1</sup>. On se sert pour cela d'un *calibre* (fig. 68-69) constitué par une plaque de verre ou de métal ayant à peu près le même format que la carte, moins les marges qu'il convient de laisser. De plus, en cas de montage à la colle liquide, il



Cl. Demaria-Lapierre.



Fig. 68-69. — Calibres.

faut tenir compte de la dilatation que subira le papier, une fois mouillé.

On place l'épreuve à rogner sur une feuille de zinc, une planche unie ou un carton rebuté, et on la recouvre du calibre, exactement repéré sur la partie à conserver. Appuyant alors de la main gauche sur le calibre, de manière à l'empêcher de glisser, on prend de la main droite un canif bien aiguisé, un tranchet de relieur, un vacci-nostyle, une lame de rasoir hors d'usage ou une pointe de cartonnier, et, se servant des bords du calibre comme d'une règle, on rogne tout autour de la photocopie, ce qui excède le format voulu. Les professionnels emploient des rogneuses à pédale, à grand débit.

On profite naturellement du rognage pour le faire de façon à rec-

1. Le découpage en rond se fait au moyen d'un coupe-épreuves à molette au bout d'un bras extensible monté sur pivot, ou tenu à la main et manié autour d'un calibre circulaire. Les découpages en figures géométriques de fantaisie sont rarement satisfaisantes pour le goût, comme le découpage aux ciseaux est bien rarement correct.

tifier l'horizontalité, si le sujet se trouve de travers sur la plaque. Il est rare aussi qu'il y ait lieu de rogner la même largeur sur les quatre bords : presque toujours la présentation se trouvera améliorée en rognant une marge plus qu'une autre. On s'en rendra compte en promenant par tâtonnements deux équerres rectangulaires en papier noir, de façon à limiter un tableau rectangulaire de dimensions

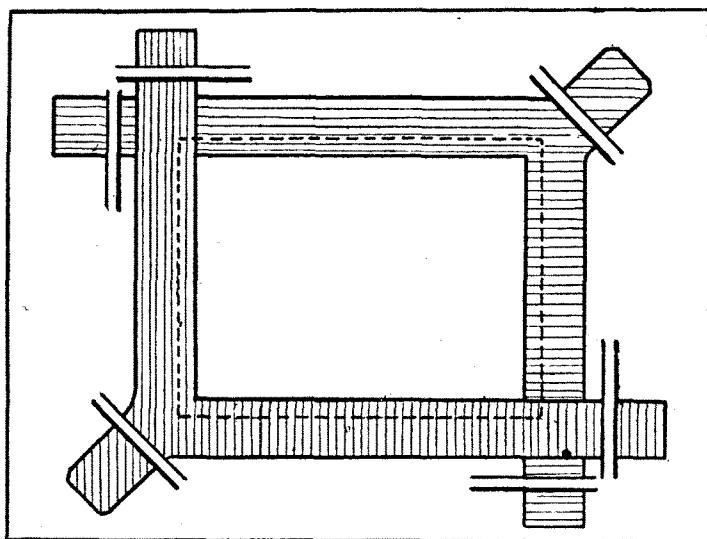


Fig. 70. — Cadre à glissières mobiles pour faire varier les dimensions de la partie à conserver dans l'épreuve.

et d'orientation variables. On coupera seulement une fois cette recherche effectuée. La figure 70 représente un « chercheur de coupe » à deux équerres mobiles imaginé par M. E. Pitois, et aussi commode d'emploi que facile à construire.

Pour les grandes épreuves, le calibre est remplacé par une équerre en verre épais, dont l'un des côtés porte des divisions gravées en centimètres et en millimètres.

Les épreuves une fois coupées, si l'on doit les monter à la colle liquide, il faut au préalable les faire détendre dans l'eau. En outre, si ce sont des papiers gélatinés, comme il est commode de les empiler pour les enduire de colle, il est nécessaire que la gélatine soit durcie à l'alun ou au formol, sans quoi les épreuves risqueraient d'adhérer les unes aux autres et de se déchirer quand on voudrait les séparer. Si donc les épreuves n'ont pas été durcies avant le séchage, comme

nous l'avons conseillé (p. 263), il sera indispensable de le faire avant de les coller.

DÉNOMINATIONS ET FORMATS					
DES CARTES EMPLOYÉES EN PHOTOGRAPHIE					
Carte Mignonnette.	3,5 × 6	cm.	Carte American . . .	19 × 33	cm.
— Visite. . . .	6,3 × 10,5	—	— Family . . . .	23 × 29	—
— Malverne . .	8 × 16	—	— — . . . .	22 × 34	—
— Victoria. . .	8 × 12,6	—	— Excelsior . . .	26 × 32	—
— Album . . . .	11 × 16,5	—	— — . . . .	25 × 38	—
— Promenade .	10,2 × 21	—	— Panel. . . . .	28 × 38	—
— Paris-Portrait	13 × 21	—	— — . . . . .	28 × 45	—
— Amateur . . .	9 × 12	—	— Royal. . . . .	38 × 48	—
— — . . . . .	13 × 18	—	— — . . . . .	38 × 55	—
— — . . . . .	15 × 21	—	— Portrait nature.	48 × 58	—
— — . . . . .	18 × 24	—	— — — . . . .	48 × 60	—
— Artiste . . . .	20 × 26	—			

**Montage à la colle liquide.** — La meilleure substance à employer pour cet usage est l'amidon de blé, qui fournit une excellente colle, facile à préparer et qui se conserve longtemps, quand on a eu soin de l'additionner d'un antiseptique. On met dans une casserole 100 centimètres cubes d'eau froide ou à peine tiède et 8 à 10 grammes d'amidon *tamisé* que l'on délaye avec une cuiller jusqu'à ce que le liquide soit devenu uniformément laiteux. On place alors la casserole sur le feu, et l'on tourne le mélange avec la cuiller, sans interruption, jusqu'à ce que l'on sente s'épaissir le liquide, qui perd alors son aspect laiteux et devient à demi transparent. On retire à ce moment la casserole du feu et, après avoir encore un peu tourné la pâte, on la laisse refroidir. On y ajoute, enfin, quelques gouttes de formol, afin de l'empêcher de se putréfier. Si l'on tient à avoir une colle parfaitement homogène, il est bon de la passer à travers une mousseline, mais l'essentiel est de ne pas cesser de tourner le lait d'amidon, pendant la cuisson.

D'autres projettent au contraire peu à peu l'amidon, broyé au mortier et tamisé, sur l'eau *bouillante*, en tournant continuellement. On peut encore délayer l'amidon à froid dans une partie de l'eau puis, une fois la bouillie bien homogène, la verser peu à peu dans le reste de l'eau bouillante en tournant.

On augmente (inutilement ici) la force adhésive en ajoutant avant refroidissement 10 p. 100 d'alun, ou un peu de colle forte ou de gomme arabique dissoutes.

Les épreuves, bien détendues dans l'eau (une immersion de cinq à six minutes est suffisante), sont sorties une à une de la cuvette et empilées sur une glace, l'image en dessous. Il faut les poser l'une sur l'autre en éventail, c'est-à-dire sans que leurs angles coïncident, de telle sorte qu'un coin au moins de chaque épreuve porte directement sur la glace : si tous les papiers étaient exactement superposés, il serait difficile d'en soulever un sans endommager ceux qui se trouvent dessous. Les épreuves étant ainsi réunies, on presse légèrement le paquet, de manière à chasser l'excès d'eau qu'elles ont retenue, et l'on enduit de colle, avec un pinceau large et plat (« queue de morue ») celle qui se trouve placée au-dessus. On la soulève ensuite, en glissant l'ongle ou la pointe d'un canif sous le coin en contact direct avec le verre. Tenant alors l'épreuve des deux mains et rapprochant légèrement ses deux extrémités, de manière qu'elle soit un peu courbée, on la retourne et la dépose sur le carton, d'abord par le milieu, après quoi on laisse retomber lentement les deux extrémités. Ce tour de main a pour but de bien placer l'épreuve sur le carton. Néanmoins, si elle ne se trouve pas exactement dans la position voulue, on la fera facilement glisser, en appuyant les doigts dessus et en exerçant une traction régulière.

Il reste presque toujours un peu d'air emprisonné entre le papier et le carton; on le reconnaît à des cloches très apparentes, que l'on fait disparaître en appliquant sur l'épreuve une feuille de buvard blanc bien propre que l'on frotte en tous sens, soit avec la paume de la main, soit avec un coupe-papier, soit avec un rouleau de caoutchouc. On laisse ensuite sécher.

Les quatre marges entre l'épreuve et le carton ne doivent pas être égales : la marge inférieure est toujours plus grande que la supérieure. Les latérales sont généralement égales à la supérieure pour les épreuves « en hauteur », à l'inférieure pour celles « en largeur ». L'inégalité entre les deux marges latérales, avec décentrement de l'épreuve vers un angle, est une excentricité fréquente aujourd'hui, mais bien rarement justifiée par un effet spécial qui la rende logique ou admissible.

On enduit alors de colle la seconde épreuve; on la saisit, comme

la première, en soulevant l'angle en contact avec la glace, et l'on recommence les manipulations qui viennent d'être décrites.

Les épreuves collées seront superposées en pile sur un buvard propre, face en dessous, et laissées sécher sous pression modérée.

**Satinage.** — Les photocopies montées à la colle liquide perdent généralement une partie de leur brillant, une fois sèches. De plus, le carton, inégalement dilaté par l'humidité, reste gondolé. Autant pour donner le lustre aux épreuves que pour redresser leur support, les photographes ont longtemps eu l'habitude de les *satiner*, à l'aide de presses spéciales. Le satinage s'opère à froid ou à chaud, mais il se fait de moins en moins, aujourd'hui où les épreuves mates sont en vogue ailleurs que dans les noces de village.

La presse à satiner à froid est ordinairement constituée par une plaque de fonte polie sur laquelle un rouleau de même métal est serré plus ou moins fortement au moyen de vis de réglage. On fait passer l'épreuve entre la plaque et le rouleau, et le laminage que subit le carton le redresse complètement. L'épreuve satinée à froid présente une surface lisse, d'un très bel effet dans les grands formats. Pour les petites cartes, le public préfère le plus souvent une surface franchement brillante, qui s'obtient par le satinage à chaud.

Une presse combinée de manière à satiner soit à froid, soit à chaud, se compose de deux cylindres métalliques, l'un poli et l'autre cannelé, formant laminoir. Une vis commandée par un volant règle la pression. Un autre volant, muni d'une manivelle, sert à mettre les cylindres en mouvement. L'épreuve est passée entre les rouleaux de telle sorte que l'image soit en contact avec la surface polie, tandis que le dos du carton porte sur la surface cannelée, dont le rôle est de faciliter son entraînement régulier. En chauffant le cylindre poli, au moyen d'une rampe à gaz ou de lampes à alcool, on rend l'épreuve plus brillante. Il faut éviter cependant que le rouleau soit chauffé au delà de 60° ou 70°. Une température trop élevée roussirait le papier ou le détacherait du carton. C'est pourquoi un thermomètre est adapté au socle de la presse.

Certaines presses, destinées uniquement au satinage à chaud, se composent seulement d'un rouleau cannelé et d'un couteau fixe poli que l'on fait chauffer au gaz ou à l'alcool. Dans ce cas, il est nécessaire de faciliter le glissement des cartes, car le moindre arrêt se traduirait par des raies luisantes indélébiles. On enduit, à cet

effet, la surface de l'image de cire ou de savon. Le plus simple est de frotter un morceau de savon de Marseille sur une pièce de drap ou de flanelle, jusqu'à ce que l'étoffe paraisse bien graissée. On en frotte alors la surface de l'épreuve. On peut aussi frotter d'un peu d'encaustique (savon dans l'alcool, ou cire dans de la benzine mélangée de térébenthine). On obtient le maximum d'effet en repassant par deux ou par trois fois l'épreuve sous le cylindre, en serrant un peu plus à chaque fois.

**Montage à sec.** — Les épreuves mouillées s'allongent un peu plus dans un sens que dans l'autre, et il en résulte une légère déformation de l'image, sans inconvénient dans la plupart des cas, mais qu'il est cependant nécessaire d'éviter dans les reproductions de haute précision, et même dans les grands portraits, le visage se trouvant quelque peu aminci ou élargi, suivant le sens dans lequel le papier a été mis sous le cliché<sup>1</sup>. Le montage humide provoque également le gondolage du carton, et le seul moyen d'y remédier est le satinage. Encore cette opération ne convient-elle pas aux papiers artistiques dont la surface est veloutée. En outre, les supports souples, tels que certains papiers feutrés, ne se prêtent pas à ce mode de montage. Du reste, les papiers à la gomme bichromatée sont difficiles à bien coller à l'état humide, en raison de l'extrême fragilité du pigment. Enfin, la colle liquide sert quelquefois de véhicule à diverses substances solubles restées dans la pâte du carton, et c'est là une cause fréquente d'altération des images. Signalons aussi la présence fréquente d'hyposulfite dans la pâte du papier.

Tous ces motifs font préférer dans bien des cas le montage à sec, qui consiste à remplacer la colle liquide par un adhésif en feuille, fusible à une température peu élevée. L'idée de cette combinaison remonte au moins à 1867. A cette époque, Robinson appliquait, au dos de l'épreuve ainsi que sur le carton, une colle au caoutchouc dissous dans la benzine. Après la mise en contact, il faisait adhérer en passant à la presse à satiner<sup>2</sup>. Dobler, en 1895, vendait de la gutta-percha en feuilles très minces destinées à servir d'adhésif à sec : on en coupait un morceau de la dimension de l'épreuve, on le plaçait

---

1. On a même utilisé cette légère déformation, ainsi que nous l'avons dit, pour compenser une maigreur ou une obésité fâcheuses.

2. *British Journal of Photography*, 1867, p. 311.

entre le papier et le carton, et on passait sur le tout un fer à repasser modérément chauffé. Plus récemment MM. Derepas ont combiné un adhésif à la gomme laque, ainsi qu'une presse spéciale très bien comprise.

M. Briand a fait connaître le mode de préparation d'un adhésif qui donne de bons résultats :

Gomme laque blanche ou blonde. . . . .	30 gr.
Gomme élémi . . . . .	3 à 6 —
Baume du Canada sirupeux. . . . .	5 —
Glycérine . . . . .	3 —
Alcool à brûler, 1 <sup>er</sup> choix . . . . .	100 cc.

On dissout d'abord dans la moitié de l'alcool la gomme élémi et le baume du Canada, et dans l'autre moitié la gomme laque. On mélange les deux solutions et l'on ajoute la glycérine.

Les pellicules adhésives que l'on trouve dans le commerce sont constituées par des feuilles de papier très mince, comme le papier des copie-lettres, que l'on a trempées dans une solution analogue à la précédente.

Pour procéder au montage, on réunit d'abord l'adhésif et l'épreuve. On prend une feuille adhésive un peu plus grande que l'épreuve et on applique celle-ci face en dessous sur une surface lisse, telle qu'un carton bien sec. Avec un petit fer spécial, préalablement chauffé sur une lampe à alcool, on fait adhérer par un point l'épreuve à l'adhésif : une légère pression du fer chaud est suffisante. L'épreuve et l'adhésif ainsi accouplés sont alors calibrés simultanément à l'aide d'un calibre en verre ou en zinc. On place ensuite l'épreuve sur le carton support que l'on a choisi, en ayant soin qu'elle s'y trouve exactement dans la position voulue. On la maintient d'une main, pendant que de l'autre on la fixe provisoirement en y appliquant le petit fer chaud. On évite ainsi le déplacement de l'épreuve au moment de la placer sur le plateau de la presse. L'adhésif peut être laissé plus grand que l'épreuve, forme autour d'elle une marge étroite d'un bon effet, d'une nuance différente de celle du carton.

La presse rappelle un peu, par son aspect général, les appareils à copier les lettres; seulement, le plateau supérieur est creux et contient une rampe à gaz ou un réchaud à alcool. On y adapte à volonté, soit une plaque de zinc nickelé, pour les épreuves brillantes, soit une plaque dépolie, pour les épreuves mates. La presse

effectuée ainsi à la fois le montage et le satinage. Un thermomètre indique la température, qui doit être réglée selon la nature des épreuves :

Papiers au charbon . . . . .	65°
Papiers au citrate. . . . .	de 75° à 80°
— à l'albumine. . . . .	90°
— au gélatinobromure. . . . .	90°
— mats genre platine. . . . .	95°

La pression doit être assez forte, sans exagérer cependant, et dure environ cinq secondes. Cependant, pour coller les papiers au gélatinobromure de forte épaisseur, il faut prolonger la pression de quinze à vingt secondes.

La même presse sert également à produire des gaufrages ou estampages, sur des cartons lisses ou grainés, en intercalant des plaques de formes et de surfaces différentes limitant la pression à une partie seulement du support.

L'emploi d'une presse particulière n'est pas absolument indispensable pour monter les épreuves à chaud, et l'on réussit parfaitement avec un simple fer à repasser modérément chauffé<sup>1</sup>, en prenant la précaution d'interposer une feuille de papier entre le fer chaud et l'épreuve. On peut même se passer de feuilles imprégnées d'adhésif, et appliquer au pinceau la solution alcoolique de gomme laque et de baume indiquée par M. Briand. Toutefois, cette mixture ne doit pas être passée directement au dos d'une épreuve ordinaire, car elle tacherait l'image. Il faut, au préalable, enduire le papier d'un encollage destiné à empêcher la pénétration de la solution alcoolique. On appliquera donc au verso des épreuves la solution suivante, également indiquée par M. Briand :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Gomme arabique. . . . .	200 gr.
Formol. . . . .	50 cc.
Glycérine . . . . .	15 —

On laisse sécher les épreuves ainsi gommées, et l'on y étend au pinceau la solution adhésive. On fait sécher cette première couche

1. On sera sûr de ne pas dépasser 100° en chauffant le fer par immersion dans l'eau bouillante. Le fer électrique, convenablement réglé, est fort commode à cause de la constance de sa température.



et on en passe ensuite une seconde. Pour coller l'épreuve, il suffit alors de l'appliquer sur le support qui doit la recevoir et de passer un fer chaud, en interposant une feuille de papier blanc. On soumet enfin le tout à une forte pression, par exemple sous une presse à copier.

Pour détacher de son support une épreuve montée à chaud, il suffit de la faire chauffer modérément : le papier se sépare de lui-même.

L'épreuve montée sur carton était jadis bombée (dans le cas des portraits) par pression entre une matrice concave et une convexe, elliptiques, par un coup de presse. Aujourd'hui, la mode est d'estamper au contraire en creux par la pression d'une plaque rectangulaire qui a la prétention d'imiter le refoulement produit sur les gravures en taille-douce et à l'eau-forte, par la pression de la planche.

**Glaçage ou émaillage.** — Les épreuves tirées sur papier gélatiné sont susceptibles d'acquérir un aspect très brillant, sans passer par la presse à satiner. Il suffit à cet effet de les appliquer toutes mouillées sur une surface polie et de les y laisser sécher. Cet aspect miroitant, quoique fort commun, est recherché par beaucoup d'amateurs, surtout pour les images de très petit format. Aussi convient-il d'indiquer la manière de l'obtenir, malgré son caractère peu artistique. Cette application se fera naturellement avant le montage sur carton.

On trouve dans le commerce des plaques de tôle laquée<sup>1</sup> très brillantes destinées à l'émaillage des épreuves, mais on peut se servir aussi d'une glace bien polie, à la condition de l'enduire au préalable d'une substance propre à empêcher l'adhérence du papier gélatiné. Il suffit pour cela de frotter la glace avec un tampon de coton couvert de talc en poudre, puis avec un second tampon bien propre pour enlever toute trace visible de talc.

Un bon moyen de talquer sûrement et complètement la glace, est de plonger un pinceau dans de l'essence minérale, puis dans le talc, et d'en barbouiller le verre en tous sens. Quand la surface est sèche,

---

1. Elles sont recouvertes d'une solution de bitume de Judée dans la benzine, filtrée; puis exposées à la lumière (à l'abri de la poussière) après évaporation. Une telle tôle qui a perdu son brillant par l'usage peut être encaustiquée comme il est dit plus loin. On a aussi employé des feuilles d'ébonite polie.

on l'essuie en frottant avec un linge doux ou une peau, et l'on applique l'épreuve mouillée.

On peut remplacer le talc par l'encaustique suivant :

Benzine . . . . .	500 cc.
Cire de spermaceti. . . . .	5 gr.

Cette solution est appliquée sur la glace au moyen d'un tampon d'ouate. Quand toute la surface en est couverte, on la frotte avec un morceau de flanelle jusqu'à ce que la glace soit sèche.

L'épreuve bien imprégnée d'eau est appliquée, du côté gélatiné, contre la surface polie. On pose sur le papier un morceau de toile cirée ou caoutchoutée, que l'on presse en tous sens à l'aide d'une raclette ou d'un rouleau souple, de manière à chasser toutes les bulles d'air interposées entre la gélatine et la plaque. On enlève ensuite la toile imperméable, et on laisse sécher le papier à l'air libre sur le support poli, d'où il ne doit être séparé qu'après parfaite dessiccation. Il faut éviter de faire sécher au soleil ou à la chaleur, car l'épreuve serait gondolée. Quand le papier est bien sec, il se détache de lui-même, en soulevant au besoin un angle, que l'on tire.

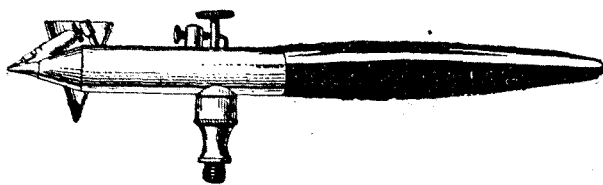
Une fois émaillée, l'épreuve ne doit plus être mouillée, car la gélatine imbibée d'eau reprendrait en séchant l'aspect qu'elle avait avant l'émaillage, qu'il faudrait recommencer. On peut cependant monter à la colle liquide une épreuve émaillée, en procédant de la façon suivante. On fait dissoudre dans l'eau de la gomme arabique additionnée d'un antiseptique, tel que le thymol ou l'acide salicylique, et on filtre sur du coton. Cette colle se conserve plusieurs mois. On en enduit le dos des épreuves placées sur la plaque d'émaillage, avant qu'elles soient sèches. La dessiccation achevée, on enduit le papier d'une nouvelle couche de gomme et on l'applique aussitôt sur le carton. L'adhérence est facilitée en passant un rouleau de caoutchouc sur l'épreuve recouverte d'une feuille de buvard blanc. Le brillant de la surface reste ainsi parfaitement intact.

**Retouche des photocopies.** — La retouche étant exécutée sur les clichés, il est rare que les petites épreuves soient chacune l'objet d'un travail long et minutieux. On se borne, le plus souvent, à un simple *repiquage*, qui consiste à enlever les petits points noirs ou blancs provenant soit de trous dans la couche du négatif, soit

de poussières interposées pendant le tirage entre le phototypé et le papier sensible.

Pour faire disparaître les points noirs, sur les papiers mats, on se sert du grattoir; sur les papiers brillants, il vaut mieux appliquer du blanc gouaché additionné de gomme, posé par petites touches à l'aide de pinceaux très fins. Les points blancs sont « bouchés » soit au crayon, soit au pinceau chargé de couleur d'aquarelle gommée. Nous ne pouvons que nous en tenir à ces indications générales, la retouche étant un art tout de pratique.

Les grandes épreuves exigent souvent une retouche plus importante. C'est le cas, notamment, pour les agrandissements, comme



Cl. Sté Franco-Américaine.

Fig. 71. — Pinceau à air.

on le verra plus loin (chap. XXIII). Cette retouche est effectuée, suivant l'effet à réaliser, au moyen de crayons noir-mat, de graphite, de « sauce-velours », de pinceaux, ou de pul-

vérisateurs spéciaux dont le plus parfait est le *pinceau à air*. Ce dernier instrument (fig. 71) projette la couleur par l'air comprimé (par pédale ou en réservoir), qui la divise en minuscules gouttelettes. En approchant plus ou moins le jet du papier, on obtient des traits vigoureux ou des effets d'estompe, des demi-teintes fondues très délicates; un pointeau réglable permet de faire varier le débit, la pression de l'air, etc.

La retouche doit évidemment être de même teinte que l'image. Il est quelquefois difficile d'obtenir exactement le même ton par des mélanges de couleurs. Du reste, la retouche étant tantôt plus, tantôt moins altérable que le pigment constitutif de l'image photographique, il en résulte, à la longue, des différences choquantes. Le mieux est donc d'utiliser dans la retouche une substance identique à celle dont est formée la photocopie. Ainsi, pour retoucher une épreuve au gélatinobromure, si l'on a eu soin d'employer un papier plus grand que le cliché, l'image se trouve entourée de marges qui ont repris au développement le même ton que les grandes ombres du positif. On rogne ces marges, et on les met dans l'eau chaude

qui dissout la gélatine colorée : il n'y a qu'à recueillir cette gélatine et à s'en servir en guise de couleur.

De même, dans le procédé au charbon, la retouche devra être exécutée à l'aide de la mixtion prélevée sur un petit morceau de papier identique à celui qui a servi au tirage de l'épreuve.

Parfois la retouche, loin de rester dissimulée, prend une importance qui laisse l'image photographique réduite à un guide pour le dessin et à une mise des tons à leur valeur : ces épreuves bâtardes, tenant autant du dessin que de la photographie et bien rarement artistiques, sont baptisées le plus souvent « pointes-sèches ».

**Coloriage.** — On emploie tantôt des couleurs solides, tantôt des colorants en solutions aqueuses ou alcooliques.

1. *Peinture à l'huile.* — Il faut d'abord étendre sur l'épreuve, avec un blaireau large et fin, une solution chaude de gélatine blanche à 3 p. 100. Quand ce médium est bien sec, on y applique les couleurs. On se sert habituellement dans ce but de couleurs transparentes ou *laques*, sous lesquelles l'image photographique reste visible. On rehausse seulement les grandes lumières par quelques touches de blanc d'argent, pur ou additionné de jaune. Quelques artistes emploient cependant des couleurs opaques, comme les ocres, le jaune de chrome, la terre de Sienne, etc., et peignent à pleine pâte, de manière à faire complètement disparaître la photographie. Il faut alors une grande habileté et une connaissance parfaite du dessin, pour éviter ces effets lourds qui détruisent absolument la pureté des contours et les délicates demi-teintes caractéristiques de l'image de la chambre noire.

2. *Peinture à l'aquarelle.* — Les couleurs à l'eau ne prennent pas directement sur les papiers albuminés et gélatinés. Cependant, on arrive généralement à les appliquer, après avoir passé à la surface de l'épreuve une pomme de terre fraîchement coupée. Néanmoins, il est préférable de recouvrir l'image à colorier d'un vernis tel que :

Alcool . . . . .	100 cc.
Gomme laque blanche . . . . .	10 gr.

Cette solution, reposée pendant vingt-quatre heures et filtrée, est placée dans un vaporisateur à l'aide duquel on en recouvre l'image, jusqu'à ce que la surface paraisse légèrement humide. Le vernis est sec au bout de dix minutes environ, et retient alors facilement les

couleurs à l'aquarelle. Le fixage de l'épreuve ne devait pas comporter d'alun.

Il est évident que les noirs ne doivent pas être intenses s'ils doivent être recouverts d'une couleur transparente.

Une autre méthode, applicable seulement aux papiers gélatinés, consiste à pousser le tirage ou le développement de manière à obtenir une image beaucoup trop foncée. Plongeant alors l'épreuve dans l'eau chaude, on en fait fondre la gélatine, et il ne reste plus sur le papier qu'une très faible image, insuffisante pour ne recevoir qu'une légère enluminure, mais sur laquelle l'artiste pourra exécuter une peinture avec tout son modelé. Elle n'est donc qu'un guide, et le résultat vaut ce que vaut le talent de l'artiste : trop souvent peu de chose....

Quant au papier à la celloïdine, il ne faut y appliquer des couleurs à l'eau qu'après y avoir étendu quelques gouttes d'essence de térébenthine dont on fait ensuite évaporer l'excès à une douce chaleur. Pour que la couleur ne devienne pas terne en séchant, mais conserve son brillant, il est bon d'y ajouter un peu de sirop de gomme ou d'albumine.

3. *Colorants en solutions.* — Les colorants solubles, tels que ceux désignés sous le terme générique de *couleurs d'aniline*,\* s'appliquent assez facilement sur les épreuves. Les couleurs solubles dans l'alcool prennent bien sur les surfaces collodionnées; celles que l'on prépare en solutions aqueuses s'appliquent facilement sur la gélatine et sur l'albumine. C'est d'ailleurs à l'aide de ces substances que sont colorés les diapositifs, destinés à la projection ou à la stéréoscopie. Ces colorants font un très bel effet sur les images vues par transparence, mais sur les papiers destinés à être examinés par réflexion, l'effet est souvent lourd et criard, quand la couleur est déposée au-dessus de l'épreuve. Il est préférable de colorier les épreuves *par le dos*. On se sert alors de colorants solubles dans l'alcool. L'épreuve est placée, avant d'être collée, sur un pupitre à retouche, l'image en dessous, visible par lumière transmise à travers le papier. La couleur est appliquée au dos, et la solution alcoolique traverse le papier de part en part, mais ne pénètre pas la gélatine. Le coloris joue ainsi sous l'image photographique, et l'effet en est singulièrement adouci, les petites défauts disparaissant sous l'image, qui conserve ses moindres détails sans rien perdre de son modelé.

On peut même appliquer ces couleurs au dos d'épreuves rendues franchement transparentes par un vernis gras.

## OUVRAGES A CONSULTER

- GANICHOT, *Retouche des épreuves*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Ch. Mendel).
- VAN KARL, *La Miniature photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
- KLARY, *L'Art de retoucher en noir les épreuves positives sur papier*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
- KLARY, *L'art de retoucher les négatifs photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1918.
- G. MERCATOR, *Anleitung zum Kolorieren photographischer Bilder jeder Art mittels Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell-, und anderen Farben*, Halle a/S. (W. Knapp).
- A. SCHAEFFNER, *La Fotominiatura*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.
- L. DORMOY, *La Photominiature*, Paris (J. de Francia).
- DE BÉROVILLE, *Petit Manuel de Retouche*, Paris (Mazo).

## CHAPITRE XIV

## LES DIAPOSITIFS

**Notions générales.** — On appelle *diapositifs* ou *images diapositives* (du grec *διά*, à travers) les photographies destinées à être vues par transparence, comme les vitraux. On peut utiliser, à cet effet, tous les procédés qui servent à exécuter des épreuves sur papier. Ainsi, il est facile de sensibiliser une plaque de verre enduite de gélatine (clichés manqués ou plaques voilées, dépouillés de leur sel d'argent par affaiblisseur Farmer renforcé) :

Eau . . . . .	100 cc.
Hyposulfite de soude. . . . .	6 gr.
Ferricyanure de potassium . . . . .	3 —

En la plongeant dans des solutions de ferricyanure de potassium et de citrate de fer, on obtient ainsi une épreuve transparente bleue. Voir les formules de sensibilisation p. 296. Le procédé au charbon fournit de très belles images transparentes inaltérables : le papier mixtionné est alors transféré sur une plaque de verre. Néanmoins, ces procédés ne sont utilisés que très exceptionnellement, et, en pratique, on s'en tient presque exclusivement au gélatinobromure.

Il est facile d'obtenir un positif transparent sur une plaque sensible ordinaire, soit en l'impressionnant au châssis-pressé sous un cliché négatif, soit en l'exposant dans la chambre noire si l'on veut obtenir une reproduction réduite ou amplifiée. Dans ce cas, le cliché est placé en avant de l'objectif, derrière un verre dépoli qui tamise la lumière et l'éclaire d'une manière uniforme. Une chambre à trois corps (fig. 1) est très commode pour cette opération : l'objectif est placé sur le cadre du milieu, et le cadre antérieur porte une série d'intermédiaires, de façon à recevoir les clichés de divers formats. Le soufflet antérieur empêche la lumière d'arriver à l'objectif ailleurs que par le cliché.

Les plaques rapides ne sont que rarement utilisées à cette application<sup>1</sup>. Leur grain ne permet pas d'obtenir des images très fines, et quelques-uns des détails du phototype risquent d'être perdus. En outre, la manipulation est plus longue (mise en châssis, mise au point, réglage de l'éclairage) que dans un tirage par contact. Aussi fabrique-t-on des plaques spécialement préparées pour l'exécution des diapositifs. Leur émulsion, peu mûrie, est relativement lente, mais ce défaut de sensibilité n'offre aucun inconvénient, et évite le voile; de plus, les images qu'elles fournissent sont d'une remarquable finesse. Alors qu'il est pratiquement impossible à un amateur de fabriquer soi-même des plaques négatives qui aient la rapidité, la pureté et la régularité indispensables, il peut préparer des plaques diapositives de qualité convenable et revenant à un prix modique, s'il en consomme beaucoup et qu'il soit, d'autre part, soigneux. On préparerait les trois solutions suivantes :

1. On peut transformer en bonnes diapositives des plaques (négatives ou spéciales) qui auraient vu le jour par accident, pourvu que la couche soit restée en bon état par ailleurs. On les plonge (à la lumière rouge ou verte, bien entendu, ainsi que pour la suite du traitement jusqu'au tirage) dans l'une des solutions « régénératrices » qui suivent (voir aussi p. 154) :

Eau . . . . .	100 cc.
Bichromate de potassium ou : acide chromique.	0 gr. 5
(5 minutes.)	

ou :

Eau . . . . .	100 cc.
Bromure de potassium . . . . .	0 gr. 6
Chlorure de cuivre. . . . .	5 gr.
(10 minutes.)	

Après sensibilisation, laver et sécher. Ne pas trop tarder à utiliser.

Si c'est une fois le développement commencé que l'on s'aperçoit que la plaque n'est pas impressionnée ou sera inutilisable, continuer le développement en pleine lumière jusqu'à noircissement complet; puis, après passage à l'eau mais sans fixer, plonger (à la lumière rouge désormais) dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Bichromate de potassium. . . . .	1 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	1 —

Une fois blanchie, laver et sécher à l'obscurité.



- A. Gélatine Nelson, qualité photographique : 14 gr., à laisser gonfler dans l'eau; puis laver dans plusieurs eaux et éponger.
- B. Gélatine gonflée ci-dessus. . . . . 10 gr.  
 Chlorure d'ammonium . . . . . 3 —  
 Bromure d'ammonium . . . . . 3 —  
 Eau distillée . . . . . 20 —
- C. Eau distillée . . . . . 40 —  
 Nitrate d'argent cristallisé . . . . . 9 —

Chauffer au bain-marie B et C. Dans le cabinet noir, verser C dans B d'un seul coup (dans un beurrier ou terrine très bien lavé et enveloppé de feutre et de papier pour ralentir le refroidissement), en remuant avec un agitateur en verre propre; ajouter le restant de la gélatine gonflée. — Laisser figer par refroidissement, recouvrir l'émulsion d'un peu d'alcool, le récipient d'un carton ou plaque de verre, et laisser en repos huit à dix jours, dans l'obscurité absolue et à température moyenne.

Au bout de ce temps, vidanger l'alcool, égoutter, couper la masse en fragments qu'on lavera à *une eau seulement*. Fondre au bain-marie, filtrer à chaud, couler en couche bien mince sur plaques de verre *parfaitement* nettoyées<sup>1</sup> et chauffées, laisser refroidir horizontalement : tout ceci à l'obscurité (A. Blanc).

Ces plaques servent à obtenir les diapositifs destinés à la projection, au stéréoscope ou au montage dans des verrières, sous forme de vitraux. Le ton de ces images diffère suivant le temps de pose et la composition du révélateur. On le modifie, du reste, à l'aide de divers virages.

Nous citerons, à titre d'exemple, le mode de traitement des plaques Lumière. La société Lumière fabrique deux sortes de plaques pour diapositifs : les plaques à tons noirs et les plaques à tons chauds.

**Plaques à tons noirs.** — Ces plaques sont plus lentes que celles qui servent à l'exécution des clichés, mais leur sensibilité est cependant assez grande pour qu'il soit nécessaire de ne les manipuler qu'en lumière rouge ou verte. Elles sont indifféremment

---

1. Après lavage à l'eau chaude avec carbonate de soude, puis rinçage, immerger dans solution chaude de bichromate de potassium à 5 p. 100 avec 1 p. 100 d'acide sulfurique. Après 10 à 15 minutes (agiter dans ce bain, mais sans y plonger les doigts), rincer à l'eau *distillée* et sécher à l'abri de la poussière.

applicables aux impressions par contact, par réduction ou par agrandissement. Par contact, sous un cliché de densité moyenne placé à 50 centimètres d'un bec de gaz papillon, la durée du tirage est approximativement de cinq secondes. Le temps de pose est naturellement beaucoup plus long quand la plaque est impressionnée dans la chambre noire : il varie, comme toujours, suivant l'intensité de la lumière et l'ouverture de l'objectif.

Tous les révélateurs conviennent au développement de ces plaques, mais le diamidophénol leur est particulièrement favorable, ainsi que le paramidophénol. Le ton obtenu est un beau noir bleuté, que l'on peut modifier par les virages qui seront indiqués plus loin. Le fixage est le même que dans les procédés négatifs. Les contrastes sont d'autant plus marqués que le développement a été plus prolongé.

**Plaques à tons chauds.** — Ces plaques sont assez lentes pour qu'on puisse les manipuler à la clarté d'une lampe ordinaire, pourvu qu'elles en soient éloignées d'au moins 3 ou 4 mètres. Toutefois, il vaut mieux se servir d'une lanterne à verre jaune. L'émulsion supporte des écarts de pose très considérables; ainsi, le tirage par contact à 10 centimètres d'un bec papillon peut varier de quinze secondes à quinze minutes, mais la tonalité de l'image varie suivant son degré d'impression. Pour obtenir des résultats constants, le mieux est d'employer pour source de lumière un ruban de magnésium dont on fait brûler une longueur déterminée à une certaine distance du châssis.

Si l'on fait brûler 5 centimètres de ce ruban (dont la largeur est de 2,5 millimètres) devant un cliché de densité moyenne, on obtiendra un ton sépia chaud, si le châssis est placé à 30 centimètres du foyer lumineux. Si on rapproche le châssis-presse, les tons deviendront de plus en plus chauds, jusqu'aux tons sanguine et jaune-rouge. Si, au contraire, on l'éloigne, la tonalité de l'image tendra au vert. Ces nuances sont celles que l'on obtient en développant la plaque dans le révélateur suivant, dont il faut éviter de modifier la formule<sup>1</sup> :

---

1. Toute boîte de plaques, de n'importe quelle marque, contient un mode d'emploi indiquant les formules les plus recommandables. Il sera toujours préférable de s'y conformer.

Eau . . . . .	1 000 cc.
Hydroquinone. . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	50 —
Carbonate de potasse pur et sec . . . . .	2 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100. . . . .	10 cc.

Le développement s'accomplit lentement. L'image commence à se montrer au bout de trois ou quatre minutes et passe successivement par les tons jaune, rouge, sanguine, brun, sépia, vert-jaune et vert. En même temps, son intensité s'accroît graduellement et atteint la valeur voulue après un laps de temps qui varie de quatre à dix minutes, suivant la durée de la pose. Le fixage s'effectue comme d'habitude.

La densité du cliché influe sur la tonalité du diapositif. A temps de pose égal, on n'obtiendra pas avec un cliché doux le même ton qu'avec un cliché vigoureux. Le fixage modifie légèrement le ton réalisé au développement. Il en est de même du séchage.

Si le ton obtenu n'est pas satisfaisant, il est facile de le modifier par un virage.

**Virages.** — Après l'élimination complète de l'hyposulfite par des lavages abondants, la couleur de l'image diapositive peut être modifiée par l'un des procédés suivants.

*Virage à l'or.* — On obtient des tons violacés, d'un aspect très agréable, en immergeant la plaque dans un bain de virage-fixage semblable à celui dont on se sert dans le traitement des papiers au citrate.

*Virage en brun par sulfuration.* — Blanchir, après lavage très soigné, dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	1 gr.
Bromure de potassium . . . . .	1 —

Après lavage, mettre une à deux minutes dans une solution à 1 p. 100 (maximum) de monosulfure de sodium. Laver et sécher.

*Virage aux sels de fer.* — On obtient une image bleu de Prusse en passant le diapositif d'abord dans une solution de ferricyanure de potassium à 5 ou 10 p. 100, dans laquelle les noirs deviennent blanc jaunâtre, puis en lavant très soigneusement la plaque et en

l'immergeant dans une solution de citrate de fer ammoniacal à 1 p. 100, ou dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Perchlorure de fer . . . . .	5 —
Acide chlorhydrique . . . . .	1 à 2 —

Dans ce dernier cas, on élimine le chlorure d'argent formé, en immergeant dans un bain d'hyposulfite bisulfité. On lave et on passe à l'alun.

*Tons verts.* — Plonger, jusqu'à obtention d'un ton bleu foncé, dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Oxalate ferrique . . . . .	5 gr.
Ferrieyanure de potassium . . . . .	4 —

Laver. Mettre ensuite la diapositive dans une solution au millième de chromate de potassium (jaune), environ une minute. Passer dans l'alun en solution à 5 p. 100 pour enlever le voile jaune formé.

*Virages à l'urane.* — On peut obtenir des tons très variés, en combinant les solutions suivantes.

- A. Eau . . . . . 100 cc.  
 Ferricyanure de potassium . . . . . 1 gr.
- B. Eau . . . . . 100 cc.  
 Acide azotique . . . . . 0 cc. 5  
 Azotate d'urane . . . . . 1 gr.
- C. Eau . . . . . 100 cc.  
 Citrate de fer ammoniacal . . . . . 1 gr.
- D. Eau . . . . . 100 cc.  
 Molybdate d'ammonium . . . . . 1 gr.  
 Acide azotique . . . . . 1 goutte.

Les teintes réalisées sont indiquées dans le tableau ci-après. Tous ces mélanges sont sensibles à la lumière; aussi ne faut-il procéder au virage qu'à un jour faible. La plaque virée est lavée d'abord dans de l'eau acidulée par quelques gouttes de vinaigre, puis dans l'eau ordinaire, pendant dix à quinze minutes. Si les blancs de l'image sont teintés, on les éclaircira en passant la plaque dans de l'eau contenant quelques gouttes d'une solution saturée de car-

bonate de soude, puis dans un bain d'hyposulfite à 40 p. 100. On lavera alors de nouveau, pendant vingt minutes.

TEINTE	SOL. A	SOL. B	SOL. C	SOL. D
Sépia . . . . .	50 cc.	100 cc.		
Brun-rouge . . . . .	50 —	70 —		
Rouge vil. . . . .	50 —	50 —		
Vermillon. . . . .	50 —	40 —		
Bleu . . . . .	50 —		75 cc.	
Vert-bleu. . . . .	50 —	15 —	75 —	
Vert-olive. . . . .	50 —	30 —	50 —	
Vert pur . . . . .	50 —	50 —	50 —	
Brun-rouge . . . . .	50 —			50 cc.
Brun-sépia . . . . .	40 —			50 —

*Virage au cuivre.* — Pour obtenir des tons rouge-pourpre très solides, on prépare :

Eau . . . . . 450 cc.  
Citrate de potassium . . . . . 20 gr.

Dissoudre ensuite :

Sulfate de cuivre. . . . . 1 gr. 5

Ajouter enfin, dissous dans 50 grammes d'eau :

Ferricyanure de potassium. . . . . 1 gr.

Le noir-brun chaud est obtenu au bout de deux à trois minutes d'immersion, le rouge pourpre après huit à dix.

*Autre formule, ne renforçant pas les diapositives :*

A. Eau . . . . . 250 gr.  
Citrate de potassium . . . . . 30 —  
Sulfate de cuivre . . . . . 1 —

B. Eau . . . . . 250 —  
Ferricyanure de potassium. . . . . 1 —

Au moment de l'usage, mélanger à volumes égaux. Quand le ton désiré est obtenu, retirer et rincer la plaque.

*Autre formule, en bains séparés.* — Préparer trois solutions,

chacune à 10 p. 100, de ferricyanure de potassium (A), de sulfate de cuivre (B) et de citrate neutre de potassium (C).

Au moment de l'emploi, on ajoute à la solution A d'abord 7 centimètres cubes de la solution B, puis 6 centimètres cubes de la solution C. L'image passe du noir au brun et au rouge. On termine par un court lavage.

*Virage par teinture.* — L'argent qui constitue l'image diapositive peut être transformé, comme on l'a vu dans le chapitre XII (procédés Traube et Tauleigne), soit en iodure d'argent, soit en ferricyanure double d'argent et de plomb. Ces composés constituent des mordants tinctoriaux susceptibles de fixer divers colorants.

**Plaques aux sels de fer, à tons bleus.** — Des plaques dépouillées de leur image par affaiblisseur Farmer (ou par l'hypo-sulfite si elles n'ont pas été développées), et n'ayant que leur gélatine, sont immergées dans le mélange à volumes égaux des deux solutions suivantes, mélange à ne faire qu'au moment de l'emploi :

A. Eau . . . . .	100 gr.
Citrate de fer ammoniacal vert. . . . .	30 —
B. Eau . . . . .	100 —
Ferricyanure de potassium. . . . .	10 —

Après cinq minutes d'immersion, on met à sécher, le tout à l'abri de la lumière blanche. Le bain AB ne se conservant pas, n'en préparer que la quantité nécessaire, et pour l'utiliser jusqu'à la dernière goutte on pourra en enduire du papier (p. 297).

Le tirage est plus lent qu'avec papier au citrate; les clichés doivent être vigoureux et contrastés. Tout le traitement consiste en dix minutes de lavage dans deux ou trois eaux.

**Coloriage.** — Le coloriage des diapositifs a perdu beaucoup de son intérêt depuis l'invention des plaques à filtres trichromes, qui permettent de réaliser, directement et par des manipulations peu compliquées, la reproduction exacte des couleurs. Néanmoins, on recourt encore quelquefois à la mise en couleurs de certains diapositifs monochromes. On se sert dans ce but de couleurs transparentes solubles dans l'eau, comme le violet de méthyle, le bleu diamine, le vert malachite, l'acide picrique, l'orangé d'aniline, l'éosine, la fuchsine, l'érythrosine, etc.

Ces solutions colorantes sont passées sur la gélatine en teintes

plates, sans se préoccuper du modelé, exclusivement constitué par les demi-teintes de l'image photographique. On se sert de pinceaux d'aquarelle de bonne qualité. Il faut en avoir au moins deux, l'un très fin et l'autre assez gros, mais à pointe effilée.

Avant d'étaler une teinte assez large, il convient de mouiller la couche gélatineuse et de l'éponger ensuite doucement. La couleur prend alors d'une manière plus uniforme sur cette surface moite. Au contraire, pour colorier des détails très délicats, il vaut mieux appliquer le pinceau sur la couche sèche.

**Montage.** — Le montage des diapositifs consiste à appliquer une mince plaque de verre sur la couche gélatineuse parfaitement sèche, et à maintenir les deux plaques en collant tout autour une bande de papier noir.

Les diapositifs destinés à la projection sont doublés d'une plaque de verre ordinaire, dont le but est seulement de protéger l'image contre tout frottement. On intercale généralement entre les deux verres une feuille de papier noir découpée de manière à limiter le tableau par un encadrement. Les paysages sont généralement présentés dans un cadre carré, à angles arrondis; les reproductions microscopiques sont, au contraire, presque toujours limitées par un cercle. Si le format du diapositif est plus petit que celui du passe-cliché, on peut le monter sur un carton évidé ou sur une plaque de verre du format voulu, en l'y maintenant à l'aide de papier gommé. Un disque de papier blanc est collé sur un angle de la diapositive montée, pour servir de repère au projectionniste.

Les diapositifs destinés à l'examen stéréoscopique, ainsi que ceux qui doivent être encadrés comme des vitraux, sont doublés d'un verre dépoli, qui donne du corps aux demi-teintes. On peut cependant employer un verre ordinaire, en appliquant un vernis dépoli sur l'une des deux plaques.

Éther sulfurique . . . . .	65 gr.
Benzine cristallisable . . . . .	32 —
Alcool 90° dénaturé. . . . .	10 —
Gomme sandaraque. . . . .	3 à 5 —

(Un excédent d'alcool augmente la finesse et la transparence du vernis; la benzine donne l'effet contraire.)

Enfin, certaines plaques diapositives, telles que les *plaques opa-*

*lines*, de Guilleminot, dont l'émulsion contient une résine, dispensent de l'emploi d'un verre dépoli et de l'application d'un vernis.

## OUVRAGES A CONSULTER

H. FOURTIER, *Les Positifs sur verre*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1907.

L. TRANCHANT, *Les Positives pour projections*, Paris (Ch. Mendel).

DE BÉROVILLE, *Peinture des vues sur verre et des tableaux mécanisés*, Paris (Mazo).

RADIANT, *Le petit Manuel des tirages sur verre*, Paris (Mazo), 1901.

Voir également le chapitre XXIII consacré aux projections.

---



## CHAPITRE XV

## POSITIFS DIRECTS ET CONTRETYPES

**Positifs directs par réflexion.** — Le daguerréotype donnait directement des images positives par réflexion, mais seulement sous une certaine incidence. Les clichés sur collodion donnent une image négative par transparence et positive par réflexion, d'où le nom d'*amphitypes* (Talbot, 1851), quand la plaque est adossée à une surface noire. C'est sur cette propriété qu'est basé le procédé *ferrotype*, encore en usage chez les forains qui livrent en quelques minutes des portraits sur tôle. Le collodion est coulé sur des feuilles minces de tôle enduites d'un vernis noir, et l'image se détache en blanc, ou plus exactement en gris perle, sur le fond sombre. Ces images sont dépourvues d'éclat, mais bien détaillées et très fines. Du reste, leur principal avantage est leur extrême bon marché, la simplicité des manipulations et la rapidité d'exécution. Nous ne croyons pas devoir donner ici les formules relatives à ce procédé; on peut d'ailleurs consulter le chapitre IX.

Généralement, ces portraits ferrotypes, de très petit format, sont exécutés à l'aide d'un appareil muni de plusieurs objectifs. Un obturateur à volets ouvre et ferme tous ces instruments simultanément, et la plaque de tôle collodionnée contient ainsi plusieurs images, qu'il suffit ensuite de découper aux ciseaux.

Avec le gélatinobromure, les révélateurs habituels donnent quelquefois une image légèrement visible par réflexion : dans ce cas, cette image, négative par transparence, apparaît en positif quand on l'examine par réflexion, devant un fond noir, mais ce positif est très faible. Cependant, certains révélateurs appliqués au gélatinobromure fournissent des images présentant le double aspect des clichés au collodion. Ce sont la paraphénylènediamine et l'orthoamidophénol employés en présence de sulfite de soude seul. Le premier de ces révélateurs a pour formule :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Paraphénylènediamine . . . . .	10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	60 —

Le second est composé suivant les mêmes proportions, c'est-à-dire à raison de 10 grammes d'orthoamidophénol et 60 grammes de sulfite anhydre pour 1 litre d'eau.

Ces révélateurs ne s'appliquent qu'à des clichés notablement surexposés, et agissent lentement. L'image, développée en vingt ou trente minutes, est brunâtre par transparence et grise par réflexion. L'image positive est mieux visible quand on regarde le côté du verre.

On obtient des positifs plus brillants sur plaques au gélatino-bromure en transformant l'argent de négatifs vigoureux en un composé blanc opaque. Ainsi, dans le procédé connu sous le nom d'*albâtrotypie*, le négatif, développé au moyen d'un révélateur quelconque, fixé et lavé, est plongé dans :

Eau . . . . .	300 cc.
Bichlorure de mercure . . . . .	10 gr.
Acide chlorhydrique . . . . .	15 —
Chlorure de sodium . . . . .	5 —
Sulfate de fer . . . . .	5 —

Quand les noirs sont entièrement devenus blancs, on lave et on fait sécher. On enduit ensuite la couche de gélatine d'un vernis noir.

Ces positifs sont d'un très bel effet, bien détaillés dans les demi-teintes, mais un peu ternes, car les blancs, une fois secs, ne sont plus que gris clair.

On obtient des blancs plus francs en transformant les opacités de l'image en ferrocyanure de plomb. Il faut pour cela un négatif très intense, très poussé au développement, présentant de vigoureux contrastés, et même trop dur pour les tirages habituels. Ce négatif est blanchi dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Ferricyanure de potassium . . . . .	6 gr.
Azotate de plomb . . . . .	5 —
Acide acétique . . . . .	5 ou 6 gouttes.

Quand la plaque se montre entièrement blanche, ou plutôt jaunâtre, des deux côtés, on la lave soigneusement. Presque toujours, l'image positive par réflexion sort du bain précédant empâtée dans

une sorte de voile jaune. On la plonge alors dans une solution de sulfite de soude à 10 p. 100, où elle devient parfaitement blanche. Il arrive même souvent qu'elle est trop pâle. Pour bien juger de la vigueur du positif, il faut l'examiner dans une cuvette noire, ou, si la cuvette est blanche, en garnir le fond d'un morceau de papier noir ou de toile cirée. Si l'image paraît, dans ces conditions d'examen, peu vigoureuse, avec des blancs empâtés, on ajoute à l'eau de la cuvette une petite quantité d'hyposulfite de soude. Ce sel dissout le ferrocyanure qui constitue les blancs opaques de l'image : il rend plus transparent le négatif observé par lumière transmise, et plus sombre le positif examiné sur un fond noir. Il faut donc en surveiller attentivement l'effet, car, si on le laissait agir trop longtemps, l'image finirait par disparaître complètement. On lave ensuite, on fait sécher, et on enduit d'un vernis noir.

Les positifs obtenus de la sorte sont très beaux tant que la gélatine est mouillée; l'éclat des blancs est extrêmement remarquable, et les moindres demi-teintes sont rendues avec une rare finesse. Au séchage, l'image est un peu plus terne, et on ne peut lui rendre son éclat primitif qu'en la mouillant de nouveau.

Il va sans dire que cette image, positive par réflexion sur un fond noir ou de couleur foncée, se montre négative quand on l'examine par transparence. Nous allons maintenant rencontrer des méthodes qui permettent d'obtenir directement des images positives par transparence. On a ainsi des *diapositifs directs*, ou, plus exactement, des *contretypes*, c'est-à-dire des images de même sens que le modèle qui a servi à les impressionner. Un cliché négatif donnera donc une image négative, et un original positif donnera un diapositif.

**Contretypes au gélatinobromure bichromaté.** — Une plaque au gélatinobromure d'argent quelconque (même voilée) est plongée pendant deux ou trois minutes<sup>1</sup> dans une solution de bichromate de potasse à 3 p. 100 et mise ensuite à sécher, à l'abri de la lumière et de la poussière. Une fois sèche, on la met dans un châssis-presse, en contact avec le négatif ou le diapositif dont on désire obtenir un contretype, gélatine contre gélatine; et on expose à la lumière jusqu'à ce qu'une faible image soit visible au dos.

1. A la lumière artificielle, même sans verre jaune.

On lave la plaque pendant dix à quinze minutes, afin d'en éliminer le bichromate, on la plonge dans un révélateur et on porte la cuvette en pleine lumière. La gélatine bichromatée devient imperméable à l'eau, sous l'action de la lumière. Il en résulte que les parties de la plaque qui ont été protégées de l'action lumineuse par les opacités du cliché seront noircies par le révélateur, puisque le développement est effectué en pleine lumière, tandis que les parties qui ont été impressionnées sous les transparences du cliché resteront blanches, puisqu'elles n'absorbent point le révélateur. Les demi-teintes n'étant que partiellement imperméabilisées absorbent lentement le révélateur et ne sont que faiblement noircies.

Le développement dure assez longtemps. La couche se couvre fréquemment de marbrures, mais, comme elles restent superficielles, il ne faut pas s'en préoccuper. Quand l'image a acquis l'intensité voulue, on lave et on procède au fixage à l'hyposulfite, qui est aussi très lent.

L'image obtenue de cette manière a la même apparence que le cliché dont elle provient : elle est donc négative si le cliché est un négatif, et positive si c'est un positif. Mais elle n'est pas identique à la première : elle lui est symétrique, c'est-à-dire que l'image y est vue comme dans un miroir. Le portrait d'un militaire, par exemple, montrerait le modèle avec l'épée du côté droit. Cette particularité est précisément utilisée dans certains procédés qui nécessitent le retournement du cliché, comme le procédé au charbon par simple transfert et les tirages photomécaniques.

La méthode qui vient d'être décrite permet d'utiliser des plaques au gélatinobromure accidentellement mises hors d'usage par l'action de la lumière. Elle est trop lente pour être appliquée aux reproductions réduites ou amplifiées, et ne convient qu'aux reproductions à taille égale, exécutées par contact dans le châssis-presse. Les procédés suivants s'appliquent également aux reproductions par contact ou dans la chambre noire.

**Contretypes par surexposition.** — Lorsqu'une plaque au gélatinobromure est très fortement surexposée, l'image que fait apparaître le révélateur est parfois positive et non plus négative. Toutefois, il est impossible d'obtenir par cette méthode des résultats constants, du moins avec les émulsions usuelles. Il faut une surexposition de l'ordre de dix mille fois le temps de pose normal. C'est ainsi

que la photographie d'un éclair, moins bref qu'on ne croit et extrêmement lumineux, est assez souvent positive.

Il n'en est pas de même si l'on emploie une plaque *Intensive*, dont l'émulsion contient diverses substances additionnelles, telles que l'ésérine, la morphine, etc. M. Mercier a indiqué le moyen d'obtenir à coup sûr des contretypes en employant en pleine lumière soit à la chambre noire, soit en châssis-presse sous un cliché qu'on expose au jour, une plaque de ce genre. Bien que l'émulsion de l'*Intensive* soit très sensible, la mise en châssis, le développement et le fixage s'effectuent au grand jour. Il est même nécessaire que la plaque soit voilée des deux côtés, car c'est ce voile qui produira les noirs du contretype, tandis que les blancs seront déterminés par la partie de ce voile qui sera détruite par la surexposition des parties exposées sous les transparences du cliché.

M. Fuilla donne les temps de pose suivants, en recommandant l'emploi de plaques rapides :

	CLICHÉ DUR	MOYEN	FAIBLE
Soleil (sous verre dépoli) . . . . .	2 min.	1 <sup>min</sup> . 1/4	45 sec.
A l'ombre. . . . .	8 min.	5 min.	3 min. 1/2
Dans une chambre (à 2 m. de la fenêtre) . .	20 min.	17 min.	15 min.

Si on remplace la lumière du jour par celle du magnésium, on brûlera environ 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50 de ruban de magnésium à 20 centimètres du châssis.

Le développement s'effectue à l'aide d'un révélateur sans dureté en évitant, quoi qu'on en ait dit, l'addition de bromure de potassium. On a ainsi un contretype sans voile dans les blancs. L'image monte d'autant moins vite que l'exposition au jour a été plus longue, et on l'aperçoit alors d'autant moins par réflexion. Il faut donc l'examiner par transparence, en plaçant la plaque devant une lampe.

Quand on la juge assez développée, on lave et on fixe comme d'habitude.

Si l'on veut obtenir une image qui ne soit pas retournée, il faut ou pelliculer, ou tirer un second contre-type sous le premier.

On obtient aussi des contretypes sur des plaques ordinaires normalement exposées, en laissant pénétrer la lumière dans le laboratoire pendant le développement. Mais ce procédé est d'une application délicate et réussit rarement au gré de l'opérateur. Il arrive trop souvent que l'inversion n'est que partielle et que l'image est en partie négative et en partie positive.

**Contretypes par inversion.** — Ce procédé, quoique un peu plus compliqué en apparence que les précédents, leur est cependant préférable, parce qu'il conduit à des résultats certains, sans présenter d'ailleurs aucune difficulté d'application. La plaque posée normalement à la chambre noire ou sous cliché (éviter la surexposition) et développée au diamidophénol jusqu'à ce que tous les détails soient sortis, mais pas plus loin, est retirée et lavée rapidement mais à grande eau dans une cuvette noire, la porte du laboratoire étant ouverte. Au bout de deux minutes de ce lavage, on porte la plaque dans sa cuvette tout près de la porte, et on la présente ainsi à la lumière diffuse, un peu inclinée pour qu'elle la reçoive bien : cela six à huit minutes. Ou bien l'on brûle 10 centimètres de magnésium en ruban à 0<sup>m</sup>,50. Au lieu de la fixer dans l'hyposulfite, on la plonge dans un bain susceptible de dissoudre l'argent constituant l'image, sans attaquer le bromure d'argent. On emploie généralement, à cet effet une solution à 5 p. 1000 de permanganate de potassium, à laquelle on ajoute, pendant que la plaque reçoit la lumière, le même volume d'eau contenant 1 p. 100 d'acide sulfurique. On y plonge la plaque à l'abri de la lumière du jour, et l'image s'y efface peu à peu. Quand elle a disparu, on passe dans l'eau, puis on plonge dans une solution à 2 p. 100 de sulfite de soude anhydre : tout se décolore, et, en agitant, l'on ne voit bientôt plus que le négatif. Quand le dos de la plaque ne présente plus aucune trace d'image, on lave un instant et on développe dans un révélateur plus fort que le premier, et qui agit assez lentement, toujours à la lumière rouge. Quand l'image est à point, rincer, fixer et laver comme d'ordinaire.

Il ne faut pas confondre cette méthode avec une, beaucoup plus ancienne (Russel, 1862), où l'immersion dans le bain acide après le

premier développement est faite dans le cabinet noir, et où c'est au contraire le second développement qui se fait à la lumière du jour, laquelle noircit le bromure d'argent resté dans la plaque, et qui a échappé à l'action dissolvante du bain oxydant acide. Ce bain peut être soit le permanganate, soit :

Eau. . . . .	100 cc.
Bichromate de potasse. . . . .	0 gr. 5 à 1 gr.
Acide sulfurique à 66°. . . . .	10 à 20 gouttes.

Cette quantité suffit pour une plaque 13 × 18. Le bain ne doit servir qu'une seule fois. L'argent s'y dissout rapidement. Quand l'image a disparu, on lave la plaque, on la laisse pendant deux ou trois minutes dans une solution de sulfite de soude 5 p. 100, puis on lave de nouveau, en pleine lumière.

Si on examine alors la plaque par transparence, on reconnaît que le négatif s'est transformé en positif, mais ce dernier est faible, car ces opacités ne sont constituées que par le bromure d'argent, resté inattaqué dans le révélateur. Quant aux parties transparentes, ce sont celles qui étaient primitivement noires : les opacités (argent) qui constituaient le négatif ayant été dissoutes, il n'est plus resté que la gélatine. Ne pas dépasser la température de 20° pour ne pas la ronger.

Pour donner à la nouvelle image, inverse de la première, toute son intensité, il suffit de plonger la plaque dans un révélateur quelconque, qui noircira le bromure d'argent, sous la condition indispensable que l'on opère sous la lumière du jour ou d'une forte lampe. Si l'émulsion est très épaisse, il est nécessaire de surveiller ce second développement et de l'arrêter aussitôt que le positif a acquis la vigueur voulue. On lave alors et on fixe dans l'hyposulfite. Cette dernière opération est inutile quand l'émulsion est très mince. Il suffit, dans ce cas, de laisser agir le révélateur jusqu'à ce que tout le bromure soit noirci. Nous verrons qu'il en est ainsi pour les plaques employées dans la photographie des couleurs (autochromes, omnicolores, etc.) ainsi que pour les films « inversables » des petits cinématographes de salon. Mais quand l'épaisseur de l'émulsion n'est pas uniforme sur toute l'étendue de la plaque, la méthode qui vient d'être décrite fournit des images inégales, plus foncées en certains points de la plaque, plus transparentes ailleurs. On y remédie en

limitant par la méthode précédente l'impression lumineuse qui va produire l'image positive.

Ce procédé par inversion et second développement est également applicable aux épreuves sur papier bromure, surtout à émulsions appropriées. C'est ainsi que les appareils *Maton* et *Photomaton* n'emploient pas de plaques ou films, mais enregistrent l'image directement sur un papier au bromure, qu'on inverse après premier développement. On n'obtient ainsi qu'un exemplaire, mais son prix de revient est très faible.

MM. Lumière indiquent le traitement suivant pour leur papier *Lypa* :

Il est nécessaire d'exposer le papier pendant un temps environ double de celui qui convient au tirage d'un bon positif à partir d'un négatif.

Le papier est développé pendant 5 à 6 minutes dans le révélateur suivant :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Métoquinone . . . . .	5 fr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	100 gr.
Ammoniaque à 22° Baumé . . . . .	22 cc.
Bromure de potassium . . . . .	16 gr.

Pour l'usage prendre :

Solution concentrée ci-dessus . . . . .	1 partie.
Eau . . . . .	3 parties.

Après développement, l'épreuve est rincée puis traitée dans le bain de permanganate acide déjà mentionné :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potassium . . . . .	2 gr.
Acide sulfurique à 66° . . . . .	10 cc.

Ce bain dissout l'argent. Lorsque toute trace d'image argentique a disparu, ce qui demande environ 10 minutes, on blanchit l'épreuve dans une solution à 2 p. 100 de bisulfite de soude. Rincer et égoutter. Exposer ensuite l'épreuve à une source lumineuse. L'épreuve est enfin traitée par le révélateur qui a déjà servi au premier développement, jusqu'à complet noircissement de l'image. Rincer finalement l'épreuve sans qu'il soit nécessaire de fixer et mettre à sécher.

On peut obtenir un noircissement intense de l'argent réduit dans



le second développement (done une image très intense) en passant l'épreuve développée dans une solution très faible de monosulfure de sodium. Se méfier des émanations de ce produit, fort malodorant, qui noirciraient les plaques et papiers conservés dans le local où l'on opère.

Certaines substances chimiques, sur lesquelles nous n'insisterons pas (sulfocarbamide, thiosinnamine, sulfophénylurée), en solution, produisent l'inversion sur une plaque normalement exposée.

**Phototégie.** — En 1897, Liesegang signalait une singulière propriété du persulfate d'ammoniaque. Si l'on immerge un phototype dans une solution concentrée de ce sel et qu'on l'y laisse jusqu'à blanchiment complet, on remarque que la gélatine qui contenait primitivement l'argent réduit par le révélateur est devenue d'une fragilité extrême. En effet, si, après avoir sommairement rincé la plaque, on la plonge dans l'eau tiède, ou même si on l'échauffe légèrement par le frottement de la main, on enlève facilement des épaisseurs de gélatine proportionnées aux opacités de l'image primitive. On a ainsi une image en relief, et, si l'on plonge la plaque dans un bain colorant, la gélatine absorbant ce dernier proportionnellement à son épaisseur, on aura une image en couleur. Cette dernière image sera positive, si l'image primitive était négative. L'image teinte sera donc de même genre que le modèle : si c'est une plaque impressionnée dans la chambre noire, on aura ainsi un diapositif direct ; si c'est une plaque tirée par contact au châssis-presse sous une autre plaque, on en aura un contretype symétrique.

D'autres oxydants agissent à peu près comme le persulfate. Tels sont le sulfate (et quelques autres sels) de titane, d'après MM. Lumière et Seyewetz. En 1899, M. Andresen obtenait des reliefs très épais en employant l'eau oxygénée. Cette substance agit d'une façon très différente, suivant sa composition. Si elle est suffisamment concentrée et acide, le dépouillement des opacités s'accomplit en quelques instants, même à froid, et même si la gélatine est durcie dans l'alun. Toutefois, l'action varie suivant les émulsions.

M. Coustet a étudié cette propriété de l'eau oxygénée et l'a appliquée à un procédé de teinture directe, qui a reçu le nom de *phototégie* (de φωτός, lumière, et τέγγειν, teindre).

Au lieu d'employer au dépouillement l'eau oxygénée du com-

merce, dont la composition est trop variable, il vaut mieux préparer la solution suivante :

Eau . . . . .	100 cc.
Acide chlorhydrique . . . . .	10 cc.
Bioxyde de baryum pulvérisé . . . . .	4 gr.

Il faut éviter l'échauffement de la solution, pendant qu'on la prépare. A cet effet, il est bon de placer dans l'eau froide le flacon qui doit le contenir. On y versera l'eau d'abord, puis l'acide, et enfin le bioxyde, par petites quantités et en agitant de temps à autre. Ce bain peut servir plusieurs fois, mais ne se conserve que quelques jours. En été surtout, il perd vite ses propriétés dissolvantes. Comme il est oxydant et acide, il ne faudra le verser que dans des cuvettes en verre ou en porcelaine.

Les clichés destinés au dépouillement doivent être appliqués dans un révélateur ne tannant pas la gélatine, ce qui exclut l'emploi du pyrogallol et celui des bains contenant du formol. L'oxalate ferreux est celui qui donne le meilleur résultat. Après le développement, il n'est pas nécessaire de fixer dans l'hyposulfite. La plaque sommairement lavée, est mise à sécher ou plongée de suite dans la solution oxygénée.

Certaines émulsions ont une tendance à se soulever dans le bain acide et à se détacher du verre en se dilatant notablement. On évitera cet inconvénient en passant tout autour de la couche, avant de la mouiller, un corps gras, ne fût-ce qu'un morceau de chandelle que l'on appuiera sur la tranche de la plaque.

Il faut agiter la cuvette contenant l'eau oxygénée, afin que le liquide imprègne uniformément la gélatine. Bientôt cette dernière se plisse, aux endroits correspondant aux noirs du négatif, et se soulève. On balance la cuvette et, dès qu'on voit quelques parcelles de gélatine abandonner leur support, il faut se hâter de reverser l'eau oxygénée dans le flacon qui lui est réservé et la remplacer par de l'eau pure. Sans cette précaution, la couche tout entière risquerait, si elle était formée de gélatine très tendre, d'être complètement arrachée du verre.

Une fois la plaque dans l'eau, on achève le dépouillement en agitant la cuvette. Si quelques lambeaux de gélatine restent encore adhérents, le meilleur moyen de les arracher sans abîmer l'image

est de les frôler très légèrement du bout du doigt, en évitant, bien entendu, de les rayer avec l'ongle. Éviter l'emploi des pinceaux, car même les plus souples occasionnent des stries.

Le dépouillement du négatif achevé, on se trouve en présence d'un diapositif constitué par des épaisseurs de gélatine. Si l'on n'a pas fixé le négatif, le bromure d'argent resté dans la couche fournira un diapositif noir très vigoureux par immersion dans un révélateur quelconque. Mais, dans la plupart des cas, il sera préférable d'obtenir un diapositif coloré, en immergeant la plaque dans une couleur en solution aqueuse. L'image étant constituée par des épaisseurs variables de gélatine, le liquide colorant sera absorbé proportionnellement à ces épaisseurs. On aura ainsi une image de n'importe quel ton, et il sera très facile d'exécuter des diapositifs dans des nuances auxquelles il ne serait pas possible d'arriver par les procédés habituels de virage. Toutes les matières colorantes solubles dans l'eau — et il y en a des centaines — sont applicables à ce procédé, soit isolément, soit mélangées. C'est dire que la gamme des tons réalisables est illimitée.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- E. COUSTET, *Les Positifs directs et les Contretypes*, Paris (Ch. Mendel), 1912.  
 F. DROUIN, *La Ferrotypie*, 3<sup>e</sup> édition, Paris (Ch. Mendel).  
 H. GAUTHIER-VILLARS, *Manuel de ferrotypie*, Paris (Gauthier-Villars), 1901.  
 L. TRANCHANT, *Les Clichés pelliculaires, contre-types et clichés retournés*, Paris (Ch. Mendel), 1911.

## CHAPITRE XVI

## LES IMPRESSIONS PHOTOMÉCANIQUES

**Historique.** — Les premiers essais de gravure par la lumière sont antérieurs à la découverte de Daguerre. C'est de 1814 ou 15 que datent les tentatives de Nicéphore Niépce pour graver des planches métalliques enduites de bitume de Judée et exposées au soleil sous le dessin à copier. La couche sensible, primitivement soluble dans l'huile de lavande ou de naphte, était insolubilisée par la lumière et formait une « réserve » inattaquable aux acides. Plusieurs gravures sur étain furent exécutées à l'aide de cette méthode.

La rapidité du daguerréotype fit abandonner ces essais, mais on ne renonça pas à multiplier les images fournies par la lumière en les transformant en planches d'impression. Il semble, d'ailleurs, que ce soit là le but auquel doivent tendre les procédés photographiques, car il n'est pas logique de faire intervenir la lumière pour l'exécution de chaque épreuve, et il serait plus rationnel de transformer directement le phototype en cliché d'imprimerie.

Réalisant une suggestion de J.-B. Dumas, le docteur Donné fut le premier qui réussit à transformer (1839) la plaque daguerrienne en planche propre à la gravure, mais seulement pour des reproductions de dessins au trait. La plaque était soumise à la morsure dans une solution étendue d'acide chlorhydrique, qui attaquait le métal sur les points amalgamés et laissait intacte la couche d'argent. Le relief ainsi obtenu était très faible, parce que le chlorure d'argent formé à la surface arrêta la morsure de l'acide, et la dureté insuffisante de l'argent limitait le tirage à 40 ou 50 épreuves. Fizeau perfectionna ce procédé, en dissolvant ce chlorure d'argent par l'ammoniaque, ce qui permettait de mordre de nouveau; puis, garnissant à la poupée la planche ainsi gravée d'huile grasse qui s'incrétait dans les cavités et ne s'attachait pas aux saillies, on dorait alors celles-ci à l'aide de la galvanoplastie. Puis, nettoyant la

plaque, on l'attaquait par l'eau-forte, après avoir dissous l'encre des tailles par la potasse : elle pénétrait dans les creux et restait sans action sur les saillies préservées par la dorure. On recouvrait enfin la planche, par la galvanoplastie, d'une couche de cuivre dont la dureté permettait un tirage assez prolongé. C'était bien long et bien compliqué, pour n'obtenir, en somme, que des reproductions en blanc et noir. Cette méthode, comme la précédente, convenait à des dessins au trait, non à des images à teintes dégradées et continues, comme les tableaux ou les photographies.

Le 27 août 1855, Alphonse Poitevin faisait breveter ses procédés basés sur les propriétés de la gélatine bichromatée, dont l'emploi avait déjà été indiqué, en 1853, par Fox Talbot. Antérieurement, d'ailleurs, Mungo Ponton avait reconnu que l'acide chromique du bichromate de potasse est facilement réduit par la lumière en présence des matières organiques, et principalement de la gélatine. Paul Pretsch avait également pris, le 1<sup>er</sup> juin 1855, un brevet relatif à l'emploi de la gélatine bichromatée. Le mérite de Poitevin fut de prévoir les applications multiples des modifications que la lumière fait subir aux matières gommeuses, gélatineuses, albumineuses et mucilagineuses, en présence des bichromates alcalins. Ces substances sont rendues insolubles dans l'eau en la repoussant à la façon des corps gras. De là, plusieurs combinaisons qui ont donné naissance à une foule de procédés de tirage. Si on lave, par exemple, dans l'eau chaude une couche de gélatine bichromatée préalablement exposée au jour sous un négatif, on aura une image formée de reliefs et de creux. On peut donc prendre une empreinte de cette surface, soit par la galvanoplastie, soit par un moulage au plâtre suivi d'un contre-moulage à l'aide d'un alliage métallique. On peut aussi, quand la couche sensible a été coulée sur une plaque métallique, attaquer celle-ci par un acide qui creusera uniquement les parties mises à nu par le dépouillement. On peut, enfin, mouiller simplement à l'eau froide la gélatine impressionnée. L'eau sera repoussée par la couche exposée à la lumière, tandis que la gélatine protégée par les opacités du négatif aura conservé sa perméabilité. Si l'on passe alors, sur cette surface plus ou moins humectée, un rouleau garni d'encre typographique, le corps gras sera repoussé sur les points correspondant aux blancs de l'image, tandis qu'il adhèrera aux points représentant les noirs du sujet.

Ces phénomènes, étudiés par Poitevin, ont été le point de départ des perfectionnements qui ont rapidement conduit les procédés photomécaniques au degré de perfection qu'ils ont atteint aujourd'hui. Les divers genres de gravure autrefois en usage, lithographie, eau-forte, planches sur acier ou sur bois, ont actuellement leur équivalent dans les méthodes photographiques que nous allons analyser : *photolithographie*, à laquelle se rattache la *photocollographie* ou *phototypie* et qui ne sont pas de la *gravure* à proprement parler, car il n'y a ni tailles en creux, ni traits en relief, mais un dessin sans épaisseur appréciable, qui prend ou repousse l'encre; *héliogravure* en creux, ou gravure en taille-douce; et *phototypogravure*, ou gravure en relief, que l'on désigne habituellement sous le nom de *photogravure* pour les reproductions de dessins au trait, et sous celui de *similigravure* pour les images à modelé continu.

**Phototypes.** — Les phototypes à l'aide desquels sont préparées les planches d'impression photomécanique sont généralement exécutés par le procédé au collodion. Jusqu'à ces derniers temps, ce procédé donnait seul des négatifs assez fins et assez brillants pour obtenir des reproductions irréprochables. Les plaques ordinaires au gélatinobromure offraient des surfaces irrégulières qui empêchaient leur contact parfait avec la planche sensibilisée; en outre, le grain de leur émulsion était trop grossier et donnait lieu à des effets de diffusion qui nuisaient à la netteté de la gravure. Ces inconvénients ont pu être évités en coulant des émulsions peu sensibles, mais très fines, sur des glaces bien dressées, et l'on trouve actuellement dans le commerce des plaques spéciales qui joignent à la commodité du gélatinobromure la perfection des résultats que le collodion seul permettait auparavant d'obtenir. Telle est, entre autres, la plaque *Process* de MM. Wratten et Wainwright. Ces plaques sont d'ailleurs lentes, comme celles au collodion. Elles se manipulent à la lumière jaune orange.

Un précieux avantage des procédés photomécaniques de toute sorte, est que l'on peut réduire l'original à la dimension désirée, puisqu'il faut toujours passer préalablement par l'intermédiaire de l'objectif et de la chambre noire. On peut ainsi exécuter à grande échelle un dessin comportant des détails délicats. On peut aussi porter sur l'original des lignes, repères, indications, etc., au crayon

bleu, qui, produisant le même effet actinique que le blanc du papier, ne « viendront » pas au tirage.

Il va de soi que les objectifs devront être parfaitement corrigés, sous le rapport de la courbure de champ, de la distorsion et de l'astigmatisme. Ils devront être aussi apochromatiques s'ils doivent servir à la confection de clichés pour impressions trichromes. Par contre, on n'exige pas d'eux une grande rapidité.

La plupart des procédés photomécaniques exigent un négatif retourné, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte. En effet, si la planche qui va servir au tirage était impressionnée sous un phototype ordinaire, l'image ainsi produite serait vue dans son vrai sens sur la couche sensible de la planche, comme sur une épreuve ordinaire. Par conséquent, l'image imprimée sur le papier à l'aide de cette planche serait inversée, comme si le sujet était vu dans un miroir.

Pour avoir une image redressée, il existe divers moyens. Dans certains procédés d'amateurs, la planche peut être constituée par une couche de gélatine coulée sur une feuille de celluloïd susceptible d'être impressionnée par le verso; on peut, de même, exécuter le cliché sur celluloïd et l'appliquer par l'envers sur la planche. Mais, dans ces deux cas, l'interposition d'une couche de celluloïd donne à l'image un certain flou, et ces combinaisons ne conviennent pas aux reproductions industrielles, pour lesquelles on s'en tient à l'une des solutions ci-après.

1<sup>o</sup> Pelliculer le cliché, par un des moyens indiqués au chapitre VIII, et reporter la couche, inversée, sur une autre glace;

2<sup>o</sup> Exécuter un contretypage par contact (voir p. 375);

3<sup>o</sup> Exposer la plaque par le verso, en la mettant dans le châssis verre en avant et gélatine en arrière. Cette disposition nécessite l'emploi de glaces sans défaut, ainsi qu'une légère correction de la mise au point, puisque la couche sensible se trouve reculée d'une quantité égale à l'épaisseur du verre;

4<sup>o</sup> Placer, en avant ou en arrière de l'objectif, un miroir à 45°, de surface optiquement plane, ou dressée; ou, ce qui est préférable, un prisme à réflexion totale dont la face hypoténuse est argentée. Ce dispositif est le plus généralement adopté dans les ateliers de photogravure, où l'on exécute les planches d'impression soit d'après des dessins, soit d'après des épreuves photographiques sur papier,

La nécessité d'un parallélisme absolu entre le modèle et la plaque sensible oblige à disposer le porte-modèle et la chambre noire soit sur une table massive ou « pont rigide », soit sur une voie ferrée. Pour les formats usuels, le pont, ou pied-table, est ordinairement préféré. Quand le sol de l'atelier n'est pas rigoureusement à l'abri des trépidations provenant soit du fonctionnement des outils de l'usine soit de la circulation des véhicules sur la voie publique, il est indispensable d'y remédier, en installant le pont sur des ressorts amortis-

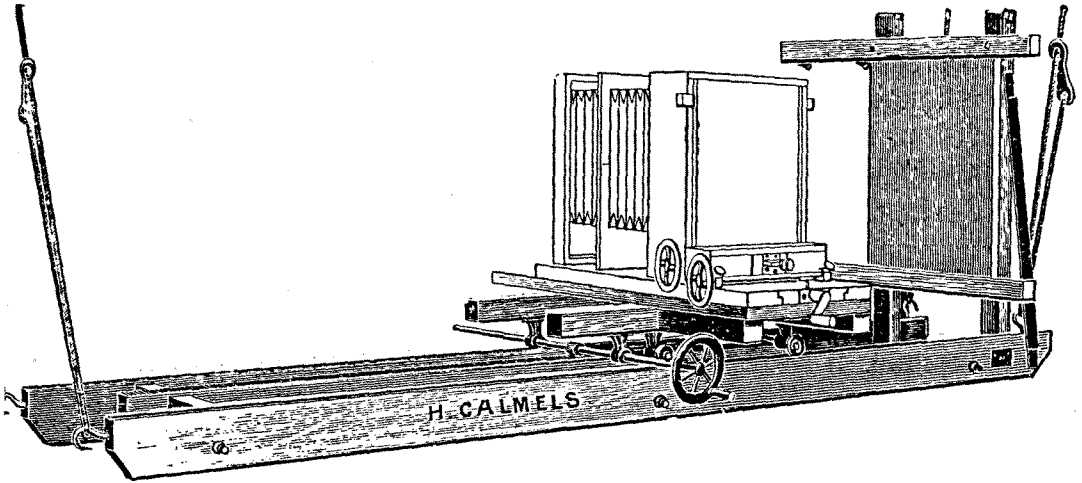


Fig. 72. — Pont à suspension par cordages.

seurs ou même en le suspendant à des cordages attachés aux poutres du plafond (fig. 72). On remarquera sur cette figure, l'orientation perpendiculaire de la chambre par rapport au porte-modèle : l'interposition du prisme dévie de  $90^\circ$  l'axe optique principal. La chambre noire se déplace, pour la mise en grandeur de la reproduction, sur une petite voie ferrée, avec entraînement par pignon sur crémaillère en fonte et frein d'arrêt. Les châssis sont fort lourds dans les grands formats, et ne s'ajustent pas en couissant dans des glissières du haut en bas du corps arrière, mais par quelques enclenchements. Des chambres de dimensions exceptionnelles, pour photographies d'environ 1 mètre carré (comme il en existe une aux ateliers du Service Géographique de l'Armée), occupent une pièce tout entière, éclairée par une lumière jaune, et se passent ainsi de châssis : la glace sensible, passablement épaisse, est placée nue à l'arrière.



L'objectif passe par une perforation de la muraille, et le modèle à reproduire est dans la pièce voisine.

\*  
\* \*

**Photocollographie.** — Déjà très répandue autrefois dans l'illustration hors texte, la photocollographie, également désignée sous le nom de *phototypie*, doit actuellement un regain de faveur à la vogue des cartes postales. C'est la seule méthode susceptible de produire à très bas prix des images rappelant, par la finesse de détails et la délicatesse du modelé, l'aspect des images photographiques. Elle est avantageuse pour les tirages de peu d'importance 500 exemplaires par exemple, parce que la planche est peu coûteuse à établir et que son amortissement ne compte donc guère dans le devis; c'est le tirage qui coûte surtout, et d'autre part cette planche ne peut servir à des milliers d'épreuves.

L'amateur qui se borne à tirer un petit nombre d'épreuves peut parfaitement préparer, sans outillage spécial, une planche phototypique. Il suffit de sensibiliser trois minutes dans une solution de bichromate de potasse à 3 p. 100 une plaque au gélatinobromure (même voilée) ou une pellicule, de la laisser sécher dans l'obscurité et de l'impressionner sous un négatif<sup>1</sup>, jusqu'à ce que les détails se montrent en brun sur le fond jaune de la couche bichromatée. On expose ensuite à la lumière diffuse du ciel le *dos* (côté verre de la plaque, mise sur fond noir : ceci pour insolubiliser la partie profonde de la gélatine et empêcher son décollement. Puis après un lavage destiné à éliminer le bichromate, la couche mouillée avec un mélange d'eau et de glycérine est prête au tirage.

On passe sur cette surface moite un rouleau souple garni d'encrasse, on y applique une feuille de papier, et l'on soumet le tout à pression. Une presse très rudimentaire est souvent utilisée : certains opérateurs se contentent d'une presse à copier, ou même d'un châssis presse, d'un rouleau.... Les premières épreuves ne sont pas bonnes mais le tirage une fois mis en train donne des dizaines de bonnes

---

1. On masque toutefois les bords de la plaque, sur quelques millimètres de marge, par un cadre en papier noir ou en papier d'étain : les bords libres maculeraient plus ou moins au tirage.

preuves avant qu'il y ait besoin d'essuyer l'encre et de mouiller l'eau glycérimée, puis de réencre.

Une variante utilise le cliché original lui-même, développé et séché comme d'ordinaire comme dalle imprimante, sans photocopie positive sur une seconde plaque. Il ne doit pas être tanné à l'alun ou au formol.

Bien gorgé d'eau par le lavage qui succède au bain d'hyposulfite, le cliché est immergé quatre à cinq minutes dans une solution à 3 p. 100 de bichromate, puis mis à sécher dans l'obscurité. On l'expose alors par le dos (côté verre) à la lumière diffuse, à peu près le temps qu'il faut à du papier citrate sous le même cliché pour donner une image pâle, mais juste complète. Puis on cache presque toute la surface avec un écran opaque et on expose en pleine lumière les marges étroites ainsi visibles, pour les insolubiliser et empêcher leur décollement. On lave à plusieurs eaux, les dernières pouvant être tièdes. Le cliché est alors mouillé plusieurs minutes avec une éponge imbibée d'eau glycérimée; puis, après en avoir essoré l'excédent, on encre la surface avec un rouleau chargé bien également partout d'encre pour phototypie; il est bon de le passer à plusieurs reprises et en divers sens, mais très légèrement.

Mais, pour des tirages d'une certaine importance, ces moyens primitifs ne suffisent plus. Aussi, dans l'industrie, les tirages phototypiques, quoique peu compliqués, nécessitent quelques manipulations complémentaires et un outillage perfectionné. Chaque usine, d'ailleurs, chaque atelier, pratique certaines variantes, certains tours de main dont quelques-uns sont tenus secrets. En réalité, ces détails n'ont pas grande importance, et le procédé, tel que nous allons le décrire, conduit à d'excellentes impressions.

Le support de la couche sensible phototypique était constitué, dans le procédé de Poitevin, par une pierre lithographique. Tessié du Motay y substituait, en 1867, des plaques de cuivre plané et poli. Depuis 1868, on emploie des dalles en verre, indiquées par E. Albert, de Munich.

Ces glaces sont épaisses de 8 à 20 millimètres, suivant leur format. La surface en est parfaitement dressée et finement doucie à l'émeri fin, et non pas polie, les bords rodés et biseautés. Avant d'y couler la couche sensible, on recouvre la plaque, soigneusement nettoyée

à la potasse, d'une sous-couche ou substratum, généralement composé de :

Bière légère . . . . .	90 cc.
Solution de silicate de soude à 36° Baumé . . . . .	10 —
Filtrer.	

En séchant, cet enduit subit une sorte de granulation superficielle qui, s'ajoutant aux propriétés adhésives du silicate, assure à la couche sensible une adhérence parfaite.

Pour la préparation de la mixtion sensible, un grand nombre de formules ont été proposées, mais elles diffèrent peu les unes des autres, et il suffira d'en citer une :

Eau . . . . .	200 cc.
Gélatine Nelson dure n° 2 . . . . .	6 gr.
Gélatine Drescher tendre . . . . .	10 à 12 gr.
Bichromates de potasse et d'ammoniaque. En tout. . . . .	3 —

Plus il fait chaud, plus la gélatine Drescher doit dominer, qu'à 6 fois la Nelson. On ajoute souvent un peu d'albumine.

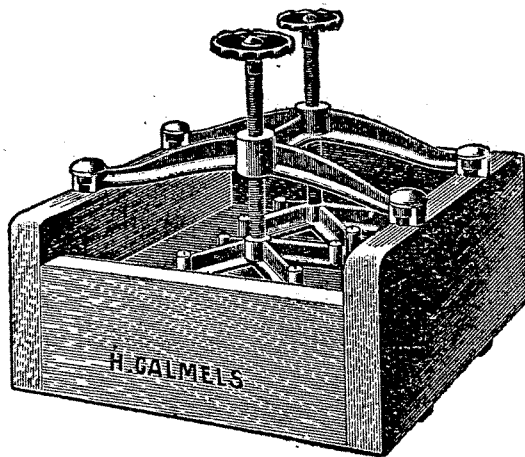


Fig. 73.

Châssis-presse pour photocollographie.

La gélatine, d'abord fléedans l'eau pendant quelques heures, est enfondue à 70° maximum dans un bain-marie, puis on y ajoute le bichromate. Le bichromate d'ammonium donne une couleur noire par temps froid.

Les dalles, posées directement sur un support calantes, sont couvertes de cette mixtion chaude et sont séchées à l'étuve, afin d'éviter la cristallisation superficielle du bichromate qui occasionnerait une dessiccation trop lente<sup>1</sup>. Les glaces sensibilisées doivent être

1. Généralement, après une à deux heures de séchage, on coule une deuxième couche de gélatine, puis on laisse en étuve à 40° deux heures.

es au plus tôt : elles ne se conservent guère que deux ou trois  
ars, à l'abri de la lumière naturellement.

L'impression au châssis-presse (fig. 73) est facile à contrôler,  
mage étant légèrement visible à travers la glace, en brun cho-  
lat sur fond jaune d'or. Néanmoins, le contrôle est souvent effectué  
photomètre. Il suffit de quelques minutes à la lumière diffuse  
ciel pur. De plus en plus, les ateliers font usage de lampes tubu-  
ires à vapeur de mercure.

L'insolation achevée, on procède à une seconde exposition, à la  
mière diffuse, à travers l'épaisseur du verre, en posant la dalle  
r un drap noir, la couche sensible en dessous; on l'expose ainsi de  
eux à cinq minutes, suivant l'éclat de la lumière : la couleur brune  
ne prend le bichromate indique le moment où il faut s'arrêter.  
ette impression supplémentaire, imaginée par Despaquis, n'est pas  
ispensable, mais elle ne peut qu'augmenter la solidité de la  
ouche et la finesse des détails; elle accroît l'adhérence de la gélatine  
son support et l'empêche de se gonfler outre mesure au mouillage,  
eau risquant sans cela de pénétrer entre la glace et la couche.

La plaque est ensuite lavée dans l'eau plusieurs fois renouvelée,  
usqu'à complète élimination du bichromate. On durcit alors souvent  
a couche en l'immergeant, pendant cinq ou dix minutes, dans une  
olution d'alun à 2 p. 100. Après un dernier lavage, on peut laisser  
écher ou passer directement au bain de mouillage qui doit pré-  
éder l'encrage.

Ce bain est un mélange d'eau et de glycérine, dont les propor-  
ions varient suivant les auteurs. La moyenne généralement admise  
est :

Eau . . . . .	500 cc.
Glycérine pure . . . . .	500 —
Azotate de potasse (salpêtre) . . . . .	20 gr.

Le mouillage, effectué en versant le liquide sur la plaque bien  
horizontale, dure deux ou trois heures. On reconnaît qu'il est  
suffisant quand le relief du dessin, très sensible au doigt dans les  
premières minutes, a diminué. On éponge ensuite la surface, et  
l'on cale la dalle sur la presse. Naturellement, on associe sur la même  
dalle bichro-gélatinée autant de tirages de phototypes différents  
que sa surface en admet, et on tire tous ces sujets ensemble : après  
l'impression terminée, on les séparera à la cisaille.

L'encrage, dans l'industrie, s'opère mécaniquement et permet de tirer avec chaque planche plus de 1 500 épreuves par jour. Dans les procédés d'amateur, l'encrage s'exécute au moyen d'un rouleau à main (fig. 74). L'encre phototypique est une pâte épaisse intermédiaire entre la lithographique et la taille-douce, à peu près de la consistance du cirage. On en prend avec une spatule une petite quantité, que l'on étend sur une plaque de verre ou de métal. On passe alors sur cette encre le rouleau, constitué par du cuir à grain pour l'encre ferme, et (grands noirs) par une pâte souple à base

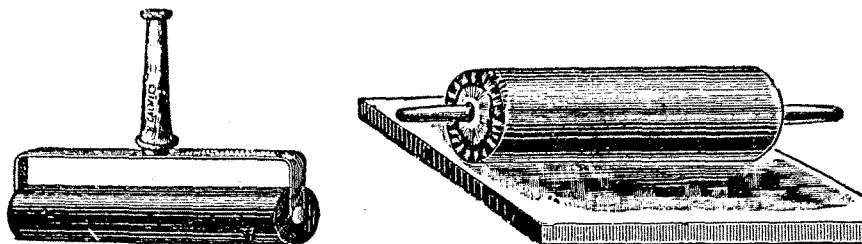


Fig. 74-75. — Rouleaux à main (en cuir et en gélatine).

de gélatine pour l'encre tendre; on le pousse devant soi; on l'encre ensuite, pour le poser de nouveau au même point de départ et recommencer le même mouvement. On continue ainsi jusqu'à ce que le plateau soit uniformément recouvert d'encre. Le rouleau étant bien encré, on le passe sur la planche phototypique et on lui imprime un mouvement de va et-vient, en ayant soin de recouvrir chaque fois toute la surface impressionnée. En passant le rouleau de cuir, la planche se charge d'encre; en passant ensuite rapidement celui de gélatine, on dégage les blancs et les demi-teintes. Un graveur habile sait tirer le meilleur parti du sujet, en maniant habilement le rouleau; il arrive aussi à varier les effets, en se servant d'encres plus ou moins dures.

La planche une fois encrée, s'il faut ménager des marges, on place une *frisquette*, c'est-à-dire une feuille de papier découpée qui cache ou encadre; on met par-dessus la feuille destinée à recevoir l'image, et l'on fait agir la presse.

Cette première épreuve obtenue, on vérifie si les blancs sont purs et si les noirs et les demi-teintes sont fidèlement rendus. Si l'examen est satisfaisant, il n'y a qu'à continuer le tirage, en

lant l'encrage à chaque épreuve. Sinon, il faut rechercher d'où vient le défaut.

Un mauvais cliché ne donnera jamais de bonnes épreuves; de même, si la couche bichromatée a reçu une impression trop courte ou trop prolongée, il serait très difficile d'en tirer un bon parti, et mieux est d'en préparer une autre. Mais il arrive souvent que la planche, étant excellente, prend trop d'encre ou n'en retient pas assez. Dans le premier cas, elle manque simplement d'humidité : on la lave alors à l'essence de térébenthine et on la mouille de nouveau avec l'eau additionnée de glycérine. Dans le second cas, elle a absorbé trop d'eau : on y remédie en la laissant un peu sécher, après l'avoir essuyée à l'essence.

Quand l'encrage est bien réglé, on peut tirer plus de 30 épreuves en encrant à chaque fois, mais sans mouiller de nouveau. Dès que les épreuves commencent à devenir un peu grises, on nettoie la planche en pressant une ou deux feuilles sans encrer, on lave à l'essence, on essuie, puis on y verse du mouillage à la glycérine, qu'on laisse séjourner à sa surface pendant quelques minutes, après quoi on s'encrage et on recommence l'encrage. Le papier doit être médiocrement mouillé, encollé ou non.

Le tirage achevé, on nettoie la planche, qui pourra servir à de nouvelles impressions. On la frotte doucement avec un petit tampon de linge fin imbibé d'essence de térébenthine, jusqu'à ce qu'il n'y reste plus aucune trace d'encre, puis on enlève l'essence avec un linge sec. On plonge enfin la plaque dans l'eau, où on la laisse séjourner une heure ou deux, et on la fait sécher. On la conservera à l'abri de l'humidité et, lorsqu'on voudra l'utiliser de nouveau, on n'aura qu'à la soumettre au mouillage glycérimé pour qu'elle soit prête à l'encrage.

Un bon atelier peut tirer 1 000 à 1 500 épreuves avec la même planche, dont l'établissement est d'ailleurs peu coûteux. On voit que le tirage est complètement différent de l'impression typographique : on ne peut donc utiliser ce procédé qu'en hors texte.

**Photolithographie.** — Ce procédé, ordinairement limité à la production de dessins au trait, est fondé sur le même principe que la photocollographie. Un papier recouvert de gélatine bichromatée est exposé à la lumière sous un négatif ordinaire (non retourné). Après lavage, on passe sur la couche impressionnée un rouleau garni

d'une encre dite *phototransfert*, spécialement préparée pour reports lithographiques. Cette encre est vendue toute prête, on peut facilement la préparer soi-même, suivant la formule M. Londe :

Cire. . . . .	1 gr.
Suif. . . . .	1 —
Savon noir. . . . .	1 —
Vernis moyen . . . . .	12 —
Térébenthine de Venise . . . . .	6 —
Noir de fumée : quantité suffisante pour obtenir un beau noir.	

L'encre grasse adhère aux parties rendues imperméables par la réduction du bichromate, tandis qu'elle est repoussée sur les parties imbibées d'eau qui correspondent aux blancs de l'image.

Cette impression préliminaire est ensuite reportée sur une plaque lithographique ou sur une plaque de zinc ou d'aluminium, qui servent de planche définitive. L'épreuve encore humide est posée sur la pierre ou sur le métal; on la recouvre de deux ou trois feuilles de papier, et l'on met le tout sous presse. Au bout de quelques instants, on supprime la pression, on mouille à l'envers de l'épreuve, et, quand le papier est bien imprégné, on peut le détacher : l'encre doit être passée tout entière, par une sorte de décalcomanie, sur la pierre ou sur le métal.

On recouvre alors la pierre ou le métal d'une solution de gomme arabique, qui s'attache à la surface, excepté sur les parties qui portent le décalque à l'encre grasse. Si l'on passe ensuite un chiffon mouillé avec un peu d'eau chargé d'encre lithographique, celle-ci n'adhère qu'aux parties qui ne sont pas mouillées.

Le report n'est pas indispensable. On peut sensibiliser directement une pierre lithographique, en la recouvrant d'une couche d'albumine sensibilisée. Dans ce cas, l'impression exige un négatif retourné, comme en photographie phototypie. Comme le support de la couche sensible est rigide et opaque, le contrôle du tirage exige l'emploi d'un photomètre. La couche impressionnée est légèrement mouillée avec une eau douce, et l'on y passe un rouleau garni d'encre lithographique à corps gras, repoussé par l'humidité, n'adhère que sur les parties rendues imperméables par l'action de la lumière, tandis que le reste du dessin restent intacts partout où la lumière n'a pas eu

lubilité de l'albumine, qui joue ici le même rôle que la gomme arabique employée dans la lithographie ordinaire.

Actuellement, les pierres lithographiques sont presque toujours remplacées par des feuilles de zinc ou d'aluminium, plus légères, moins encombrantes, meilleur marché et susceptibles d'être utilisées sur les machines rotatives. La feuille métallique, dont le bord porte quelques trous permettant au cylindre de la presse rotative et à la platine de la presse à plat de l'agrafer solidement, — la feuille, généralement grainée, est recouverte d'albumine bichromatée ou de bitume de Judée. Après impression, encrage et dépouillement, le métal est mouillé à la gomme, et le tirage s'effectue suivant les procédés habituels de la lithographie.

La solution gommée dont on recouvre la « planche » pour qu'elle repousse l'encre grasse, n'est pas la même pour les deux métaux. Voici les deux formules ordinairement adoptées :

Pour le zinc :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Gomme arabique. . . . .	50 gr.
Acide gallique. . . . .	20 —
Acide phosphorique sirupeux . . . . .	3 cc.

Pour l'aluminium :

Solution de gomme à 10° Baumé. . . . .	1 000 cc.
Acide phosphorique sirupeux . . . . .	15 à 30 —

Nous avons dit que la photolithographie était ordinairement limitée à la reproduction des dessins au trait. Elle ne donne, en effet, que deux tons : le blanc du papier et la couleur de l'encre. Néanmoins, elle est susceptible de reproduire les sujets à modelés continus, à l'aide de certains artifices qui donnent l'illusion des demi-teintes, par le rapprochement de lignes ou de points entièrement noirs. A cet effet, on n'a qu'à exécuter le tirage sur pierre, sur métal ou sur papier à report d'après un cliché *tramé*, préparé comme nous l'expliquerons en analysant la similigravure. Certains ateliers arrivent à un résultat analogue à l'aide de clichés à modelés continus, en se servant de planches grainées recouvertes de bitume que la lumière insolubilise plus ou moins profondément. Il résulte de la forme ondulée de la planche, que la largeur des points mis



à découvert par le dépouillement varie suivant les gradations modelé. On mouille à l'eau gommée ces points de la surface mélique, on enlève le bitume et l'on passe l'encre lithographique qui est repoussée par les points humectés.

Aujourd'hui, de plus en plus on imprime les feuilles de zinc photolithographées, par l'intermédiaire d'une feuille de caoutchouc dite *blanchet*, tendue sur un cylindre : il reçoit l'impression, et à tour il le dépose sur le papier qu'un autre cylindre appuie contre et que son élasticité lui permet d'épouser parfaitement, de sorte qu'on peut faire usage de papiers même rugueux. Dans ce mode d'impression, dit *off-set* ou *roto-calco*, le phototype sur dalle ne peut pas avoir été retourné par prisme-objectif, puisque l'intermédiaire blanchet créera un retournement de plus : le zinc présente le texte lisible, et non vu comme dans un miroir.

\* \* \*

**Héliogravure.** — On désigne sous cette dénomination la gravure en creux, analogue à la *taille-douce*, à l'aide de planches obtenues par la photographie. C'est-à-dire que les parties qui doivent imprimer en noir ne sont point en *relief* pour se charger d'encre, comme en lithographie, mais en creux, et c'est dans ces cavités qu'on logera l'encre par un encrage bien appuyé, essuyant ensuite ce qui affleure la surface par la pression de cette planche contre un papier *mat* y déchargera l'encre en un relief d'ailleurs imperceptible; elle est légèrement élevée par la pression qui l'a chassée des creux, ce qui donne à l'image un velouté qu'aucun autre procédé ne permet d'atteindre.

Quand il s'agit de reproduire de simples dessins au trait, ce procédé est d'une réalisation facile, et depuis longtemps on sait comment obtenir des planches gravées par la lumière. Recouvrons, par exemple, une plaque de cuivre de bitume de Judée, comme le faisait Niépce, et exposons-la sous un diapositif. Si nous lavons ensuite dans l'essence de naphte la couche impressionnée, le vernis au bitume sera enlevé sur les parties correspondant aux noirs. La plaque étant placée dans un bain de perchlorure de fer, le cuivre mis à nu sera rouillé et chaque trait du modèle sera représenté par une rainure. Le bitume resté sur la plaque est alors complètement enlevé, on recouvre d'encre toute la surface métallique, puis on l'essuie avec un tamponnet.

de linge. La surface est ainsi nettoyée, mais l'encre est restée dans les creux, si bien qu'en pressant fortement contre la planche une feuille de papier préalablement assouplie dans l'eau, l'impression s'effectuera comme dans les procédés chalcographiques (gravure au burin, gravure à l'eau-forte, pointe-sèche, mezzotinte, aquatinte, etc.). La profondeur des creux est égale au relief de l'encre à déposer, soit à peine quelques centièmes de millimètre.

Mais cette méthode si simple ne convient pas à la reproduction photographique des demi-teintes. Si l'on veut reproduire une image à modelé continu, il est nécessaire de produire un *grain* à la surface de la planche. A cet effet, un grand nombre de moyens ont été proposés. Celui que nous allons décrire et dont on s'est servi presque exclusivement jusque vers 1910, fournit de magnifiques impressions. Il est dû à Klic et remonte à 1879 : depuis cette époque, il n'a subi que quelques modifications de détail.

*Héliogravure au grain de résine.* — La plaque métallique destinée à servir de planche d'impression est quelquefois en zinc ou en acier, mais on préfère ordinairement le cuivre rouge bien martelé et parfaitement plané. La surface en est d'abord dégraissée dans la potasse, puis passée au blanc d'Espagne et soigneusement lavée. Après dessiccation, elle est prête à être grainée.

Cette opération est effectuée à l'aide d'une *boîte à grainer*. C'est une caisse cubique, d'environ un mètre de côté, montée sur deux tourillons. Un tiroir s'ouvre sur l'un des côtés. On introduit par cette ouverture une certaine quantité, un demi-kilo, par exemple, de résine en poudre très fine, ordinairement constituée par un mélange de gommes : sang-dragon, copal et colophane. Après avoir fermé l'orifice, on imprime à la boîte un mouvement de rotation rapide, qui a pour effet de la remplir d'un nuage de poudre résineuse. (Des boîtes plus grandes sont fixes, et la résine y est mise en suspension par des palettes à balais, mues de l'extérieur par une manivelle.) Dès qu'on arrête le mouvement, les grains de résine commencent à tomber au fond de la boîte, d'abord les plus gros, puis les grains moyens, et enfin les plus fins. Au bout d'une ou deux minutes de repos, il ne reste plus en suspension dans l'air que les grains d'une extrême ténuité. On ouvre alors doucement le tiroir, on place sur un support disposé à cet effet la plaque à grainer, et on referme le tiroir.

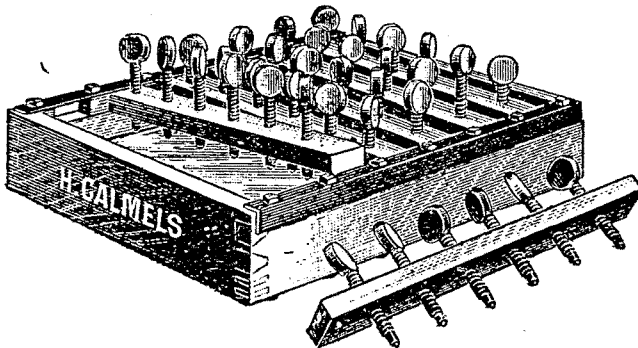
Après un séjour de vingt à vingt-cinq minutes dans la boîte, la plaque se trouve recouverte d'une poussière de résine uniformément répandue sur toute sa surface. Il est bon, néanmoins, de l'examiner à la loupe, et, si l'on y découvre la moindre irrégularité (lacunes ou superpositions de grains), il ne faut pas hésiter à recommencer la manœuvre précédente.

Quand le grain est reconnu parfait, on le fixe en chauffant la plaque avec précaution, de façon que la résine soit assez molle pour adhérer au métal, mais sans aller jusqu'à la fusion complète qui permettrait aux grains de se souder et de former une couche continue. Aussi ne faut-il pas dépasser 80° ou 90°.

La plaque grainée est alors recouverte de la solution suivante, à la température de 40° environ.

Eau . . . . .	1 000 cc.
Gélatine . . . . .	100 gr.
Bichromate de potassium . . . . .	20 —

On fait sécher dans l'obscurité, à l'abri de la poussière, et l'on expose à la lumière, *sous un diapositif*. Le contact entre la couche



Cl. Calmels.

Fig. 76. — Châssis-presse pour héliogravure.

du cliché et celle de la planche doit être parfait sur toute l'étendue de la surface, afin que le tirage fournisse des images nettes. C'est pourquoi on fait usage d'un châssis-presse spécial (fig. 76) muni de vis destinées à régler la pression et à la répartir uniformément sur toute la plaque.

Ces vis portent directement sur le dos de la planche, sans interposition de volet ni de feutre.

La rigidité de la plaque de cuivre et son opacité empêchent de surveiller directement le tirage. La durée de l'exposition est donc réglée par les indications d'un photomètre. Elle est, en moyenne, de

quinze à vingt minutes, sous un cliché vigoureux et par une bonne lumière.

L'impression achevée, on borde la plaque avec des boudins de cire à modeler, de manière à former une sorte de cuvette destinée à contenir le liquide qui va servir à la morsure. On peut aussi recouvrir le dos de la plaque d'un vernis imperméable et la placer dans une cuvette en porcelaine ou en ardoise contenant le mordant.

Le mordant est généralement une solution de perchlorure de fer à 45° Baumé. Ce liquide ne pénètre que difficilement la gélatine bichromatée rendue imperméable par l'action de la lumière. La plaque de cuivre demeure donc inattaquée aux endroits qui correspondent aux blancs de l'image et par conséquent aux parties les plus transparentes du cliché positif. Sur les parties préservées de l'action de la lumière par les opacités du diapositif, la gélatine est restée perméable : le perchlorure traverse donc rapidement cette couche et attaque le cuivre, mais seulement dans les intervalles séparant les grains de résine. Sous les grains de résine, la surface métallique est protégée contre l'action du mordant. Il en résulte que les noirs du sujet, ainsi que ses demi-teintes, seront représentés sur la planche par une multitude de petites cavités étroitement juxtaposées, discernables seulement à la loupe, et dont chacune pourra retenir l'encre pâteuse dont on la bourrera en encrant à la « poupée ». Ces cavités seront à peine marquées dans les faibles demi-teintes; elles seront un peu plus profondes dans les demi-teintes plus foncées et atteindront, enfin, leur maximum de profondeur dans les grands noirs. Plus la solution de perchlorure est concentrée, plus l'image est contrastée.

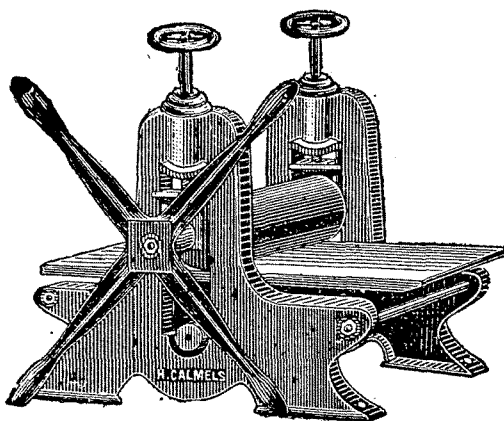
La morsure achevée, on nettoie la plaque à la potasse, à l'eau chaude et à l'essence de térébenthine, de manière à enlever la gélatine et le grain résineux. En examinant la planche au jour, sous une incidence convenable, on aperçoit très bien l'image : les blancs du sujet sont représentés par la surface métallique parfaitement unie et miroitante, tandis que les ombres sont marquées par un aspect grenu, un pointillé microscopique.

Au lieu de couler la gélatine bichromatée sur la plaque de cuivre, certains ateliers utilisent le papier au charbon. Après l'impression, le papier mixtionné est mouillé, puis transféré sur la plaque grainée. On procède au dépouillement dans l'eau tiède, puis à la morsure.

Le perchlorure pénètre la gélatine et atteint le métal d'autant plus rapidement que la couche insolubilisée est moins épaisse. Ce décalque permet d'économiser les frais d'établissement d'un cliché sur verre.

Le cuivre ne supporte pas un long tirage. Si la planche doit fournir un grand nombre d'épreuves, il faut la recouvrir d'une mince pellicule de fer déposé par galvanoplastie. Cette opération est désignée sous le nom d'*aciérage*. Mais il est rare que l'héliogravure soit destinée à un fort tirage.

Le tirage s'effectue sur les presses employées dans la gravure en taille-douce (fig. 77). Il exige beaucoup de soins et des



Cl. Calmels.

Fig. 77.

Presse pour l'impression en taille-douce.

ouvriers habiles. On encrè la planche en y promenant partout, d'un mouvement circulaire, en berçant et en appuyant, un tampon de linge couvert de peau, dit *poupée*, imprégné d'encre grasse. Quand la plaque est uniformément noire, il faut l'essuyer en y passant avec précaution des tampons de mousseline humectés de potasse. Cet essuyage superficiel enlève l'encre déposée à la surface de la planche, mais laisse subsister celle qui a pénétré

dans les creux. Ceux-ci sont d'autant plus profonds et retiennent par conséquent d'autant plus d'encre qu'ils correspondent à des parties plus sombres de l'image. La planche bien essuyée donne une idée assez exacte de ce que sera l'épreuve; il est donc facile de se rendre compte si l'encrage est bon ou s'il vaut mieux le recommencer.

Le papier destiné à l'impression est préalablement imprégné d'eau, afin d'être assez souple pour pénétrer dans les cavités microscopiques qui retiennent l'encre. Après l'avoir épongé, on le met en contact avec la planche encrée, on pose par-dessus des pièces de flanelle afin de faciliter la pénétration du papier dans les creux

de la planche, et l'on fait passer le tout, à deux reprises, sous le cylindre compresseur de la presse. Le papier, relevé d'abord par l'un de ses coins, doit emporter toute l'encre de la planche, dont le métal apparaît alors brillant jusqu'au fond des creux. S'il en était autrement, il y aurait quelque chose de défectueux.

Chaque épreuve exige un nouvel encrage suivi d'un essuyage, opérations relativement longues, surtout si la planche est de grande surface; et, si ces manipulations ne sont pas exécutées avec tout le soin voulu, la meilleure planche ne donnera rien de bon. La lenteur du tirage et l'attention qu'il nécessite expliquent le prix élevé des épreuves tirées en héliogravure. Mais, si ce procédé est relativement coûteux, les résultats splendides qu'il est susceptible de fournir le font choisir dans tous les cas où la question de prix est secondaire. Aucun autre mode d'impression photomécanique n'égale celui-ci pour conserver tous les détails du cliché photographique et en rendre fidèlement les plus délicates demi-teintes. L'éclat des blancs, la richesse du modelé, les noirs profonds dont la vigueur est encore accrue par le velouté du grain, tout contribue à placer l'héliogravure au premier rang des moyens de reproduction photographique de luxe.

Le rendement restreint et le coût des épreuves exécutées suivant le procédé qui vient d'être décrit, et qui est le plus répandu, ont suggéré divers perfectionnements dont il convient de connaître au moins le principe.

*Héliogravure tramée.* — Le sectionnement au grain de résine est souvent remplacé aujourd'hui par un sectionnement quadrillé, obtenu par l'emploi d'une trame extrêmement fine. Le cliché photographique négatif est reproduit, à la chambre noire, sur une plaque sensible devant laquelle est appliquée une trame à lignes opaques très fines contenant 100 à 150 lignes au centimètre dans chaque sens. On a ainsi une reproduction positive du modèle, divisée en cellules limitées par un quadrillage transparent. Un papier au charbon, sensibilisé au bichromate, est exposé à la lumière sous le cliché positif, puis mouillé, transféré sur un cylindre en cuivre et dépouillé dans l'eau chaude. Le cylindre est ensuite soumis à la morsure, dans la solution de perchlorure de fer, qui creuse le métal, excepté sur les points protégés par la gélatine insolubilisée sous les parties transparentes de la trame et du cliché. Après nettoyage,

le cylindre est monté sur une presse rotative où l'encre<sup>1</sup> est automatiquement effectué par les rouleaux, et l'essuyage par une lame d'acier souple animée d'un mouvement de va-et-vient. Ces dispositifs exigent un réglage parfait, car l'encre et l'essuyage des tirages en creux sont autrement délicats que dans l'impression en relief; aussi ces machines à héliogravure rotative sont-elles très coûteuses et délicates à conduire. Mais, une fois bien mises en train, leur rendement est considérable; aussi peut-on aujourd'hui imprimer par ce moyen des publications à bas prix, comme des magazines illustrés et des catalogues de grands magasins. Ici encore, le tirage de texte typographié ordinaire demanderait à être fait sur des presses typographiques, qui sont toutes différentes. Pour éviter cette complication, on photographie sur le métal tramé le texte composé en typographie; et le tout, texte et figures, est encré en creux et tiré à la fois

\* \*  
\* \*

**Phototypographie, ou photogravure proprement dit** (*en relief*). — Mais des raisons d'économie ou de rapidité imposent souvent un tirage typographique du texte, ce qui est le cas de journaux quodidiens : les caractères sont trop petits, le papier et l'encre trop médiocres, le temps trop limité, pour que la tramé presque microscopique de l'hélio-ROTO donne une netteté suffisante.

Pour tirer une gravure en même temps que le texte, il faut des clichés formés de lignes ou de points en relief, et creusés assez profondément que pour l'encre s'effectue de la même manière que sur les caractères typographiques. Autrefois, l'illustration dans le texte utilisait la gravure sur bois, labeur long et patient qui exigeait des artistes habiles et coûtait très cher. Aujourd'hui, le travail du graveur est à peu près complètement supprimé par la gravure photographique, et l'intervention du dessinateur lui-même se fait de plus en plus rare.

On désigne sous le nom de *photogravure* l'exécution par les pr

---

1. L'encre pour rotogravure est très fluide pour remplir aisément les minuscules alvéoles du cylindre tramé, mais cette fluidité est obtenue par la présence d'un solvant volatil dont l'évaporation activée par un courant d'air chaud la rend très vite pâteuse et lui permet de sécher sitôt déchargé sur le papier.

cédés photographiques de planches reproduisant en relief les traits d'un dessin (noir pur sur blanc pur). Pour la reproduction des sujets à demi-teintes (photographies, tableaux à l'huile, lavis, mine de plomb, etc.), on a recours à la *similigravure*, qui sera analysée dans le paragraphe suivant.

La phototypogravure au trait est due à Charles Gillot, dont le père, Firmin Gillot, avait créé, en 1850, un procédé de gravure sur zinc, appelé *paniconographie*, permettant de reproduire typographiquement un dessin et d'exécuter des clichés analogues à ceux de la gravure sur bois sans l'intervention du graveur. C'est en combinant la paniconographie avec l'invention de Niépce, que Charles Gillot réalisa les procédés de photogravure au trait, tels, à peu près, qu'on les pratique encore actuellement.

Les clichés de trait sont presque toujours exécutés sur zinc. On se sert de plaques d'environ 2 millimètres d'épaisseur, parfaitement planées, polies et dégraissées. La couche sensible, primitivement constituée par du bitume de Judée, est maintenant presque toujours composée d'albumine bichromatée, qui permet d'obtenir les mêmes résultats beaucoup plus rapidement. Voici, à titre d'exemple, une des nombreuses formules de sensibilisation applicables à ce procédé :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Albumine sèche . . . . .	20 gr.
Bichromate d'ammoniaque . . . . .	15 —

La solution, préalablement filtrée, puis mûrie, est étendue sur la plaque, à la façon du collodion, égalisée par centrifugation à la tournette, et séchée dans l'obscurité.

Le dessin une fois photographié à l'échelle désirée sur collodion, après dessiccation, la planche est exposée à la lumière, dans le châssis-presse, sous le cliché (négatif retourné). La durée de l'insolation est déterminée à l'aide du photomètre; elle est généralement courte, le cliché ne présentant point de demi-teintes, mais seulement des noirs opaques et des blancs entièrement transparents. Au soleil, la pose ne dépasse guère une minute; à la lumière diffuse, elle atteint rarement une heure. Presque tous les ateliers utilisent aujourd'hui la lumière électrique, seule constante et toujours prête pour les travaux urgents. Les lampes sont généralement des tubes



à vapeur de mercure, qui fournissent beaucoup de radiations bleues, très actiniques.

La couche impressionnée est entièrement recouverte, au rouleau de gélatine, d'une encre grasse spéciale, puis on plonge la plaque dans l'eau. Après une ou deux minutes, on passe doucement sur la surface encrée un tampon d'ouate imbibé d'eau légèrement gommée et souvent tiède<sup>1</sup>. L'albumine non impressionnée se dissout, entraînant l'encre qui la recouvrait, et l'image apparaît, en traits noirs, sur le fond métallique. Le dépouillement achevé, on rince à grande eau, et l'on fait rapidement sécher à une chaleur modérée. L'encre restée sur les lignes insolubilisées ne résistant pas suffisamment à l'acide qui va creuser la gravure, il faut la renforcer par addition de substances résineuses. On prépare, dans ce but, un mélange de résine et de cire que l'on réduit en poudre très fine. Cette poudre est appliquée délicatement sur la planche à l'aide d'un tampon de coton; elle adhère à l'encre grasse, mais non au métal mis à nu. On époussette au blaireau, et l'on fait chauffer jusqu'à ce que l'image, qui était devenue mate par le dépôt de poudre, redevienne brillante et brun-rouge. La cire et la résine se trouvent alors fondues et forment sur les traits de l'image une couche compacte qui résistera parfaitement au mordant. Un court décapage de quelques secondes à l'eau-forte très diluée rend le métal mat et permet la retouche s'il y a lieu.

La morsure du zinc s'effectue dans une solution étendue d'acide nitrique. Une solution trop concentrée déterminerait un échauffement capable de ramollir les substances qui constituent les réserves. Aussi préfère-t-on attaquer le métal lentement : en employant une solution à 5 p. 100 d'acide du commerce (à 36° Baumé) la profondeur des creux déterminés par la morsure n'est que de 1/3 de millimètre par heure. L'acide est placé dans des cuvettes oscillantes auxquelles un mécanisme communique un mouvement continu de bascule, de manière à régulariser la morsure. Dans certains ateliers, l'acide est projeté sur la plaque par une sorte de pulvérisateur.

L'acide ronge le métal, le creuse partout où sa surface n'est pas protégée par les réserves. Quand il en a enlevé une certaine épaisseur, il commence à attaquer les talus sur lesquels se trouvent les

---

1. On dépouille à la benzine si la couche est au bitume de Judée.

réserves : la surface protégée par les substances grasses reste inattaquée, mais il n'en est pas de même des parois verticales qui sont mises à découvert par les progrès de la morsure. Les traits de la gravure seraient donc minés par-dessous et même parfois entièrement rongés, si l'on ne prenait certaines précautions. C'est à Firmin Gillot qu'est dû le tour de main grâce auquel les talus des reliefs sont protégés contre l'action du mordant : de là le nom de *gillotage* donné à l'opération suivante.

Dès que l'acide a légèrement creusé le métal, on suspend la morsure et on passe sur la planche une éponge douce imbibée d'une solution de gomme arabique et d'acide gallique, qui adhère au métal à nu, mais non aux réserves grasses. On lave ensuite sommairement, de manière à éliminer l'excès de gomme. Si l'on passe alors sur la planche un rouleau garni d'encre lithographique, le corps gras adhère aux lignes formant réserve, mais il est repoussé par la gomme dont il subsiste encore quelques traces contre le métal; on fait sécher, on saupoudre de colophane<sup>1</sup>, qui ne s'attache qu'à l'encre, et l'on chauffe modérément. L'encre et la résine se fluidifient, débordent légèrement et coulent sur les talus des reliefs, qui se trouvent ainsi protégés.

On procède alors à une deuxième morsure, un peu plus forte et plus prolongée, mais que l'on arrête comme la précédente, aussitôt qu'elle a déterminé des creux appréciables. Après lavage et séchage, on passe une nouvelle couche d'encre, on la saupoudre de résine au blaireau, on fait chauffer et l'on reprend la morsure.

Ces opérations sont recommencées jusqu'à sept fois, et même davantage, jusqu'à ce que la profondeur des creux atteigne environ 1 millimètre. Il résulte de cette méthode que les reliefs sont supportés par des bases qui vont s'élargissant de la surface au niveau inférieur des creux. Par suite du fractionnement des morsures et des protections, le profil des talus présente une série de gradins. Pour leur donner une forme oblique régulière, on procède à un encreage de toute la plaque au rouleau à flanelle souple. L'encre est ensuite saupoudrée de résine, et l'on fait chauffer. Le mélange

---

1. On emploie aussi la résine sang-dragon pulvérisée, qu'on blaireaute en divers sens en chauffant légèrement à chaque fois : elle se colle ainsi contre les pentes de zinc.

fond et coule : les saillies que présentent les talus sont ainsi mises à nu, et il suffit alors, pour les faire disparaître, de soumettre la plaque à une dernière morsure, dite de grand creux, qui ne grave le zinc qu'entre les traits assez distants, vu la largeur de l'empâtement protecteur formé par l'encre. On peut *affiner* encore, après enlèvement de l'encre à la benzine, en protégeant le sommet seul (traits) des talus par passage d'encre dure au rouleau de cuir et légère cuisson, puis en faisant une légère morsure.

La planche est enfin clouée sur un bloc de bois, de manière à se trouver au même niveau que les caractères d'imprimerie au milieu desquels elle doit être placée (épaisseur, 23 millimètres).

Cette méthode exige un négatif retourné. On peut utiliser un cliché ordinaire, en procédant par *report*. On impressionne alors d'abord sous ce cliché un papier enduit de gomme bichromatée, on le recouvre d'encre lithographique, on mouille, afin d'éliminer l'encre des parties préservées de l'action de la lumière par les opacités du négatif, et l'on applique le papier sur une plaque de zinc. La pression imprime l'image sur le métal, et si l'on soumet la surface encrée à l'action de l'acide azotique, le métal est attaqué sur les points laissés à nu, mais non sur ceux qui sont protégés par l'encre grasse. Bien entendu, on renforce les réserves, comme dans le procédé direct, par un saupoudrage de résine, et on fractionne la morsure en plusieurs phases alternant avec des encrages suivis d'un léger chauffage, afin de protéger les parois des reliefs.

Quand une portion du dessin doit présenter une teinte grisée uniforme, on peut, au lieu de la hachurer ou de la pointiller à la main, y faire un frottis de crayon bleu : le photogaveur appliquera à cet endroit sur le zinc un papier découpé suivant le contour voulu, et portant imprimé à l'avance un pointillé régulier décalquable (il en existe de diverses densités). Ce « point rapporté » une fois décalqué sur le zinc, y crée un pointillé protecteur qui résiste à la morsure.

**Similigravure.** — Les tirages typographiques ne donnent que deux tons : celui de l'encre et celui du papier. Il n'y a que du noir pur ou du blanc pur, et les nuances ne peuvent être faites (comme dans la gravure à la main) que par des traits plus ou moins épais ou serrés. Nous avons vu qu'en héliogravure ou en photocollographie, il n'en était pas de même, l'encre ayant des épaisseurs variables.

Pour reproduire par zincogravure des images à modelé continu, comme les photographies d'après nature, les tableaux, les lavis, il est nécessaire de transformer ce modelé en une combinaison de points ou de lignes plus ou moins larges et plus ou moins espacés. Le cliché n'imprimera en réalité que du noir pur sur du papier blanc, mais les teintes claires seront représentées par des points noirs très fins et très espacés, tandis que les teintes foncées résulteront du rapprochement de points noirs assez larges séparés les uns des autres par d'étroits lisérés blancs. C'est d'ailleurs ainsi que procède le dessinateur pour donner l'illusion d'un modelé, en couvrant son papier de points ou de hachures au crayon ou à l'encre. Il s'agissait d'arriver au même résultat sans l'intervention du dessinateur et par des moyens automatiques. On y a réussi, en sectionnant l'image photographique au moyen d'un écran grainé ou tramé<sup>1</sup>.

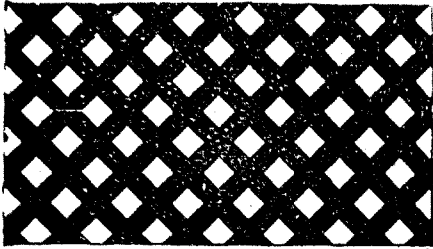
Dès 1853, Talbot interposait entre le phototype et la planche sensibilisée un tissu à trame très fine. Berchtold, en 1859, impressionnait sous le négatif une plaque enduite de bitume qui était ensuite exposée de nouveau à la lumière derrière un réseau à fines lignes parallèles obtenues en photographiant une trame lithographique. E. et J. Bullock, en 1865, disposaient pour la première fois la trame gravée sur verre dans l'appareil photographique, en avant et à faible distance de la plaque sensible. Cette trame était simplement formée de lignes parallèles, ainsi que celles de Swan (1879) et de la Compagnie Meisenbach (1882). C'est l'Américain F. Yves qui donnait, en 1886, sa forme actuelle à la similigravure, en créant la trame quadrillée et en substituant au diaphragme ordinaire de l'objectif un diaphragme carré.

Pour expliquer le rôle que joue une trame semblable à celle dont la figure 78 reproduit un fragment très agrandi, supposons d'abord l'objectif diaphragmé dirigé vers une surface toute blanche, et

---

1. Signalons que Gillot avait créé des « papiers procédés » à surface très grenue ou couverte de lignes saillantes et serrées, qu'un crayon noir pur sans nuances couvrirait plus au moins largement selon la pression de la main du dessinateur : on avait ainsi un plus ou moins grand nombre de reliefs très voisins couverts de noir, mais la teinte de celui-ci était partout la même, et l'on pouvait photograver « au trait ». Les papiers lignés, qui furent assez employés vers 1890, étaient souvent gris, et pour obtenir des blancs vifs on grattait ou gouachait l'enduit.

examinons à la loupe le verre dépoli. Si la trame quadrillée est en contact avec l'écran de mise au point, elle y projettera son image très nette. Mais, si nous éloignons lentement la trame, nous verrons sa silhouette s'estomper peu à peu et perdre progressivement de sa netteté. Chacune des mailles va former des ombres et des pénombres, et, en réglant avec soin la distance, nous arriverons à ce résultat que chaque élément de la trame apparaîtra comme une tache lumineuse au centre et s'obscurcissant



Cl. Calmels.

Fig. 78. — Trame de similigravure (très grossie).

régulièrement jusqu'aux bords, qui seront noirs.

Ce réglage effectué, si le verre dépoli est remplacé par une plaque sensible, nous obtiendrons un négatif qui paraîtra uniformément gris, vu d'une certaine distance, mais qui, examiné à la loupe, se montrera formé d'une multitude de points noirs au centre et régulièrement dégradés jusqu'aux

bords, qui seront transparents. « Les points de la couche sensible qui sont à l'aplomb de la croisée des lignes opaques ne reçoivent aucune lumière, mais de part et d'autre de ces zones obscures le halo d'une fenêtre rejoint les halos immédiatement voisins, et les éclaircissements s'ajoutent sur les parties communes<sup>1</sup>. »

Plaçons maintenant devant l'objectif, non plus une surface toute blanche, mais un lavis ou une épreuve photographique où se trouvent du blanc pur, du gris clair, du gris foncé et du noir. Prenons un temps de pose juste suffisant pour que les points correspondant aux blancs viennent bien noirs au développement, dans toute leur largeur. Les images du gris clair seront évidemment moins intenses, sur les bords extrêmes; celles du gris foncé ne seront suffisamment impressionnées qu'au centre de chaque maille; enfin, celles du noir seront, sinon entièrement invisibles, du moins pratiquement négligeables. Ainsi donc, à la condition de calculer exactement la pose et de développer de manière à obtenir un cliché brillant et plutôt heurté que doux, nous verrons le blanc du modèle représenté par des

1. DÉMICHEL, *Revue de l'Ingénieur*.

points larges et se touchant presque, les gris représentés par des points plus étroits et dont les bords seront par conséquent plus espacés les uns des autres, et les noirs représentés par des points imperceptibles.

Ce négatif donnera évidemment un positif sur lequel le blanc sera représenté par de très petits points espacés, les gris par des points plus larges et moins espacés, et le noir par des points dont la largeur sera presque égale à celle des mailles de la trame (fig. 79). Les nuances sont donc rendues uniquement par des points de même intensité et de même écartement, mais de diamètres variés. Rien n'empêche donc d'imprimer typographiquement au moyen d'un cliché sur zinc exécuté sous ce négatif et mordu à l'acide comme un cliché au trait.



Cl. Calmels.

Fig. 79. — Similigravure  
(trame de 20 lignes au centimètre).

Un tel phototype est exécuté à l'aide d'une chambre noire de construction spéciale (fig. 80). En avant de la plaque est disposé un cadre sur lequel est montée la trame et dont on fait varier la distance avec le plan focal à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. L'intervalle qui sépare la plaque sensible de la trame est généralement compris entre 2 et 7 millimètres, suivant la distance focale, la plus faible distance correspondant au plus court foyer.

Les trames dont on se sert actuellement sont ordinairement composées de deux glaces sur chacune desquelles ont été gravées à l'acide des lignes parallèles rendues opaques par l'application d'un vernis. Ces deux glaces sont superposées et collées au baume du Canada de manière que les deux lignes se croisant à angle droit forment un quadrillage. Depuis quelques années cependant la trame quadrillée est souvent remplacée par la trame Schulze (fig. 81), inventée en 1902 et dont les lignes opaques se croisent sous un angle

de 60°. Cette disposition permet plus de précision dans la repro-

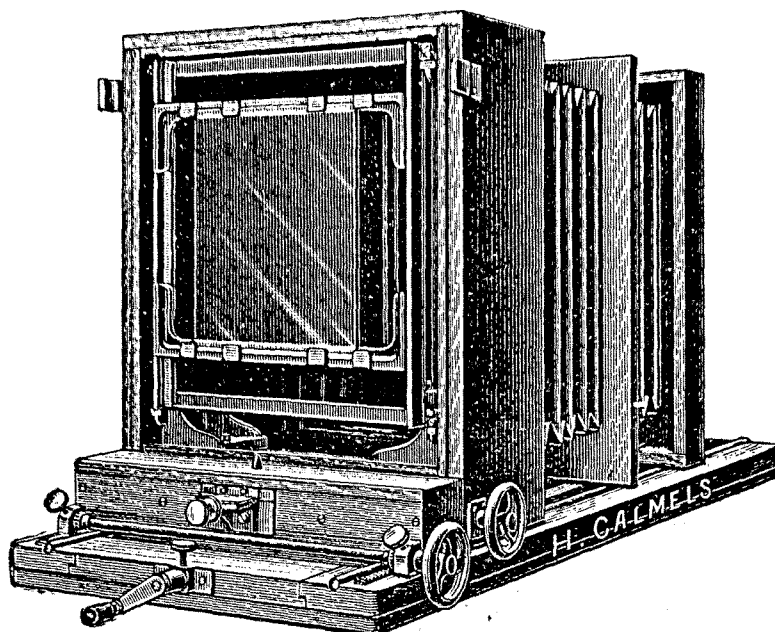
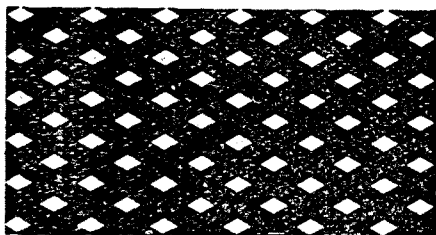


Fig. 80. — Chambre noire à porte-frames.

duction des détails et, sans compliquer ni la gravure ni le tirage, donne aux images une structure moins régulièrement apparente.



Cl. Calmels.

Fig. 81. — Trame Schulze.

La finesse de la trame varie suivant la nature des travaux à exécuter. On la désigne par le nombre de lignes gravées en un centimètre, ou plus généralement en un pouce anglais (25<sup>mm</sup>,4). Le prix d'une trame quadrillée du format 30 × 40 est de 400 francs, si elle ne contient que 30 lignes par centimètre; si elle en contient 80, son prix s'élève à 1 250 francs.

La structure de l'image, son modelé et ses contrastes, sont notablement modifiés suivant la forme et les dimensions du diaphragme. L'emploi de celui-ci repose sur une théorie assez compliquée et que nous ne pouvons approfondir ici. On se sert généralement de dia-

phragmes carrés, mais on utilise aussi d'autres formes, dont la figure 82 reproduit quelques modèles. Les ailettes évidées prolongeant les angles, et dont la longueur joue un grand rôle, font des jonctions entre les points qui, sans les élargir, donne à leur liaison du modelé et régularise l'opacité. Le plus souvent, on fait usage

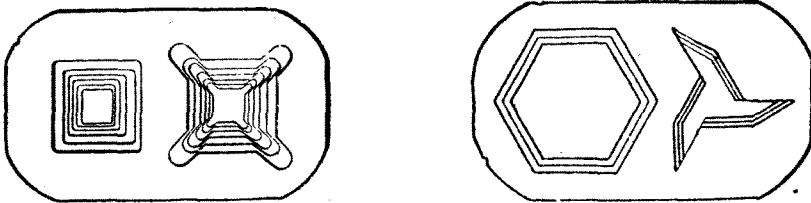


Fig. 82. — Diaphragmes pour similigravure.

de deux ou trois diaphragmes de formes et de dimensions différentes, que l'on substitue l'un à l'autre pendant la pose. C'est en proportionnant judicieusement ces poses fractionnées que le similigraveur arrive à obtenir un modelé correct. Par exemple, il forme des points fias dans les noirs, sans cela trop opaques, par une courte pose devant un papier blanc.

	NOMBRE DE LIGNES	
	par centimètre.	par pouce.
Pour grandes affiches . . .	20 à 25	50 à 60
Pour journaux quotidiens.	30 à 35	75 à 90
Pour travaux courants, papier ordinaire. . . . .	40, 48	100, 120
Pour travaux moyens, papier moyen. . . . .	53, 60	133, 150
Pour travaux soignés, beau papier . . . . .	70	175
Pour travaux très fins, papier couché. . . . .	80	200

La planche d'impression qui doit traduire en reliefs et en creux les blancs et les noirs du négatif, est une plaque de zinc ou de cuivre. Le zinc, dont le coût est moins élevé et la morsure plus rapide,



est employé aux travaux urgents ou peu soignés. Comme il se prête à une profondeur plus grande des creux, c'est également sur ce métal que sont gravés les clichés à grosse trame, comme ceux des journaux quotidiens. Le cuivre, plus facile à retoucher, moins altérable et plus résistant mécaniquement, est réservé aux travaux de luxe et aux longs tirages.

Le procédé à l'albumine décrit dans le paragraphe précédent est également applicable à la similitravure. Mais, en fait, on ne l'utilise que pour les clichés à grosse trame des journaux quotidiens, et, dans la plupart des cas, la simili est gravée au moyen du *procédé email*. Le colloïde employé dans ce procédé est une colle de poisson spéciale (Le Page), rendue soluble dans l'eau froide par une cuisson prolongée. Pour préparer la couche sensible, on mélange :

Eau . . . . .	200 cc.
Colle liquide pour email ( <i>fish-glue</i> ) . . . . .	100 —
Bichromate d'ammoniaque . . . . .	5 à 10 —

ou :

Eau . . . . .	200 cc.
Colle liquide pour email ( <i>fish-glue</i> ) . . . . .	60 —
Bichromate d'ammoniaque . . . . .	10 gr.
Albumine d'œuf . . . . .	25 —

ou :

Eau . . . . .	175 cc.
Colle liquide pour email ( <i>fish-glue</i> ) . . . . .	120 —
Bichromate d'ammoniaque . . . . .	8 gr.
Albumine d'œuf . . . . .	60 —

L'étendage de la plaque et la dessiccation s'effectuent comme dans les procédés précédents. La durée de l'exposition sous le négatif est de deux à trois minutes en plein soleil d'été, de une heure et plus en lumière diffuse, et de cinq à dix minutes à 30 centimètres d'une lampe à arc de 20 ampères.

Après l'insolation, on lave la plaque pendant deux minutes, afin d'en éliminer le bichromate. On colore ensuite la couche, de manière à mieux contrôler le dépouillement, en la plongeant pendant quelques minutes dans une solution de violet de méthyle (5 gr. par litre). On rince pour enlever l'excès de colorant, et on facilite le dépouillement par des frictions modérées au tampon d'ouate ou en

agitant la plaque dans de l'eau additionnée de son, de sciure de bois blanc ou d'amidon délayé à froid. L'image apparaît en violet intense sur fond métallique.

Le dépouillement achevé, on peut durcir la gélatine dans une solution à 10 p. 100 d'alun de chrome rendue alcaline par quelques gouttes d'ammoniaque; mais cette opération n'est pas indispensable.

Un progrès important a été le remplacement de la dalle de verre collodionnée et de son tirage sur métal, par la photographie directe à la chambre noire ou par contact sur un papier au bromure spécial (dit *Elka*); celui-ci, développé au pyrogallol et fixé, est appliqué sur le zinc et séché: son image reste décalquée sur le métal dans l'eau tiède, et le zinc est prêt soit pour l'encrage et le tirage photo-lithographique, soit pour la morsure (nous passons sous silence quelques opérations qui ne concernent que le praticien).

La plaque lavée et séchée est ensuite soumise à la cuisson, qui va transformer la gélatine en un corps suffisamment résistant au bain de morsure. A cet effet, on la place sur un gril métallique sous lequel on déplace un brûleur à gaz. Dès le début de la chauffe, l'image se décolore, par suite de la décomposition du violet de méthyle, puis elle réapparaît, à mesure que la gélatine subit une sorte de caramélisation, et sa couleur permet de juger de son degré de cuisson. Si le cliché est en zinc, on s'arrêtera à la nuance or pâle; s'il est en cuivre, on poussera jusqu'à la teinte brun rouge. On passe ensuite à la morsure.

Le mordant employé est l'acide nitrique dilué pour les clichés sur zinc, et le perchlorure de fer pour les clichés sur cuivre. Par suite du rapprochement des points dont l'image est formée, les creux de simili sont ordinairement limités à une faible profondeur, à peine sensible au doigt. La morsure de simili est donc plus rapide que la morsure de trait et s'opère généralement en une seule phase, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours aux complications du gillotage. Dans certains cas, cependant, la largeur des éléments de la trame et la profondeur des creux obligent à fractionner la morsure comme il a été dit au paragraphe précédent. La pose du négatif a été faite de façon à obtenir un point trop gras, pour tenir compte de la morsure qui rongera ce cône minuscule. Les régions suffisamment mordues sont recouvertes de vernis au pinceau pour les protéger alors que l'on continuera à creuser ailleurs.

Pour que l'impression soit bonne, il faut que chaque maille de la trame se trouve représentée sur la planche par un point en relief de largeur variable. Les teintes claires sont reproduites par des points très petits séparés par des lisérés blancs assez larges; les teintes moyennes sont représentées par un quadrillage, une sorte de damier formé de carrés blancs et noirs; enfin les teintes foncées sont traduites par des points blancs très étroits sur fond noir. Parfois même, ces points blancs disparaissent dans les ombres les plus intenses, et la touche est alors uniformément noire. De même, aux endroits correspondant aux plus vives lumières du sujet, le point noir en relief fait quelquefois défaut, et le papier ne reçoit aucune impression. Mais ces deux cas extrêmes sont exceptionnels et doivent rester limités à des espaces peu étendus, sans quoi l'image manquerait d'harmonie. Les noirs opaques seraient lourds, les blancs sembleraient rongés, et d'ailleurs il arriverait fréquemment que le rouleau encreur, n'étant pas soutenu au-dessus des cavités trop larges, les remplirait d'encre, d'où impossibilité d'imprimer des images propres.

Ce pointillé répandu sur toute la surface, même sur les endroits que l'on voudrait voir entièrement blancs, offre un réel inconvénient. La simili jette ainsi sur l'image une sorte de voile (le voile de sa trame) qui diminue l'éclat et les contrastes de l'original<sup>1</sup>, aussi bien que sa précision puisque les contours ne sont que des alignements de points. Ce voile est peu sensible quand la trame est d'une extrême finesse; mais une telle trame exige un matériel de premier choix, un personnel habile, un très beau papier et des encres de qualité supérieure, ainsi que de grands soins dans la « mise en train » et le tirage : ce qui en limite l'application aux publications de luxe.

Une trame très large donne des points gros, faciles à graver et à tirer, même sur des papiers grossiers, mais supprime beaucoup de détails et « grise » par trop l'image. Aussi l'emploi en est-il réservé aux journaux quotidiens.

Les trames de finesse moyenne sont les plus usitées, car elles permettent de concilier, jusqu'à un certain point, les exigences

---

1. Les rapports des luminosités des régions les plus blanches et les plus noires d'une épreuve en simili fine très bien tirée, sont d'environ 1 contre 2. En rotogravure (p. 402), on atteint 1 contre 35 ou 40.

artistiques avec les nécessités économiques. La finesse relative de ces trames exige déjà que la morsure soit limitée à de très faibles reaux, pour ne pas traduire le point dans les blancs. Il est donc nécessaire de régler l'encrage des reliefs avec le plus grand soin, afin d'éviter les empâtements. En outre, il faut employer des papiers à surface absolument plane et lisse, obtenue en recouvrant une pâte déjà très régulière d'un enduit brillant ou *couchage* à base de baryte.

Les papiers couchés ont souvent fait l'objet de justes critiques, bien qu'ils donnent des impressions très vigoureuses et d'une netteté parfaite. Leur surface miroitante fatigue la vue, et la lecture des textes qui y sont imprimés est pénible, à la longue. Ils sont, de plus, facilement salissants, fragiles, cassants, et la conservation des ouvrages imprimés sur ces pâtes complexes n'est rien moins qu'assurée.

Cependant, on arrive à réaliser d'excellentes impressions sur des papiers à surface mate, quoique très régulière. Ces papiers sont généralement assouplis dans de l'eau additionnée de 5 p. 100 de glycérine. Les images tirées de la sorte sont parfaites de netteté et de finesse; elles sont même plus belles et d'un aspect plus artistique que les épreuves glacées, et le texte qui les accompagne est beaucoup plus commode à lire sans fatigue pour la vue. On a aussi maté après coup des papiers couchés une fois imprimés, par passage entre rouleaux dépolis. Mais c'est surtout l'*off-set* (p. 396) qui par son impression sur caoutchouc permet le transport des points sur un papier presque rugueux.

La simili est loin d'égaliser l'héliogravure et même la photocollographie pour la beauté des résultats, mais elle se recommande par la rapidité avec laquelle est obtenue la planche d'impression et surtout la facilité avec laquelle on en tire économiquement de bonnes épreuves par les procédés ordinaires de la typographie, donc en même temps que le texte et à très grand nombre d'exemplaires, cela avec une exactitude autrefois inconnue. On conçoit donc la vogue dont ce procédé était appelé à jouir, à notre époque d'information rapide et précise. La photographie crée, en un instant, le document irrécusable, et la photogravure permet de le lancer dans le public le jour même. Aussi les revues périodiques l'utilisent-elles à profusion, de même que les livres, et les grands quotidiens eux-mêmes y ont constamment recours. La similigravure a multiplié

en quelques années les publications illustrées dans des proportions déconcertantes, en même temps qu'elle les rendait accessibles à tous. Il y a pourtant une tendance, pour les magazines les plus récemment créés, à la remplacer par la rotogravure, d'un aspect plus flatteur pour l'œil.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- J. BOCK, *Zincography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1895.  
 A. ALBERT, *Der Lichtdruck*, Halle a/S. (W. Knapp), 1898.  
 N.-S. AMSTUTZ, *Handbook of Photoengraving*, Chicago (The Inland Printer Co 1907).  
 C. BLECHER, *Die Verwendung des Zinks für die Lithographie*, Halle a/S (W. Knapp), 1908.  
 C. BLECHER, *Lehrbuch der Reproduktionstechnik*, Halle a/S. (W. Knapp), 1908.  
 A. BROQUELET et P. MAURON, *Traité de l'art lithographique*, Paris (Garnier 1907).  
 L.-P. CLERC, *Les Reproductions photomécaniques monochromes*, Paris (O. Doi et fils), 1910, 1925.  
 W. CRONENBERG, *La Pratique de la phototypographie américaine*, traduct. Féry Paris (Gauthier-Villars), 1898.  
 J.-M. EDER, *Die Pigment-verfahren und die Heliogravure*, Halle a/S (W. Knapp), 1896.  
 A. FISCH, *Traité pratique des impressions photomécaniques*, Paris (Ch. Merdel), 1901.  
 L.-P. CLERC, *Les reproductions photomécaniques polychromes*, Paris (Doin 1919).  
 G. DRAUX, *La photogravure pour tous*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.  
 F. LAMEY, *La photogravure rotative, historique, procédés, formules*.  
 L. MOOCK, *Traité pratique complet d'impressions photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1888.  
 NAUDET, *La Photocollographie sur supports souples*.  
 ROUX, *Traité pratique de zincographie*.  
 J. VERFASSER, *La phototypographie à demi-teintes* (traduct. Cousin), Paris (Gauthier-Villard), 1895.  
 VILLEMARE, *Le guide de l'opérateur dans la photogravure* (Dunod), 1921.  
 W. FITHIAN, *Practical Collotype*, Londres (Dawbarn et Ward).  
 E. FORESTIER, *Le Procédé Collo*, Paris (H. Calmels), 1909.  
 A.-F. VON HÜBL, *Die Photographische Reproductions Verfahren*, Halle a/S (W. Knapp), 1898.  
 J. HUSNIK, *Die Zinkätzung*, Vienne (Hartleben), 1908.  
 L. LAYNAUD, *La Phototypie pour tous*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.  
 R. NAMIAS, *I moderni Processi fotomeccanici*, Milan, 1899.  
 PÉRIODIQUES : *Le Procédé* (Calmels), *Le Cliché* (Éditions Papyrus).

- SCHILZ, *Manuel pratique d'héliogravure en taille-douce*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- J. VERFASSER, *The Half-Tone Process*, 4<sup>e</sup> édition, Londres (Hiffe and sons), 1907.
- L. VIDAL, *Traité pratique de photogravure en creux et en relief*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.
- J. VOIRIN, *Manuel pratique de phototypie*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Ch. Mendel), 1909.
- J. ADELINÉ, *Les Arts de Reproduction vulgarisés*, Paris (May et Motteroz).
- J. PINSARD, *L'Illustration du livre moderne par la photographie*, Paris (Ch. Mendel), 1897.
-



# LIVRE IV

## CHROMOPHOTOGRAPHIE

---

### CHAPITRE XVII

#### LE PROCÉDÉ TRICHOME

**Historique.** — Le désir d'obtenir les couleurs du sujet sur l'épreuve en même temps que les contours, est assurément contemporain des premières photographies elles-mêmes. L'idée de reproduire les couleurs du sujet par la superposition de plusieurs images photographiques monochromes est manifestement inspirée des procédés de chromotypie et de chromolithographie. Cependant, la nécessité de préparer autant de clichés que l'épreuve doit contenir de teintes aurait fait de cette combinaison une méthode trop complexe, si la théorie des couleurs fondamentales n'avait permis de réduire l'analyse du coloris à trois éléments.

En 1859, Clerk Maxwell exposait<sup>1</sup> une théorie des couleurs composées qui sera résumée dans le paragraphe suivant et qui peut être considérée comme la base essentielle des méthodes trichromes. Aussi, dès 1865, Collen, en Angleterre, décrivait-il succinctement un procédé de photochromie fondé sur cette théorie<sup>2</sup>. Toutefois, il ne faisait qu'énoncer le problème, sans indiquer le moyen de le résoudre pratiquement et sans même songer à une sélection opérée par un tamisage des radiations élémentaires à travers des écrans ou filtres colorés : il prétendait que, pour opérer cette sélection, il

---

1. *Proceedings of the royal Society of London*, t. X, p. 404-484.

2. *British Journal of Photography*, 27 octobre 1865, p. 547.



Il faudrait tout d'abord trouver des substances photographiques exclusivement et isolément sensibles aux trois couleurs primaires. Vers la même époque, le baron Ransonnet, en Autriche, entreprit des essais dans la même voie, en interposant des verres colorés, mais il ne parvint jamais à impressionner une plaque derrière un filtre jaune orangé, de telles radiations étant inactiniques pour les émulsions de l'époque.

Le 2 décembre 1867, Charles Cros déposait à l'Académie des sciences un pli cacheté qui ne fut ouvert, sur sa demande, que le 26 juin 1876. Ce pli contenait une note intitulée : *Procédés d'enregistrement et de reproduction des couleurs, des formes et des mouvements*. En voici un extrait :

« En premier lieu, trois épreuves photographiques sont prises successivement d'après un même tableau. Pour la première de ces épreuves, on interpose, entre le tableau et l'objectif de l'appareil photographique ordinaire, un verre rouge, pour la seconde un verre jaune, pour la troisième un verre bleu. Les rayons de lumière rouge contenus dans le tableau passeront en maximum à travers le verre rouge, et il en sera de même pour les deux autres sortes de rayons et les deux autres verres.

« Si maintenant, après avoir obtenu le positif des trois épreuves, on superpose les projections de ces positifs traversés respectivement par un rayon rouge, jaune et bleu sur un écran, la projection composée représentera le tableau donné avec ses teintes réelles....

« ... La superposition des trois épreuves positives sur une surface blanche, en ayant soin de constituer chacune des épreuves dans la couleur complémentaire de celle qui a servi à l'obtenir, donnera la reproduction définitivement fixée de toutes les teintes du tableau à reproduire, avec une exactitude que limitent seules la pureté et la transparence des couleurs employées. »

Louis Ducos du Hauron ne connaissait évidemment pas le contenu du pli cacheté déposé par Charles Cros, lorsqu'il prit, le 23 novembre 1868, un brevet dans lequel est décrite la méthode des clichés analytiques et des tirages superposés, à peu près telle que la pratique encore actuellement : « Si l'on décompose, disait-il, un tableau, en apparence unique, qui nous est offert par la nature, si de chacun de ces trois tableaux on obtient une image photog

lique séparée qui en reproduise la couleur spéciale, il suffira de fondre ensuite en une seule image les trois images ainsi obtenues pour jouir de la représentation exacte de la nature, couleur par couleur, et modelé tout ensemble. » -

Ducos du Hauron présenta cette théorie dans une note à la Société de Photographie le 7 mai 1869, et il y joignait deux trichromies photographiques avec leurs modèles.

Dès ses premiers essais, effectués avec le collodion humide, Ducos du Hauron avait reconnu la nécessité d'orthochromatiser ses plaques et indiqué diverses formules de collodion sensible au rouge, but que Monckhoven déclarait absolument illusoire. Il fut le premier à obtenir des épreuves photographiques reproduisant fidèlement les couleurs du sujet. La pratique n'avait pas tardé à lui démontrer que ses reproductions gagnaient en vérité, à mesure qu'il modifiait la couleur des écrans primitivement employés. C'est ainsi qu'il arriva à réaliser la sélection comme on la pratique aujourd'hui, à l'aide de filtres respectivement violet, vert et rouge orangé.

**Principe de la trichromie.** — Bien que le nombre des couleurs nous semble illimité, elles peuvent toutes se ramener, au point de vue de l'impression qu'elles déterminent sur notre œil<sup>1</sup>, à trois couleurs fondamentales, dont les combinaisons infiniment variées sont susceptibles de produire toutes les nuances possibles. Ce n'est pas là une simple hypothèse. Il semble bien démontré que l'organe de la vision humaine contient trois groupes de fibrilles nerveuses ou de pigments cellulaires affectés chacun à la perception d'une zone du spectre. Il y a plus : l'analyse attentive de certaines anomalies constatées chez des *daltoniens*, c'est-à-dire chez les personnes qui sont incapables de distinguer telle ou telle couleur, a permis de déterminer exactement la nuance des trois couleurs fondamentales.

1. Cette restriction est importante : il est bien évident, en effet, que la véritable nuance verte due à des ondulations lumineuses ayant pour longueur d'onde 52 cent-millièmes de millimètre, ne saurait être reconstituée en mélangeant des ondulations jaunes de 59 et des bleues de 48. Aussi les procédés trichromes ne peuvent-ils *absolument pas* reproduire toutes les nuances du spectre, mais seulement les trois portions qui sont celles que laissent passer les trois filtres, et deux régions intermédiaires formées par les superpositions des parties communes, si les filtres, peu sélectifs, en présentent. « De par son principe même, la photographie trichrome ne peut reproduire une couleur plus simple que celles des filtres utilisés à l'analyse. » (L.-P. CLERC.)

On admettait autrefois, avec David Brewster, que ces trois couleurs sont le bleu, le jaune et le rouge carmin. Il est acquis maintenant, conformément aux théories de Young, de Helmholtz et Maxwell, d'ailleurs corroborées par les résultats de la photographie trichrome, que les couleurs fondamentales sont le violet, vert et le rouge orangé. Nous allons voir cependant que, dans la photographie trichrome par tirages superposés, l'image colorée est formée de bleu, de jaune et de rouge carmin. C'est qu'il importe de ne pas confondre les mélanges de *lumières* colorées avec les superpositions de *pigments* colorés. Supposons, en effet, trois lames magiques garnies l'une d'un verre violet, la seconde d'un verre vert et la troisième d'un verre rouge orangé. Dirigeons sur un écran blanc les trois projections colorées, de façon qu'elles empiètent partiellement les unes sur les autres. Si les verres sont bien choisis et les intensités lumineuses exactement réglées, la zone où convergent les trois faisceaux paraît blanche, parce qu'elle réfléchit simultanément les trois couleurs dont la résultante produit sur notre rétine la sensation de la lumière blanche.

La région où le rouge orangé empiète sur le vert paraît jaune parce que lorsque nos nerfs sensibles au rouge orangé sont impressionnés en même temps que les nerfs sensibles au vert, la sensation éprouvée est exactement la même que si nous avions devant nous le jaune pur, tel qu'il existe dans le spectre solaire. Cette particularité s'explique, depuis que l'on sait que le jaune pur impressionne également les fibrilles du rouge orangé et celles du vert.

De même, l'impression simultanée du violet et du rouge-orangé correspond à celle du rouge carmin. De même, enfin, l'action combinée des radiations vertes et violettes agit exactement comme celle du bleu simple du spectre.

Si, maintenant, nous passons à l'effet des pigments mélangés, les résultats sont entièrement différents, et il est facile d'en trouver la raison. Un pigment est une substance, en poudre ou en pâte qui n'est pas lumineuse par elle-même, mais qui réfléchit la lumière ou seulement une partie de la lumière qui l'éclaire. La craie, par exemple, vue au grand jour, paraît blanche, parce qu'elle n'absorbe aucune des teintes du spectre solaire visible et les réfléchit toutes. vue à la lueur d'un feu de bengale bleu ou jaune, elle paraît bleue ou jaune. Un bleuets paraît bleu à la lumière blanche, pa

il ne réfléchit que la lumière bleue et absorbe les autres radiations dont la lumière blanche est composée. Une prairie paraît verte, ce que l'herbe absorbe toutes les radiations, sauf le vert. Une rose paraît rose, parce qu'elle ne réfléchit que les radiations roses et absorbe les autres. L'encre, enfin, est noire, parce qu'elle absorbe toutes les radiations et n'en réfléchit aucune.

Ainsi, quand nous mélangeons un pigment bleu et un pigment jaune, c'est-à-dire une substance qui absorbe le rouge et le vert, et une substance qui absorbe le bleu et le rouge, nous réalisons une combinaison où toutes les radiations sauf le vert se trouvent absorbées. Le bleu et le jaune à l'état de pigments forment donc un mélange vert. De même, le bleu et le rouge carmin forment un mélange violet; le jaune et le rouge forment un mélange orangé. Enfin, si nous mélangeons des pigments bleus, jaunes et rouges, nous formons un mélange où toutes les radiations se trouvent absorbées, et la résultante en est noire, tandis que le mélange des trois lumières colorées formait une résultante blanche. On exprime cette référence en appelant synthèse *additive* celle que l'on obtient par des combinaisons de lumières colorées, et synthèse *soustractive* celle qui résulte des mélanges de pigments absorbants.

Il convient aussi de rappeler en quoi consistent les couleurs *complémentaires*. Un objet bleu examiné à travers un verre orangé paraît noir; il en est de même pour un objet jaune examiné à travers un verre violet, ainsi que pour un objet rouge examiné à travers un verre vert. Sans entrer à cet égard dans des détails superflus, nous retiendrons que l'on exprime ces phénomènes en disant que le bleu est la couleur complémentaire de l'orangé, et réciproquement. De même, le jaune est complémentaire du violet et *vice versa*; de même, le rouge et le vert sont complémentaires l'un de l'autre. C'est-à-dire qu'une surface purement rouge ne renvoie pas la moindre trace d'un éclaircissement purement vert, et qu'un verre rouge ne se laisse absolument pas traverser par la lumière verte.

\*  
\* \*

Il nous reste à montrer l'application de ces principes à la reproduction photographique des couleurs.

Dans le procédé au charbon, si l'on fait usage d'un papier enduit

de gélatine colorée en bleu, les noirs du sujet, c'est-à-dire les parties transparentes du cliché, seront représentés par du bleu; si, au contraire, le pigment que contient la gélatine est rouge, cette couleur leur correspondra aux parties non impressionnées du cliché, et les noirs du modèle seront traduits par du rouge.

Or, la photographie trichrome est l'art de reproduire toutes les couleurs du modèle en superposant trois images partielles transparentes colorées l'une en bleu, la seconde en jaune et la troisième en rouge. Chacune de ces images porte le nom de *monochrome* parce qu'elle ne contient qu'une seule couleur.

Le monochrome bleu devra être tiré sous un cliché exécuté de telle sorte que toutes les parties du modèle bleues ou contenant du bleu soient représentées par des parties transparentes, afin qu'elles puissent figurer en bleu sur l'épreuve. Dans ce but, il faut éteindre toutes les radiations bleues venues du modèle, de façon qu'elles n'agissent pas plus que le noir sur la plaque au gélatinobromure. C'est pourquoi Ducos du Hauron a appelé sa méthode « Synthèse par soustraction de rayons ». Pour cela, il suffit de placer devant l'objectif, ou entre l'objectif et la plaque sensible, un verre orangé. On a vu, en effet, que l'orangé est la couleur complémentaire du bleu et qu'un objet bleu, vu à travers un verre orangé, paraît noir. Donc les parties bleues du modèle n'agiront pas plus sur la plaque sensible que si elles étaient noires; l'émulsion restera inattaquée sur ces points qui se traduiront, après développement et fixation, par de la gélatine entièrement transparente. Dès lors, le papier bichromaté bleu sensible en ces endroits insolubilisé par l'action de la lumière, qui aura traversé sans obstacle la gélatine transparente du cliché, et, en définitive, toutes les parties bleues du sujet seront conservées sur le *monochrome bleu*.

Un raisonnement analogue nous conduit à exécuter le *monochrome jaune* au moyen d'un papier-charbon enduit de gélatine jaune et tiré sous un cliché obtenu en interposant un verre violet. De même le *monochrome rouge* sera fait d'après un phototype impressionné derrière un verre vert.

Ces trois monochromes transférés sur le même papier et repérés de telle sorte que les trois images partielles coïncident, devro-

---

1. Du grec *μόνος*, seul, et *χρώμα*, couleur.

onstituer toutes les couleurs du modèle, si les opérations qui viennent d'être énumérées ont été convenablement conduites.

Il est à remarquer que les nuances les plus complexes, comme les que les peintres désignent sous le nom de *tons rompus*, ne sont pas plus difficiles à reproduire que les couleurs primaires. Ainsi, le vert, par exemple, résultera de la superposition du bleu et du jaune. Le vert, en effet, traversera sans absorption le verre violet; le cliché correspondant sera donc opaque sur les points ainsi impressionnés, et la gélatine bichromatée, restée soluble sous ces conditions, disparaîtra lors du dépouillement du monochrome rouge. Quant aux verres violet et orangé, ils absorberont chacun une partie des radiations vertes; les clichés correspondants conserveront une certaine transparence, les gélatines bleue et jaune seront, en grande partie, insolubilisées, et leur superposition reconstituera le vert. La nuance de ce vert pourra, d'ailleurs, varier à l'infini, selon qu'il contiendra des proportions diverses de bleu, de jaune, même de rouge, cette dernière couleur en très faible quantité, pour donner un ton rompu.

Quant aux parties blanches du modèle, elles impressionneront les trois plaques et s'y traduiront par des opacités. Par conséquent, les trois mixtions gélatineuses colorées, soustraites à l'action de la lumière, conserveront leur solubilité, et, les trois couleurs étant développées par l'eau chaude, laisseront le papier blanc à nu. Au contraire, les noirs du sujet n'impressionneront aucune des trois plaques, elles resteront transparentes : les trois gélatines mixtionnées seront donc insolubilisées par la lumière, et les trois pigments superposés formeront une résultante noire.

**Pratique de la trichromie.** — Le procédé trichrome par les trois couleurs fondamentales exige trois séries d'opérations :

1<sup>o</sup> La sélection ou analyse des couleurs, c'est-à-dire l'exécution de trois négatifs impressionnés chacun par une seule des couleurs fondamentales; il faudra donc trois poses derrière trois écrans transparents colorés, ce qui exclut l'instantané.

2<sup>o</sup> Le tirage de trois monochromes colorés respectivement en bleu, en jaune et en rouge;

3<sup>o</sup> La superposition des monochromes, réalisant la synthèse des couleurs.

Le matériel photographique ordinaire suffit généralement à

l'exécution des images trichromes. Toutefois, il est indispensable que les lentilles de l'objectif soient absolument incolores, sans quoi le coloris serait inévitablement faussé. En outre, dans les travaux de précision, on emploie des objectifs *apochromatiques* ou *antispectroscopiques*, c'est-à-dire corrigés de l'aberration chromatique pour toutes les radiations visibles, de telle sorte qu'elles aient toutes le même foyer. Deux des images seraient ou floues ou de dimensions légèrement différentes, s'il n'y avait pas coïncidences focales.

**Analyse ou sélection.** — La première opération du procédé trichrome consiste à décomposer les couleurs du sujet, en exposant trois négatifs impressionnés chacun par une seule des couleurs fondamentales. Chacune des trois plaques employées pour ce but doit être spécialement sensibilisée pour la couleur complémentaire de celle du monochrome correspondant. Ainsi, pour obtenir un négatif qui servira à obtenir le monochrome bleu, on emploiera une plaque aussi sensible que possible à l'orangé; la plaque destinée au monochrome jaune sera surtout sensible au violet (c'est le cas des plaques ordinaires) et celle du monochrome rouge recevra un supplément de sensibilité pour le vert. En outre, comme on ne connaît aucun moyen de rendre une plaque uniquement sensible à un degré déterminé de radiations, l'analyse sera complétée en interposant pendant la pose, devant ou derrière l'objectif, un écran coloré dont la couleur de chaque écran doit être la complémentaire de celle du monochrome correspondant, comme on l'a vu dans le paragraphe précédent. Toutefois, sa nuance exacte et l'intensité de sa coloration sont subordonnées à la sensibilité des plaques employées; c'est d'après les nuances des trois filtres que l'on choisira, dans une très riche collection des colorants industriels, celles des trois couleurs complémentaires pour le tirage.

MM. Lumière ont fait connaître le mode de préparation des écrans à employer avec les plaques ordinaires, ortho A et ortho qu'ils fabriquaient à cette époque (1898) :

<i>Violet.</i>	Eau . . . . .	20 cc.
	Solution de bleu méthylène à 1/2 p. 100 . . . . .	20 —
<i>Vert.</i>	Solution de bleu méthylène à 1/2 p. 100 . . . . .	5 cc.
	Solution d'auramine à 1/2 p. 100 . . . . .	30 —

Orangé. Solution d'érythrosine à 1/2 p. 100 . . . . . 18 cc.  
Solution de jaune métanile saturée à 15° . . . . . 20 —

Dans chacune de ces trois solutions, filtrées et amenées à la température de 20°, on immerge, pendant cinq minutes, deux glaces à faces parallèles recouvertes d'une couche de gélatine. Les bains doivent être constamment agités pendant la teinture. Après un lavage sommaire, on fait sécher les plaques à l'abri des poussières et on les colle deux à deux, gélatine contre gélatine, au moyen d'une solution visqueuse de baume du Canada dans le chloroforme.

Derrière l'écran violet, on emploie une plaque Lumière étiquette bleue; derrière l'écran vert, une plaque Lumière orthochromatique série A; enfin, derrière l'écran orangé, une plaque Lumière orthochromatique série B. Le temps de pose est environ 10 à 12 fois plus long avec les écrans vert et orangé qu'avec l'écran violet. Toutefois, cette indication n'est qu'approximative, le rapport précis entre les durées des trois poses variant pour chaque série d'écrans. Dans certains cas, il est utile de compléter l'effet des trois monochromes par un quatrième tirage, exécuté en noir. Le négatif correspondant est alors impressionné en interposant un verre jaune pour corriger l'action excessive du bleu violacé.

Le tableau ci-dessous reproduit les formules de préparation de quatre écrans combinés par M. Ludwig Englich<sup>1</sup>. Chacune de ces mixtions colorées est coulée sur deux glaces identiques, à raison de 8 centimètres cubes par décimètre carré. Après dessiccation, les glaces sont collées au baume du Canada.

	SOLUTIONS COLORÉES DE RÉSERVE	MIXTIONS COLORÉES
ÉCRAN VIOLET	Bleu carmin chimiquement pur . . . . .	Solution violette . . . . . 6 cc. Solution de gélatine à 10 p. 100 : 100 cc.
	Violet acide . . . . .	
	Acide acétique cristallisable . . . . .	
	Eau distillée tiède . . . . .	
	2 gr.	
	1 gr.	
	V g.	
	50 cc.	

1. *Le Procédé*, juillet 1907.



	SOLUTIONS COLORÉES DE RÉSERVE	MIXTIIONS COLORÉES	
ÉCRAN VERT	Jaune naphtol S. . . . .	3 gr.	Solution verte. . . . . 5 cc. Solution de géla- tine . . . . . 100 cc.
	Bleu carmin chimique- ment pur . . . . .	2 —	
	Vert naphtol Hoechst . . .	0 gr. 5	
	Acide acétique . . . . .	VI g.	
	Eau distillée tiède . . . .	150 cc.	
ÉCRAN ORANGÉ	Rouge dianile Hoechst. . .	3 gr.	Solution orange . . . . . 6 cc. Solution de géla- tine . . . . . 100 cc.
	Tartrazine chimiquement pure . . . . .	0 gr. 5	
	Acide acétique . . . . .	VIII g.	
	Eau distillée tiède. . . . .	100 cc.	
ÉCRAN JAUNE	Jaune naphtol S . . . . .	4 gr.	Solution jaune. . . . . 8 cc. Solution de géla- tine . . . . . 100 —
	Acide acétique . . . . .	V g.	
	Eau distillée tiède. . . . .	150 cc.	

Pour réaliser une sélection plus parfaite, on remplace parfois les écrans secs par des écrans liquides, constitués par des cuves en verre à faces parallèles remplies de liquides colorants. La figure 8

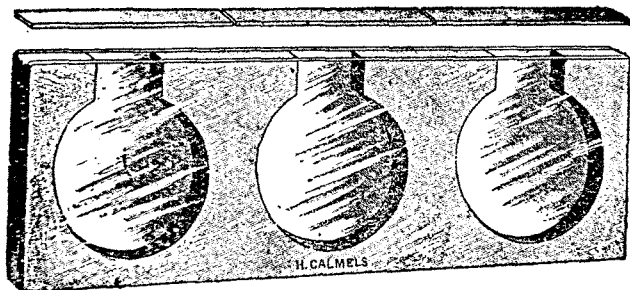


Fig. 83. — Cuves pour écrans liquides.

représente une série de trois cuves adaptées à la même monture ce qui permet d'exécuter les trois poses successives avec le moins de perte de temps possible. Les formules d'écrans

liquides indiquées dans le tableau suivant, d'après M. Ludwig Englic sont prévues pour l'emploi de cuves dont la distance entre joues soit de 5 millimètres. Pour les cuves de 10 millimètres, les liquides devraient être dilués d'un égal volume d'eau.

ÉCRAN VIOLET (*cliché du jaune*).

Solution à 0,5/1 000 de violet de méthyle crist. chimiquement pur. . . . . 250 c  
Eau distillée. . . . . Quantité suffisante pour compléter à 1 000 .

ÉCRAN VERT (*cliché du rouge*).

Solution à 5/1 000 d'acide picrique chimiquement pur. . . . .	210 cc.
Solution à 1/1 000 de bleu carmin chimiquement pur Hoechst . . .	80 —
Eau distillée. . . . .	Quantité suffisante pour compléter à 1 000 —

ÉCRAN ORANGÉ (*cliché du bleu*).

Solution à 2/1 000 de mandarine G. . . . .	260 cc.
Solution à 2/1 000 d'écarlate de Biebrich R . . . . .	210 —
Eau distillée. . . . .	Quantité suffisante pour compléter à 1 000 —

ÉCRAN JAUNE (*cliché du noir*).

Solution à 5/1 000 de jaune naphthol S. . . . .	165 cc.
Eau distillée. . . . .	Quantité suffisante pour compléter à 1 000 —

Ces solutions doivent être soigneusement filtrées et conservées dans l'obscurité, en flacons bien bouchés. Quand le cliché du jaune est exécuté sur plaque au collodion humide (pour tirages photo-mécaniques), le liquide violet est remplacé par de l'eau pure ou, ce qui est préférable, par une solution de sulfate de quinine ou d'esculine qui absorbe l'ultra-violet.

Bien d'autres formules pour préparer des filtres colorés ont été indiquées par divers auteurs, notamment von Hübl. Chaque marque de plaques s'accommodera au mieux de tel ou de tel trio de couleurs sélectives.

Les plaques impressionnées derrière les filtres sélecteurs doivent être développées de manière à obtenir trois (ou quatre) phototypes de mêmes densités. On conçoit, en effet, que si le cliché correspondant, par exemple, au bleu était doux et faible, et le cliché du rouge très intense et heurté, il ne serait pas possible de réaliser un coloris exact et bien équilibré.

**Synthèse par le procédé au charbon.** — Le principe des tirages trichromes au charbon a déjà été brièvement exposé (p. 327). En pratique, quelques précautions spéciales sont nécessaires, notamment pour éviter l'inégale extension des trois couches qui rendrait impossible le repérage exact des images monochromes à superposer. Cette difficulté a été évitée par l'emploi du papier mixtionné Vaucamps. Ce papier, livré en bandes de 76 centimètres de largeur, porte côte à côte trois couches mixtionnées respectivement en bleu, jaune et rouge, ayant chacune une largeur utilisable de 22 centimètres environ. Ces trois couches sont, à la nuance près, de constitution identique, et étant coulées en même temps par la même machine, présentent toujours une épaisseur identique; étant

coulées sur le même papier, trois feuilles, coupées dans le même sens à un même rouleau, subiront nécessairement des extensions identiques. MM. A. et L. Lumière ont décrit minutieusement la manière de préparer, impressionner, traiter et superposer les surfaces sensibles colorées qui donneront les positifs.

La sensibilisation, le tirage, le transfert provisoire sur verre ciré, s'effectuent comme à l'ordinaire, et le lecteur n'a qu'à se reporter à ce qui en a été dit au chapitre XII. L'essentiel, pour assurer l'équilibre entre les trois impressions, est de traiter simultanément les trois papiers, le bleu, le jaune et le rouge. Ainsi, on les laissera immergés en même temps dans le bain de bichromate, afin qu'ils possèdent tous trois la même sensibilité; la dessiccation s'accomplira à la même température, le tirage aura lieu dans des conditions identiques d'éclairage et d'état hygrométrique; le dépouillement, enfin, ne sera pas effectué dans une eau plus chaude ou plus froide.

Le support définitif est constitué par du papier de Rives recouvert d'une couche de gélatine. On y applique d'abord le monochrome jaune la plaque cirée qui le porte est mise dans l'eau, ainsi que le papier gélatiné; on met les deux couches de gélatine en contact, on sort le tout on éponge le papier et on passe la raclette afin de chasser l'eau et les bulles d'air. On laisse ensuite sécher, en ayant soin de coller sur les bords des bandes de papier qui empêcheront l'épreuve d'abandonner le support rigide avant complète dessiccation. Quand le séchage est terminé, on incise avec un canif bien aiguisé les quatre bords du papier, on le soulève par un des coins et on le détache avec précaution. On le plonge alors vivement dans une solution de gélatine à 4 p. 100 maintenue tiède (25° environ), et on le retire aussitôt.

On procède ensuite au transfert du monochrome bleu, qui s'effectue comme le précédent, avec cette différence qu'il s'agit de reproduire les deux images. Après avoir passé la raclette, on fait glisser les deux surfaces gélatinées l'une contre l'autre, jusqu'à ce que l'image bleue et l'image jaune coïncident exactement. On passe alors de nouveau la raclette, on éponge, et on laisse sécher. On procède de même pour transférer le monochrome rouge.

**Procédé par imbibition.** — Une variante intéressante de la méthode précédente consiste à impressionner trois pellicules bichromatées incolores et à ne les colorer qu'après le lavage dans l'eau chaude, en les immergeant dans des solutions respectivement bleue

jaune et rouge. L'avantage de la synthèse par imbibition, c'est qu'elle permet de rectifier le coloris, quand l'un des monochromes est trop faible ou trop intense, en renforçant sa coloration par une nouvelle teinture ou en l'atténuant au moyen d'un lavage plus ou moins prolongé. Nous avons parlé de ce procédé positif coloré p. 343; nous indiquons donc rapidement ici la marche générale d'un tirage trichrome d'après la méthode des frères Lumière (1898).

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran violet est colorée en jaune, après dépouillement dans l'eau chaude, par imbibition au moyen de la solution suivante :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Chrysophénine G. . . . .	4 gr.
Faire dissoudre à 70° et ajouter : alcool. . . . .	200 cc.

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran vert est colorée en rouge par la solution :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Solution à 3 p. 100 d'érythrosine J. . . . .	25 —

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran orangé est teinte dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Solution de bleu pur diamine F à 3 p. 100. . . . .	50 —
Solution de colle forte à 15 p. 100 . . . . .	70 —

Les images primitivement incolores, constituées par des épaisseurs variables de gélatine insolubilisée, se colorent progressivement, en absorbant le liquide colorant proportionnellement à leurs reliefs. La coloration n'est complète qu'après environ douze heures d'immersion. On lave ensuite sommairement, et on fait sécher.

Avant de superposer définitivement les trois pellicules colorées, on les applique l'une sur l'autre, sans les coller, afin de vérifier si la synthèse est exacte. Presque toujours, cette superposition provisoire révèle quelque inégalité et indique quelles sont les corrections à faire subir aux monochromes. Par exemple, si la résultante des trois impressions est trop verte, on renforcera le monochrome rouge en l'immergeant de nouveau dans la solution d'érythrosine. On peut également affaiblir un ou deux monochromes, par lavage à l'eau pure. Toutefois, si l'on emploie les colorants indiqués ci-dessus, le jaune et le rouge sont seuls susceptibles d'être affaiblis de la sorte.

Le bleu pur diamine fixé sur la gélatine bichromatée résiste aux dissolvants ordinaires, et ne dégorge que dans l'eau contenant 1 p. 100 de colle forte.

Ces corrections achevées, les trois pellicules sont transportées sur verre, si l'on veut obtenir un diapositif en couleurs, ou sur papier, s'il s'agit d'exécuter une épreuve visible par réflexion. Dans ce dernier cas, les monochromes doivent être moins fortement colorés. Ces transferts s'effectuent de la même manière que dans le procédé au charbon.

Par cette combinaison, MM. A. et L. Lumière ont exécuté de splendides diapositifs stéréoscopiques dont le rendu, saisissant de vérité, a gagné l'admiration de tous ceux qui ont pu les examiner. Mais ce sont là des résultats exceptionnels, et la complication des opérations qui viennent d'être succinctement résumées est trop souvent la cause d'échecs décourageants. L'apparition des plaques à réseau, dont nous parlons plus loin, a achevé de faire abandonner par les amateurs la trichromie par superposition.

**Similigravure trichrome.** — Par contre, la superposition des trois tirages monochromes par passage du même papier sous la presse typographique, est facile à réaliser à de nombreux exemplaires : aussi la trichromophototypogravure (plus simplement appelée chromogravure, ou impression trichrome) a-t-elle rapidement pris un grand développement. Blanquart-Evrard avait commencé à fonder cette industrie à Lille en 1872.

Les phototypes destinés à la similigravure en couleurs sont impressionnés, comme d'habitude, derrière une trame. Toutefois, il importe d'éviter la superposition des pointillés, surtout dans les demi-teintes qui présentent de délicates nuances, sans quoi les couleurs mélangées seraient ternes et lourdes : pour réaliser un coloris brillant et frais, il vaut mieux que les pointillés soient simplement juxtaposés, sauf dans les principales ombres du tableau, où la superposition des trois encres aura l'avantage de se traduire par un noir intense et profond.

Dans ce but, on emploie quelquefois trois trames différentes. Dans ce cas, la trame correspondant au monochrome bleu est quadrillée, celle du jaune est formée de traits parallèles dirigés obliquement, et celle du rouge par des traits obliques dirigés à angle droit par rapport à ceux du jaune. Il faut, en effet, que les traits de chaque trame présentent une inclinaison différente. S'ils étaient tous dirigés dans le même sens, il en résulterait un *moirage*. Cepen-

dant, il n'est pas indispensable d'employer une trame spéciale pour chaque monochrome. On construit des trames montées sur châssis tournant. La même trame sert ainsi pour les trois clichés : il suffit de la fixer dans des positions différentes. En même temps, on change aussi le diaphragme : ainsi, on emploiera, par exemple, un diaphragme ordinaire pour le bleu, un diaphragme allongé obliquement pour le jaune, et un diaphragme également allongé, mais oblique dans le sens opposé, pour le rouge.

Il va sans dire que l'exposition de chacune des trois plaques s'effectue en plaçant devant l'objectif un écran coloré, solide ou liquide, violet pour le cliché destiné à l'impression du jaune, vert pour le cliché du rouge, et orangé pour le cliché du bleu.

Chacun de ces clichés tramés sert ensuite à exécuter une planche sur cuivre, traitée par le *procédé émail* que nous avons décrit au chapitre précédent.

Le procédé trichrome permet ainsi d'arriver, à l'aide de trois tirages seulement, à des résultats qui valent au moins autant que les anciennes chromolithographies, qui exigeaient la préparation de sept ou huit planches et même d'un plus grand nombre. Le triage des couleurs constitutives de ces chromos était d'ailleurs fait à vue d'œil, donc incertain, très long, très difficile, et exigeait des artistes habiles, dits *chromistes*, tandis que les phototypes analytiques s'effectuent automatiquement, par la simple interposition des filtres sélecteurs violet, vert et orangé.

L'exposition successive des trois clichés, dont deux exigent l'interposition d'écrans qui décuplent la durée du temps de pose, excluait jusqu'à ces dernières années la reproduction des sujets animés. L'invention des plaques à filtres colorés (autochromes et autres), que nous étudierons dans le chapitre suivant, évite désormais toute difficulté. Le sujet est d'abord reproduit sur une plaque autochrome ou sur une plaque similaire, et c'est ensuite ce diapositif en couleurs qui sert à obtenir les trois clichés analytiques par interposition d'écrans sélecteurs violet, vert et orangé.

Les trois planches une fois gravées, le repérage des impressions monochromes, ainsi que leur mise en train pour bien équilibrer le coloris, nécessitent beaucoup de soin. Le choix des encres, qui doivent ne pas superposer de dominantes communes et être chacune complémentaire de la nuance d'un filtre, est également délicat.

Mais, une fois ce réglage préliminaire convenablement effectué, les tirages se succèdent rapidement et avec une régularité très satisfaisante, en sorte que le prix de revient de chaque épreuve en couleurs finit par être extrêmement modique.

La similitravure trichrome réalise donc un progrès appréciable sur les anciens modes d'impression en couleurs, mais il ne s'ensuit pas qu'elle échappe à toute critique. Trop souvent, le rendu de couleurs laisse à désirer, et il n'est pas rare que le coloris soit criard quand il n'est pas entièrement faussé. Des défauts sont dus tantôt à une sélection imparfaite des teintes fondamentales, tantôt à un orthochromatisme insuffisant des émulsions, tantôt à la complexité et à la longueur des opérations au cours desquelles la moindre erreur est susceptible de compromettre le résultat final. Qu'une couleur soit, même très légèrement, ou trop forte ou trop faible, et l'équilibre se trouve complètement rompu.

C'est pourquoi les ateliers soucieux de ne livrer que des produits irréprochables ont l'habitude de faire retoucher leurs clichés par des ouvriers expérimentés et d'ajouter, au besoin, une quatrième planche aux trois monochromes ordinaires. Ce tirage supplémentaire, en noir ou en brun, est effectué d'après un cliché exposé derrière un écran jaune. Quelquefois, cependant, ce monochrome additionnel est exécuté dans une autre nuance, suivant l'effet à obtenir, soit pour compléter le coloris, soit pour en corriger les inexactitudes.

On pourrait souhaiter que les trames utilisées en simili trichrome fussent notablement plus fines que celles dont on se sert actuellement, afin que les éléments colorés révèlent d'une manière moins apparente leurs formes géométriques. C'est dans ce but que les trames rayées ou quadrillées sont parfois remplacées par des trames à grain irrégulier. Il faudrait aussi trouver le moyen de se passer de ces papiers couchés dont le satinage excessif blesse la vue. Ces deux inconvénients ont déjà pu être atténués, en gaufrant le papier après l'impression. Le grain de ce gaufrage, qui imite l'aspect du papier dessin, détruit partiellement le lustre de la surface, en même temps qu'il dissimule un peu la trame de simili-gravure. Malheureusement, cette amélioration est limitée aux images destinées à être encadrées ou montées séparément; elle ne saurait s'appliquer aisément à l'illustration du livre, si les figures trichromes ne sont pas en hors-texte.

**Dichromie.** — En se bornant à prendre *deux* clichés du sujet, derrière deux écrans de couleurs complémentaires, on ne peut avoir toute l'étendue de la gamme des couleurs. Cependant on en reproduit les deux tiers, ce qui peut suffire à donner une idée suffisamment exacte des sujets où certaines couleurs ne sont pas représentées (par exemple le vert et le violet dans un portrait). Une autre commodité de ce procédé simplifié est que la superposition des deux monochromes peut être réalisée en les regardant dans un stéréoscope. Les tirages peuvent être faits l'un au ferricyanure (monochrome bleu), l'autre aux sels d'argent sans virer (monochrome jaune orangé) si les écrans sélecteurs ont été rouge pour le premier et vert pour l'autre.

## OUVRAGES A CONSULTER

- L. DUCOS DU HAURON, *Les Couleurs en photographie; solution du problème*, Paris (Marion), 1869.
- ✓ L. DUCOS DU HAURON, *Les Couleurs en photographie et, en particulier, l'Héliochromie au charbon*, Paris (Marion), 1870.
- CH. CROS, *Solution générale du problème de la photographie en couleurs*, Paris (Gauthier-Villars), 1869.
- H. CALMELS et L.-P. CLERC, *La Reproduction photographique des couleurs*, Paris (H. Calmels), 1907.
- E. COUSTET, *La Photographie des couleurs*, Paris (Larousse), 1907.
- A. DUCOS DU HAURON, *La Triplique photographique des couleurs et l'Imprimerie*, Paris (Gauthier-Villars), 1897.
- A. et L. DUCOS DU HAURON, *Traité pratique de la photographie des couleurs*, Paris (Gauthier-Villars), 1878.
- F. DROUIN, *La Photographie des couleurs*, Paris (Ch. Mendel), 1896.
- G. FRITSCH, *Beitrag zur Dreifarben-Photographie*, Halle a/S. (W. Knapp).
- HESSE, *La Chromolithographie et la Photochromolithographie*, Paris (Gauthier-Villars).
- A.-F. VON HÜBL, *Die Dreifarbenphotographie mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbendrucks, usw.*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp), 1912.
- E. KONIG et E.-J. WALL, *Natural Colour Photography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1906.
- L. TRANCHANT, *La Photographie des couleurs simplifiée*, Paris (H. Desforges), 1903.
- L. VIDAL, *La Photographie des couleurs par impressions pigmentaires superposées*, Paris (Ch. Mendel), 1904.
- L.-P. CLERC, *Les reproductions photomécaniques polychromes*, Paris (O. Doin et fils), 1919.
- ✓ J. THOVERT, *La Photographie des couleurs*, Paris (O. Doin), 1924.
- E.-J. WALL, *History of Three-Colour Photography*, Boston (American Photo Publishing Co), 1925.



## CHAPITRE XVIII

## LES PLAQUES A FILTRES COLORÉS

**Invention de la trichromie par éléments juxtaposés.**

— Ducos du Hauron, à la fin de son brevet du 23 novembre 1868 (déjà cité p. 420), signalait une importante simplification du procédé trichrome : « Enfin, disait-il, il existe une dernière méthode par laquelle la triple opération se fait sur une seule surface. Le tamisage des trois couleurs simples s'accomplit non plus au moyen de verres colorés, mais au moyen d'une feuille translucide recouverte mécaniquement d'un grain de trois couleurs. »

Supposons, en effet, qu'une plaque sensible à toutes les couleurs soit exposée, dans la chambre noire, derrière un *filtre trichrome*, c'est-à-dire derrière un écran transparent composé d'une multitude de très petits éléments colorés les uns en violet, d'autres en vert et les autres en orangé. Si les teintes de tous ces éléments sont bien équilibrées en intensité et en répartition, l'écran observé d'une certaine distance paraîtra incolore, mais la plaque sensible impressionnée derrière ce filtre, une fois développée, fixée et replacée en contact avec le même écran, exactement dans la même position qu'auparavant, montrera un négatif coloré dont les teintes seront les complémentaires de celles du modèle photographié. En effet, les rayons lumineux transmis par l'objectif traversent les particules colorées, avant d'atteindre le gélatinobromure, et subissent, par conséquent, suivant leur couleur propre et suivant la couleur des éléments qu'ils rencontrent, une absorption variable. Il en résulte une sélection qui aura pour effet de rendre certains éléments colorés invisibles et de ne plus laisser paraître que telle ou telle nuance.

Considérons, par exemple, une région du modèle colorée en bleu il est clair que les radiations bleues seront absorbées par tous les petits éléments sélecteurs orangés, tandis que les éléments violets et verts les laisseront au moins partiellement passer. La couche sensible

sera donc impressionnée sous les éléments violets et sous les éléments verts, tandis qu'elle restera inaltérée sous les éléments orangés. Après développement, et fixage, elle sera restée transparente sous chaque élément orangé, mais noircie et opaque sous les autres, en sorte que lorsqu'on superposera de nouveau le cliché et le filtre coloré, les éléments violets et verts seront masqués par l'argent réduit et opaque, tandis que les éléments orangés resteront visibles à travers les transparences du phototype. La région de la plaque correspondant à la région *bleue* du modèle, aura donc une teinte *orangée*, c'est-à-dire complémentaire.

Le même raisonnement montrerait que, sous la lumière verte, les éléments verts seront cachés par autant de points noirs formés dans l'émulsion après exposition et développement; et que la couche apparaîtra colorée en rouge, par suite de la visibilité des éléments orangés et des éléments violets<sup>1</sup>. Un raisonnement identique s'appliquerait à n'importe quelle nuance et expliquerait comment chaque couleur, simple ou composée, doit se trouver représentée par sa complémentaire. Quant à la lumière blanche, elle impressionnera l'émulsion derrière tous les éléments qui, tous, se trouveront ensuite masqués par les opacités de l'argent réduit : à cet endroit, la plaque ne laissera donc voir aucun élément coloré et paraîtra donc noire. Au contraire, un objet noir ne déterminant aucune impression, tous les éléments colorés correspondant à cette partie de l'image demeureront visibles, et la résultante des trois couleurs fondamentales vues simultanément sera blanche. Les demi-teintes, les tons rompus, seront, bien entendu, représentés par la disparition partielle des éléments sélecteurs correspondants.

Le négatif ainsi obtenu pourrait facilement être rétabli en couleurs naturelles si on le transforme en diapositif par la méthode d'inversion déjà décrite p. 377 (dissolution de l'argent dans l'acide chromique et second développement). Mais on peut aussi conserver le négatif

---

1. L'orangé et le violet (artificiels, et non pas les couleurs simples et irréductibles qui existent sous la même dénomination dans le spectre) contiennent en effet chacun du rouge : rouge et jaune pour l'orangé, rouge et bleu pour le violet. Dans leur réunion, le rouge prend donc une importance prédominante, et la teinte résultante peut être sensiblement le rouge intense si les deux nuances ont été bien choisies. De même le vert et le violet additionnés par juxtaposition ou superposition font apparaître une dominante bleue.

tel quel, et le photographe à l'aide d'une plaque également exposée derrière un filtre trichrome : on obtient alors une image dont les couleurs sont les complémentaires de celles du négatif, c'est-à-dire les couleurs même du sujet à reproduire.

Tels sont les résultats auxquels aurait dû, théoriquement, aboutir la combinaison suggérée par Ducos du Hauron. En fait, elle est restée impraticable pendant près de quarante ans. L'application en était d'abord impossible, à une époque où l'orthochromatisme n'existait pas encore; en outre, l'emploi d'une trame séparée de la plaque exigeait un repérage dont la difficulté croissait avec l'exiguïté des éléments sélecteurs. Ces derniers devaient être bien inférieurs à un millimètre carré, si l'on voulait que l'image eût une finesse suffisante pour les conditions normales d'examen.

En 1892, Mac Donough proposait de rendre la trame trichrome solidaire de l'émulsion. Une plaque de verre enduite d'un vernis poisseux était saupoudrée de particules gélatineuses ou résineuses colorées en violet, en vert et en rouge orangé. On obtenait ainsi une mosaïque microscopique sur laquelle était coulée une émulsion au gélatinobromure panchromatique. Toutefois, comme cette émulsion conservait un excès de sensibilité pour le violet et le bleu, l'inventeur jugeait nécessaire d'interposer, pendant l'exposition, un verre jaune compensateur. Ce perfectionnement décisif resta néanmoins à l'état de projet et passa à ce point inaperçu que, deux ans plus tard, on considérait comme une innovation la combinaison suivante.

Revenant au dispositif décrit vingt-six ans auparavant par Ducos du Hauron, M. John Joly, de Dublin, faisait breveter, en 1894, une trame trichrome distincte et indépendante de la couche sensible, mise dans le commerce en 1897. Cette trame était constituée par une glace sur laquelle étaient tracées des lignes colorées transparentes et parallèles, alternativement violettes, vertes et orangées. Il y avait environ neuf de ces lignes (trois de chaque couleur) par millimètre. Le repérage ne présentait pas de grandes difficultés, mais l'interposition de la trame, d'une finesse insuffisante, se traduisait par un aspect choquant : l'image examinée dans ces conditions paraissait comme entrevue à travers les barreaux d'une cage.

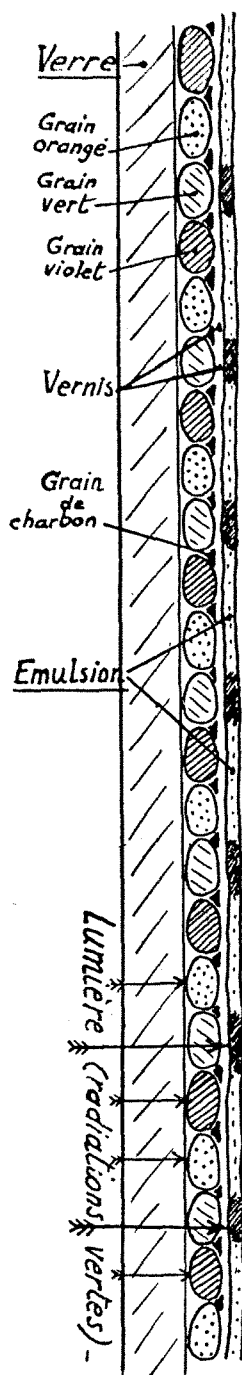
Pour atténuer ce défaut, il fallait rendre les éléments sélecteurs assez exigus pour demeurer invisibles à l'œil nu. Mais le repérage

se fait de plus en plus délicat à mesure qu'augmente cette exigüité, et finit même par devenir impossible, si bien qu'on se trouve amené à rendre le filtre sélecteur solidaire de la couche sensible, comme le proposait Mac Donough. L'image reste alors constamment visible avec ses couleurs; mais, comme chaque plaque doit être munie de son écran trichrome, il est indispensable que ce dernier puisse être fabriqué à bas prix. Mac Donough en 1900 préparait un réseau trichrome à 21 bandes par millimètre. En Angleterre surtout, d'autres réseaux indépendants à éléments réguliers plus ou moins fins ont été fabriqués : notamment la Paget, la Warner, etc.

Mais la première plaque à écran réunissant les conditions requises a été réalisée par MM. A. et L. Lumière, dont les plaques *autochromes*, inventées en 1904 et mises dans le commerce en 1907, ont fait de la trichromie par éléments juxtaposés le plus simple et le plus remarquable de tous les procédés de photographie en couleurs.

\*\*

**Fabrication des plaques autochromes.** — Les éléments colorés du filtre sélecteur imaginé par MM. Lumière ne sont pas, comme les précédents, des bandes régulières imprimées, mais une poussière colorée très bien mélangée. Ce sont des grains de fécule de pomme de terre choisis (par tamisage) parmi ceux dont les dimensions sont comprises entre 10 et 15 millièmes de millimètre, donc indiscernables à l'œil nu. Ces granules, ovales, très transparents et facilement perméables aux solutions colorantes, forment une poudre blanche très fine que l'on divise en trois lots, respectivement colorés en violet, en vert ou en rouge orangé. Après dessiccation, les trois poudres colorées sont mélangées, en proportions telles que le mélange ne présente point de teinte dominante. Ce pigment, gris neutre pour qui le voit à l'œil nu, est étalé sur des plaques de verre préalablement recouvertes d'un enduit poisseux. Ce saupoudrage est exécuté de telle sorte que la surface de chaque verre se trouve uniformément couverte de grains se touchant tous, sans aucune superposition. Toutefois, bien que les grains de fécule se touchent, il reste inévitablement entre eux, en raison de leur forme ovale, des interstices qui laisseraient passer la lumière et qu'il faut boucher. On écrase donc par laminage les grains sur leur support, de manière



à les rendre polygonaux et contigus par leurs bords, et les petites lacunes qui subsistent après cette opération sont bouchées par un saupoudrage de noir opaque. La pression laminante atteint 5 000 kilogrammes par centimètre carré.

Le filtre trichrome ainsi préparé contient environ huit à neuf mille éléments colorés par millimètre carré. C'est dire qu'il est impossible d'en soupçonner, sans le secours d'une loupe, la constitution granuleuse et tricolore<sup>1</sup> : la vue la plus perçante n'y aperçoit qu'une surface translucide, blanche par transparence et gris neutre par lumière réfléchie. Naturellement, il n'en est plus de même si l'examen se fait au microscope; cette surface, en apparence incolore, se montre formée de particules rondes ou polygonales très vivement colorées en violet, en vert et en orangé, séparées les unes des autres par d'étroits lisérés opaques. Un tiers est bleu violet, un peu plus en vert, un peu moins en rouge orangé. Le réseau ne laisse passer que 15 à 16 p. 100 de la lumière qui le frappe; son effet assombrissant est inévitable, et les qualités de transparence

1. Le hasard produit forcément, en très petit nombre, des réunions de plusieurs grains de la même couleur en amas visibles à la loupe parmi le mélange des autres presque isolés.

Fig. 84. — Coupe d'une plaque autochrome. En supposant que la lumière arrivant par la gauche (à travers le verre, puis les grains colorés) soit émise par une partie verte du sujet, cette lumière verte traverse très bien les grains verts et va noircir l'émulsion en face d'eux, comme il est représenté sur la figure. Tous les grains verts seront donc

masqués, et l'œil ne verra que les violets et orangés, dont le mélange donne du rouge.

de l'émulsion ont dû être étudiées en conséquence. Son épaisseur est de moins d'un soixantième de millimètre.

Cet écran est ensuite protégé par un vernis transparent, sur lequel est enfin coulée, après dessiccation, une émulsion très sensible et très panchromatisée, de grain très fin, en couche extrêmement mince (1/200 de millimètre).

Les plaques autochromes ainsi préparées ne doivent être manipulées qu'avec précaution, autant que possible dans l'obscurité complète, en raison de leur sensibilité à toutes les couleurs visibles. En outre, elles ne conservent pas indéfiniment leurs propriétés et présentent parfois, au bout de quelques mois, des traces d'altération qui se manifestent même plus vite quand elles n'ont pas été suffisamment préservées de la chaleur et de l'humidité. C'est pourquoi les boîtes contenant ces plaques portent une date indiquant l'époque avant laquelle il convient de les utiliser. Toutefois, si on les laisse dans leur emballage d'origine, où l'émulsion se trouve en contact avec un carton noir spécial, la durée de conservation dépasse notablement la date « limite » d'utilisation indiquée par prudence sur les boîtes.

**Exposition des plaques autochromes.** — Les plaques autochromes étant très sensibles à toutes les radiations visibles, l'ouverture des boîtes qui les contiennent et la mise en châssis ne doivent être exécutées qu'en lumière rouge extrêmement faible ou à la lueur d'une lanterne garnie de papiers *Virida* spécialement préparés à cet effet par MM. Lumière.

Chaque plaque est mise dans le châssis *verre en avant* et gélatine en arrière, contrairement à la disposition habituelle, car il est nécessaire que la lumière n'impressionne l'émulsion qu'après avoir traversé les granules colorés. Comme la couche sensible est très fragile, un carton noir la préserve des rayures qu'occasionneraient les ressorts du châssis. Ce carton, mis en même temps que la plaque et sans frottement contre elle, est fabriqué exprès pour n'avoir sur l'émulsion aucune action chimique qui la voilerait.

L'exposition de la plaque par le revers modifie évidemment la mise au point, puisque l'émulsion se trouve reculée de toute l'épaisseur du verre, soit 1 millimètre et demi. Toutefois, aucune correction n'est nécessaire, si l'on place en arrière de l'objectif le verre jaune compensateur préparé par les fabricants. L'interposition

d'un verre détermine, en effet, une élongation du plan focal, et l'épaisseur du verre jaune est calculée de manière à compenser assez exactement le recul occasionné par le retournement de la plaque sensible.

On peut aussi effectuer la mise au point en retournant le verre dépoli et placer le verre jaune en avant de l'objectif. Mais, de toute façon, l'interposition de ce verre est indispensable pour compenser les différences d'actinisme. Cet écran a l'inconvénient d'allonger notablement le temps de pose, mais sans cette précaution, on n'obtiendrait qu'une image bleue ou violacée. La nuance de l'écran fabriqué par MM. Lumière a été choisie avec le plus grand soin, de manière à réaliser une compensation chromatique rigoureusement exacte. Avec tout autre écran, l'effet serait presque à coup sûr imparfait; une couleur dominerait plus ou moins, au détriment des autres, et le coloris tout entier en serait inévitablement faussé. Par contre, si l'on modifie la nature de l'émulsion primitive, en l'hypersensibilisant par exemple (voir plus loin), ou si l'on emploie une autre lumière que celle du jour, il y a lieu d'utiliser un écran ayant un autre pouvoir sélecteur. Diverses formules en ont été données, et MM. Lumière préparent d'ailleurs une gamme assez variée d'écrans compensateurs, pour pouvoir envisager toutes les circonstances.

Malgré l'extrême sensibilité de leur émulsion, les plaques autochromes nécessitent une exposition environ 50 fois plus longue que les plaques Lumière étiquette bleue. La raison en est due à la double absorption que subissent les rayons lumineux en traversant d'abord le verre jaune, puis les grains de fécule colorés.

Vers le milieu de la journée, en plein soleil, pendant la belle saison, le temps de pose sera approximativement de une seconde et demie, si l'ouverture de l'objectif est égale à  $F : 10$ .

**Traitement normal des autochromes.** — La plaque impressionnée sera retirée du châssis, dans le cabinet noir, avec les mêmes précautions qu'au moment de la mise en châssis. On la placera dans une cuvette en porcelaine recouverte d'une planchette ou d'un carton, à moins qu'on ne fasse usage d'une cuve à fermeture étanche, dont il sera question plus loin. Il est évident que la désensibilisation préalable par immersion d'une demi-minute à une minute dans la Phénosafranine, Aurantia ou analogue en solution (v. page 193), est ici tout indiquée.

Les bains de développement pour autochromes sont très différents des révélateurs pour plaques ordinaires, vu les caractères très particuliers de l'émulsion. Nous commençons par le procédé qui permet de tirer le meilleur parti de grands écarts de pose.

*Premier développement.* — On prépare d'abord :

A. Eau . . . . .	100 cc.
Bisulfite de soude liquide (solution commerciale) . . . . .	2 gouttes.
Acide pyrogallique . . . . .	3 gr.
Bromure de potassium . . . . .	3 —
B. Eau . . . . .	85 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	10 gr.
Ammoniaque à 22° B . . . . .	15 cc.

Pour une plaque 13 × 18, on prendra :

Eau . . . . .	100 cc.
Solution A . . . . .	10 —
Solution B . . . . .	10 —

Ce mélange, ne se conservant pas, ne doit être préparé que *juste au moment de l'emploi*. Il ne sert qu'une seule fois et doit être jeté après; il est d'ailleurs déjà coloré avant la fin du développement.

Au moment où ce révélateur est versé dans la cuvette contenant déjà la plaque, on consulte une montre, en même temps qu'on remet en place le couvercle ou la planchette qui doit préserver l'émulsion de la moindre lumière. La durée du développement est strictement limitée : elle est *exactement de deux minutes et demie*, à la température de 15° à 16° qu'il est bon de ne pas dépasser.

Au bout de ce laps de temps, la plaque est retirée du révélateur et lavée dans l'eau pure pendant trente secondes environ. On la plonge ensuite dans le bain d'inversion indiqué plus loin.

Le développement à durée fixe peut être effectué hors du laboratoire, si l'on emploie certaines cuvettes spéciales par exemple la cuve Marbach. Son couvercle possède une double gorge A (fig. 85-86) qui entoure le récipient et dans laquelle s'engage le couvercle, empêchant toute introduction de lumière. Sur le couvercle est ménagée une ouverture C, avec des chicanes qui permettent de verser le liquide à l'intérieur sans que le moindre rayon lumineux y puisse



pénétrer. Une autre ouverture D, percée au fond de la cuvette et munie également de chicanes, laisse rapidement écouler les liquides, dès qu'on retire le bouchon qui la ferme, sans laisser entrer la lumière. On introduit d'abord la plaque autochrome dans la cuvette, soit en s'enfermant un instant dans le cabinet noir, soit au moyen d'un

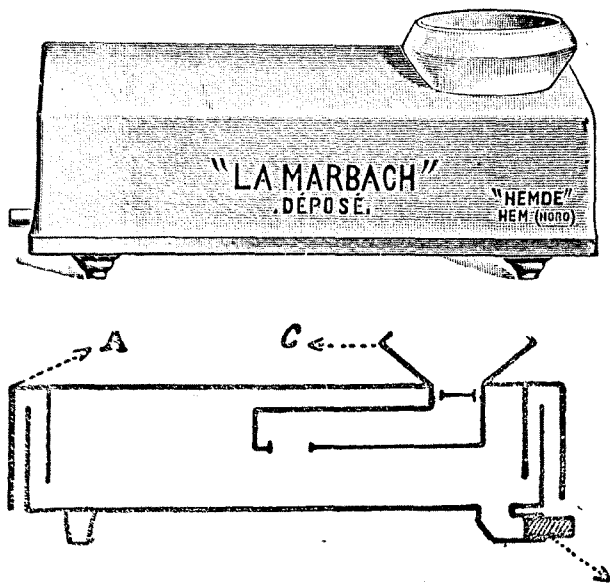


Fig. 85-86. — Cuve Marbach et sa section.

manchon en étoffe opaque, et l'on met le couvercle en place. Rien n'empêche ensuite de porter l'appareil en plein jour et d'opérer même *en plein soleil*, sans remarquer le moindre voile. Au moment de développer, on prépare le révélateur comme il est dit plus haut, et on le verse par l'orifice d'admission, dont la surface est très large, de façon que l'action du bain soit immédiate sur toute l'étendue de la

plaque. On consulte alors une montre (ce qui est beaucoup plus facile en plein jour que dans le laboratoire, surtout avec l'éclairage très atténué qu'exige l'émulsion des autochromes), on balance régulièrement la cuve, et, au bout de deux minutes et demie, on enlève le bouchon, ce qui permet au révélateur de s'écouler instantanément. On verse alors de l'eau pure par l'orifice supérieur, et on lave jusqu'à ce que le liquide qui sort par le fond soit parfaitement clair. On remet ensuite le bouchon, et on introduit la solution de permanganate acide qui va servir à l'inversion et permettra au bout de quelques secondes d'enlever le couvercle et d'achever en plein jour les opérations que nous allons décrire.

Une autre combinaison a été imaginée par M. Mackenstein. La plaque autochrome est placée dans un châssis spécial, qui s'adapte à une cuve étanche et permet de procéder au développement sans

qu'il soit nécessaire de se servir d'un manchon ni de passer dans le laboratoire. Le châssis une fois engagé dans les glissières du couvercle, on démasque la plaque en tirant le volet et on la fait tomber dans le récipient, en faisant fonctionner un levier de déclenchement. Les liquides sont introduits par un tube de caoutchouc finissant en entonnoir et fermé par une bague-pince.

*Inversion.* — Le bain de dissolution de l'argent réduit constituant le négatif, est préparé en mélangeant :

C. Eau (distillée de préférence) . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potassium . . . . .	2 gr.
Acide sulfurique à 66° B . . . . .	10 cc.

Cette solution ne se conserve qu'un certain temps. Il faut la rejeter dès qu'elle devient trouble et se décolore. Il est bien préférable de ne la préparer qu'au moment de l'emploi, et en partant des deux solutions suivantes, à mélanger à volumes égaux.

C' Eau. . . . .	500 gr.
Permanganate de potassium . . . . .	2 —
C" Eau. . . . .	500 gr.
Acide sulfurique pur . . . . .	10 cc.

La plaque, développée et lavée, est plongée dans ce bain de permanganate acide. A partir de ce moment, les opérations peuvent et doivent même s'accomplir en pleine lumière.

L'argent réduit par le révélateur est rapidement dissous par la solution C, et la plaque examinée par transparence montre déjà un positif en couleurs, très faible, il est vrai, et d'un aspect assez désagréable, car ses opacités ne sont constituées que par le bromure d'argent resté inattaqué par le révélateur et également respecté par le bain acide. C'est justement afin de pouvoir noircir rapidement ce bromure par un second développement, qu'il est nécessaire d'opérer en pleine lumière. Celle d'une ampoule électrique suffit, mais la flamme d'une bougie ou d'une lampe à pétrole n'agiraient pas assez.

Au bout d'une demi-minute à une minute, la dissolution de l'argent est complète<sup>1</sup>, et on jette la solution C, qui ne doit servir qu'une fois.

---

1. Le séjour ne doit pas durer plus de deux minutes, ou même une minute et demie en été.

On lave alors la plaque pendant vingt ou trente secondes. En même temps, on prépare le second révélateur.

Pendant l'été, il est utile d'assurer à la gélatine une résistance suffisante en la plongeant pendant deux minutes environ, au sortir du bain de dissolution du négatif, dans :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Alun de chrome . . . . .	10 gr.

On rince ensuite la plaque, avant de la passer dans le second révélateur. On peut aussi, dans le même but, laisser sécher la plaque, avant de procéder au second développement.

*Second développement.* — On prépare, au moment d'opérer :

D. Eau . . . . .	100 cc.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	1 gr. 5
Diamidophénol . . . . .	0 — 5

La plaque est laissée dans ce bain, en pleine lumière, pendant deux à trois minutes, quatre au plus. Dès ce moment l'image est complète et, si on la juge suffisamment vigoureuse, il n'y a plus qu'à laver trois à quatre minutes (éviter un jet trop fort), puis la laisser sécher à l'abri de la poussière, ce qui est bientôt fait vu le minceur de la couche; enfin, *sans fixage*, à vernir ensuite la couche comme nous le verrons plus loin. Mais, le plus souvent, elle est un peu pâle et gagne beaucoup à subir un renforcement, qui avive l'éclat des couleurs. Toutefois, rien n'empêche de laisser sécher la couche et de remettre à un autre jour la suite des opérations.

*Oxydation.* — Avant de renforcer l'image, il est indispensable d'éliminer la moindre trace de révélateur contenu dans la couche en plongeant la plaque, préalablement lavée pendant trente à quarante secondes, dans :

E. Eau . . . . .	1 000 cc.
Solution de permanganate acide C. . . . .	20 —

(Ne pas confondre ce bain dilué avec le bain original beaucoup plus fort<sup>1</sup>.)

L'immersion dans ce bain ne dure que dix secondes environ

1. Si la plaque pâlisait, c'est que le second développement aurait été insuffisant. Il faudrait alors, après lavage, traiter de nouveau la plaque par le révélateur (neuf) D, puis recommencer les opérations par E.

On lave ensuite pendant quinze à vingt secondes, et on procède au renforcement.

*Renforcement.* — On a préparé d'avance :

F. Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Acide pyrogallique . . . . .	3 gr.
Acide citrique . . . . .	3 —
G. Eau distillée . . . . .	100 cc.
Nitrate d'argent . . . . .	35 gr.

Pour renforcer, on mélange, *au moment même d'opérer*, dans une cuvette très propre :

Solution F . . . . .	100 cc.
Solution G . . . . .	10 —

Il faut observer l'accroissement d'intensité du diapositif, en l'examinant de temps en temps par transparence. Comme le nitrate d'argent salit les doigts, il est bon de saisir la plaque dans une pince spéciale dont les mâchoires doivent être en corne, en ébénite ou en celluloïd, mais non pas en métal.

Le mélange ci-dessus jaunit peu à peu et finit par se troubler. Il doit être employé au plus vite et rejeté aussitôt que le trouble commence à se manifester. Presque toujours, le renforcement est suffisant avant que cette limite soit atteinte. Néanmoins, si l'on juge nécessaire de pousser plus loin l'intensification, il faudra préparer un nouveau bain, identique au premier, et procéder à un second renforcement, mais seulement après avoir passé la plaque dans l'eau, puis dans la solution E (bain d'oxydation), puis de nouveau dans l'eau.

Il arrive parfois que les blancs de l'image se teintent fortement en jaune et présentent le voile dichroïque. Il ne faut pas s'en préoccuper, car le voile argentique qui en est la cause disparaît dans les opérations suivantes, qui sont d'ailleurs indispensables après le renforcement.

*Clarification.* — La plaque renforcée est lavée pendant quelques secondes, puis immergée dans une solution de permanganate *sans acide* :

H. Eau . . . . .	1 000 cc.
Permanganate de potasse . . . . .	1 gr.

On laisse agir ce bain pendant trente à soixante secondes.

*Fixage.* — Après un lavage sommaire, la plaque est fixée dans

I. Eau . . . . .	1 000 cc.
Hyposulfite de soude . . . . .	150 gr.
Bisulfite de soude (solution commerciale). . . . .	50 cc.

Au bout de deux minutes, on procède au lavage final dans l'eau courante. Il est inutile de prolonger ce lavage au delà de quatre cinq minutes. Ce fixage est indispensable pour une épreuve traitée par renforcement. Il peut se faire d'ailleurs en pleine lumière.

Si les blancs de l'image conservaient une légère teinte jaunâtre on la ferait disparaître, en recommençant le traitement au permanganate neutre (H) et à l'hyposulfite acidifié (I).

Aussitôt le dernier lavage terminé, la plaque est mise à égoutter dans un local suffisamment aéré pour que la dessiccation s'accomplisse aussi rapidement que possible. Mais il faut bien se garder d'activer le séchage par l'alcool, qui aurait pour effet immédiat de faire disparaître les couleurs. Il faut également éviter d'exposer la plaque à une température supérieure à 25°.

*Vernissage.* — Après dessiccation complète de la couche, il est nécessaire de la vernir, non seulement pour en assurer la conservation, mais aussi pour augmenter la transparence et l'éclat de l'image. Le vernis employé ne doit point contenir d'alcool, et le meilleur est celui qu'indiquent MM. Lumière :

J. Benzine cristallisable (benzol de houille). . . . .	100 cc.
Gomme dammar . . . . .	20 gr.

La solution sera filtrée, si elle n'est pas absolument limpide, et appliquée à froid : on en verse une quantité suffisante sur le centre de la plaque, horizontale, soutenue par l'un de ses angles ; on incline ensuite la plaque successivement ses quatre angles vers le bas, de façon à faire couler le liquide sur toute sa surface, puis on reverse par un angle l'excès de vernis dans son flacon muni d'un entonnoir.

Le diapositif en couleurs ainsi obtenu est d'une stabilité très satisfaisante ; il ne s'altère pas sensiblement à la lumière diffuse mais il faut éviter de l'exposer inutilement au soleil ou à la chaleur qui risqueraient d'occasionner des craquelures.

**Développement méthodique.** — Le développement à durée fixe (deux minutes et demie) indiqué dans le paragraphe précédent est pratiquement applicable qu'aux plaques dont le temps de pose ne s'est pas notablement écarté du temps de pose normal. En cas de surexposition, cette méthode conduit à des images pâlies dont les détails sont rongés, et en cas de sous-exposition, elle donne des diapositifs vigoureusement colorés, mais trop opaques. Le moyen de remédier à ces erreurs de pose est de substituer au développement ordinairement automatique une méthode différente permettant de reconnaître immédiatement (d'après la durée d'apparition des premiers contours de l'image dans un révélateur dilué) dans quelles proportions doivent être modifiées la durée totale du développement et la composition du révélateur. C'est la méthode de Watkins décrite p. 187.

Le laboratoire doit être éclairé par une lanterne munie de papiers *Virida*, qui laisseront apercevoir l'image sans la voiler. Le développement est effectué soit au pyrogallol, soit à la métoquinone.

*Développement au pyrogallol.* — On emploie la solution A telle qu'elle est indiquée au paragraphe précédent, mais la solution B sulfito-ammoniacale doit être diluée au quart, soit :

Solution B' {	Eau . . . . .	3 parties.
	Solution B . . . . .	1 —

Pour développer une autochrome 13 × 18, on verse dans la cuvette, toujours au moment même d'opérer :

Eau . . . . .	80 cc.
Solution A . . . . .	10 —
Solution B' ci-dessus ( <i>diluée</i> ). . . . .	10 —

D'autre part, on versera dans une éprouvette graduée 45 centimètres cubes de la solution B' diluée, prêts à être ajoutés en totalité ou en partie au révélateur pendant le développement, si on le juge nécessaire. La température du bain doit être de 15° à 16°.

On retire la plaque du châssis en s'éloignant le plus possible de la lanterne, et on la plonge rapidement dans le bain. On commence aussitôt à compter le nombre de secondes qui vont s'écouler entre l'immersion et l'apparition des premiers contours de l'image. S'il s'agit d'un paysage, il ne faut pas tenir compte du ciel.

Il est inutile d'observer l'image avant d'avoir compté au moins

vingt secondes, car, quel que soit le degré de surexposition d'un autochrome, les premiers contours ne se montrent jamais avant vingt-deux secondes. Jusque-là, il vaut donc mieux préserver l'émulsion de la lumière, en recouvrant la cuvette d'une planchette. Le nombre de secondes comptées depuis l'immersion de la plaque jusqu'à l'apparition de l'image sert à déterminer, d'après le tableau suivant, la quantité de solution B diluée qu'il faut ajouter au révélateur, ainsi que la durée du développement.

DURÉE D'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS DE L'IMAGE (sans tenir compte des ciels)	QUANTITÉ DE SOLUTION AMMO- NIACALE A AJOUTER APRÈS L'APPARI- TION DE L'IMAGE POUR UNE ÉPREUVE 13 X 18	DURÉE TOTALE DU DÉVELOPPEMENT A PARTIR DE L'IMMERSION DE LA PLAQUE		LA POSE A ÉTÉ :
		Minutes.	Secondes.	
Secondes. 22 à 24	Néant.	2	»	6 à 8 fois. trop longue.
25 à 27	2	2	15	4 —
28 à 30	8	2	30	2 —
31 à 35	15	2	30	normale.
36 à 41	20	2	30	de 1/3 trop courte
42 à 48	25	2	30	de 2/3 —
49 à 55	30	2	45	de 3/4 —
56 à 64	35	3	»	{ plusieurs fois trop courte.
65 à 75	40	4	»	
Au-dessus de 75	45	5	»	

On trouve dans le commerce ce tableau imprimé sur papier transparent, que l'on colle sur le verre de la lanterne, de manière à pouvoir le consulter plus commodément. C'est au moment où l'on voit les contours de l'image font leur apparition que l'on doit ajouter le complément nécessaire de la solution ammoniacale B diluée. Supposons, par exemple, que l'image ait commencé à se montrer cinquante secondes après l'immersion de la plaque : un coup d'œil jeté sur le tableau transparent nous indique qu'il faut ajouter trente centimètres cubes de solution B diluée et continuer le développement de manière que sa durée totale soit de deux minutes quarante-cinq secondes.

Ce laps de temps écoulé, on lave la plaque et on la passe dans bain d'inversion C.

\* \* \*

Le révélateur primitif est de conservation impossible, il en faut un autre pour le second développement, et le renforçateur et autres soins compliquent encore l'opération. Aussi l'amateur emploiera-t-il volontiers le traitement plus simple ci-après.

*Développement à la métoquinone.* — On prépare d'avance une solution concentrée :

Eau . . . . .	1 000 cc.
Métoquinone ou chloranol. . . . .	15 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .	100 —
Bromure de potassium . . . . .	16 —
Ammoniaque à 22° B. . . . .	32 cc.

Ce bain, surtout celui au chloranol, se conserve bien en solution concentrée; on le vend tout préparé d'ailleurs. On dissout en premier lieu, dans de l'eau bouillie et devenue tiède, la métoquinone ou le chloranol, puis après dissolution, le sulfite; ensuite le bromure, et enfin l'ammoniaque, seulement quand la solution est refroidie.

Si l'on juge le temps de pose à peu près correct, on prépare :

Eau. . . . .	80 cc.
Révélateur concentré ci-dessus . . . . .	20 —

On verse d'un seul coup sur la plaque, et en même temps on commence à compter les secondes de cet instant jusqu'à celui de l'apparition des premiers contours, toujours sans tenir compte de ceux du ciel. Dès cette apparition, on multiplie le temps par 10, et c'est à la fin de l'intervalle ainsi déterminé que l'on retirera la plaque pour la laver et passer au bain inverseur. Pour une pose normale, les premiers détails doivent apparaître au bout de trente secondes, et le développement durer en tout, par conséquent, trois cents secondes, soit cinq minutes.

Contrairement à ce qui se faisait plus haut, on ne jettera pas le bain révélateur, qui est destiné à resservir pour le second développement, après inversion.

*Développement méthodique.* — En cas d'incertitude sur la correction du temps de pose, ou d'erreur probable (par exemple si l'on



s'est trouvé forcé de poser moins qu'il n'aurait fallu), on emploie le bain suivant, plus dilué.

Pour développer une plaque 13 × 18, on verse dans la cuvette

Eau . . . . .	80 cc.
Révéléateur concentré à la métoquinone ou chloranol, différant de la formule donnée plus haut, en ce qu'elle ne contient que 6 grammes de bromure par litre au lieu de 16.	5 cc.

D'autre part, on verse dans une éprouvette 15 centimètres cub du révélateur *concentré*, et dans une autre éprouvette 45 centimètres cub de la même solution. On placera ces deux éprouvettes en proximité de la lanterne garnie de papiers *Virida*, de manière à retrouver immédiatement celle dont on aura besoin. La température du révélateur doit s'écarter aussi peu que possible de 15°.

On plonge la plaque dans la cuvette, et on compte le nombre de secondes qui s'écoulent jusqu'à l'apparition de l'image (toujours sans tenir compte des ciels). Si l'image apparaît avant quarante secondes, il faut ajouter seulement 15 centimètres cub de révélateur concentré; si, au contraire, elle n'apparaît qu'après quarante secondes, il faut ajouter 45 centimètres cub de solution concentrée. Ces indications, ainsi que la durée totale du développement, sont imprimées sur un papier transparent que l'on fixe sur le verre de la lanterne. Ce tableau, fourni gratuitement par les fabricants de plaques autochromes, est ci-après reproduit :

DURÉE D'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS DE L'IMAGE SANS TENIR COMPTE DES CIELS	QUANTITÉ DE RÉVÉLATEUR A AJOUTER DÈS L'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS	DURÉE TOTALE DU DÉVELOPPEMENT Y COMPRIS LA DURÉE D'APPARITION DE L'IMAGE	
		Minutes.	Seconde
Seconds.	Cent. cubes.		
Sur- exposition. { 12 à 14	15	1	15
{ 15 à 17	15	1	45
{ 18 à 21	15	2	15
<i>Pose normale</i> { 22 à 27	15	3	
Sous- exposition. { 28 à 33	15	3	30
{ 34 à 39	15	4	30
Forte sous- exposition. { de 40 à 47	45	3	
{ Au-dessus de 47	45	4	

Si l'autochrome a été traité par un désensibilisateur avant tout développement<sup>1</sup>, le mode de développement (effectué en lumière jaune ou même à celle d'une bougie ou lampe Pigeon) sera un peu modifié. On ajoutera seulement 15 centimètres cubes de révélateur *concentré* au bain ci-dessus (*dilué*), dans les conditions suivantes :

TEMPS ÉCOULÉ AVANT L'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS, SAUF LE CIEL	DURÉE TOTALE DU DÉVELOPPEMENT	
	Minutes.	Secondes.
Secondes. 15 à 17	1	30
18 à 19	2	
20 à 22	2	30
23 à 25	3	
26 à 32	3	30
33 à 39	4	
Plus de 39	4	30

*Procédé Meugniot.* — On peut simplifier encore le procédé de la manière suivante :

On emploie le bain concentré à 6 grammes de bromure par litre, et on en étend 30 centimètres cubes de 45 centimètres cubes d'eau : cette solution « forte » sera mise dans une éprouvette. D'autre part, on met dans la cuvette 4 centimètres cubes du bain concentré, avec 60 centimètres cubes d'eau, et c'est dans ce bain « faible » que l'on commence le développement. Dès que les premiers contours ont apparu (toujours sans tenir compte de ceux du ciel), on vide vivement le bain de la cuvette, et on verse à la place l'éprouvette de bain fort (ou l'on transfère la plaque dans une deuxième cuvette contenant ce bain); et on y continue le développement *exactement pendant le même temps* qu'a duré le premier. On a soit mesuré celui-ci à la montre, soit au sablier que l'on retourne dès que le second commence, pour arrêter sitôt le sablier vide.

1. Après désensibilisation on ne rincera pas la plaque, mais on l'égouttera seulement avant de l'immerger dans le révélateur.

**Inversion, redéveloppement et achèvement.** — Ces opérations se font exactement comme il a été décrit plus haut et dans les mêmes conditions. Toutefois le second développement (après lavage, inversion et lavage) s'effectue dans le même bain qui a déjà servi au premier, durant trois à quatre minutes en pleine lumière. Il n'y a ensuite ni clarification, ni renforcement, ni fixage, mais simplement quelques minutes de lavage, puis séchage à l'ombre à moins de 25°.

Si l'image était trop faible, il y aurait lieu de la renforcer. Il serait alors nécessaire de passer la plaque, d'abord dans le bain d'oxydation E, puis dans le renforçateur (solutions F et G), puis dans le bain de clarification H et enfin dans le fixateur I. Ces opérations devraient évidemment être faites avant que la plaque soit vernie; ou alors il faudrait la dévernir (à la benzine) préalablement.

**Sulfuration remplaçant le second développement.** — M. Paul Torchon a imaginé de supprimer le second développement, et de provoquer le noircissement du bromure d'argent restant, en le sulfurant par une solution sulfhydrique.

Pour cela, après l'inversion et un court lavage, on plonge deux minutes au plus dans :

Eau . . . . .	100 cc.
Alun. . . . .	1 gr.
Bilsulfite de soude liquide . . . . .	5 cc.

Puis, après un instant de lavage, immerger dans une solution très faible (1 à 5 p. 1 000) de *sulfure d'ammonium* : l'image noircit en quelques instants. Laver et sécher. La solution de sulfure peut servir longtemps, elle doit être conservée en flacon très bien bouché, car ses émanations attaquent facilement les émulsions et tous objets argentés. L'autochrome ainsi traitée peut être renforcée à l'iodure mercurique-sulfite si sa tonalité est un peu trop brunâtre.

**Insuccès.** — Le seul point vraiment délicat de l'autochromie c'est l'appréciation du temps de pose, d'où dépendent non seulement l'exactitude du modelé, mais aussi l'harmonie des couleurs, et c'est de là surtout que viennent les déceptions. Il importe donc de savoir à quels signes on reconnaîtra que l'exposition a été ou trop courte ou trop longue. Mais il convient de signaler aussi la conséquence de certaines négligences, assez fréquentes chez les débutants.

*Défaut de netteté.* — Si les contours du modèle sont seuls dédoublés, c'est qu'il a bougé; si la duplication s'étend à toutes les lignes du tableau, elle est due au déplacement ou à la vibration de l'appareil. Si le flou est général et d'aspect cotonneux, la cause en est imputable à une mise au point inexacte : on aura oublié de retourner le verre dépoli, quoique le filtre jaune fût placé derrière l'objectif; ou bien, le verre dépoli étant retourné, on n'aura adapté l'écran compensateur qu'après le réglage de la mise au point.

*Image jaunâtre.* — Coloration des lentilles de l'objectif; emploi d'un écran trop jaune, d'un éclairage du sujet par la lumière artificielle.

*Image rouge ou verte.* — La plaque aura subi, par le verso, l'action prolongée de la lumière rouge ou verte émise par la lanterne.

*Image bleue.* — Verre jaune oublié, mal ajusté ou pâli par abandon au soleil. Sous-exposition (avec opacité générale).

*Image voilée ou très intense et sans aucune trace de coloris.* — L'émulsion aura directement reçu les radiations émises par la lanterne; ou bien le photographe, habitué à mettre ses plaques en châssis l'émulsion en avant, aura, par distraction, procédé comme il le faisait autrefois. Les éléments sélecteurs se trouvant dès lors placés derrière l'émulsion, n'ont pas agi, et aucun effet de coloration n'est plus possible.

*Image terne, quoique intense, avec des couleurs lavées.* — Pousière ou buée sur l'objectif; lumière réfléchie d'une lentille à l'autre.

*Image faible, couleurs lavées.* — Surexposition, ou révélateur trop chaud, ou premier développement trop prolongé. Dans chacun de ces cas, le négatif étant trop noir, il ne reste plus assez de bromure d'argent pour que le second révélateur fournisse un positif suffisamment intense. Il peut alors arriver que les opacités ne soient plus assez fortes pour masquer les grains de féculé dont la disparition devrait avoir pour effet de faire ressortir telle ou telle nuance.

*Teinte générale rougeâtre ou rosée.* — Lavage trop prolongé, séchage trop lent à l'air humide.

*Défaut de transparence.* — Sous-exposition, révélateur trop froid ou développement arrêté trop tôt. Le négatif n'ayant pas été développé à fond, il reste trop de bromure d'argent, en sorte que le second développement détermine un assombrissement général.

*Demi-teintes rongées.* — Le bain d'oxydation E était trop concentré, ou bien la plaque y a séjourné trop longtemps.

*Voile dichroïque.* — Renforcement trop prolongé, clarification (dans la solution II) insuffisante. On y remédie en reprenant le traitement par le permanganate neutre, comme il est indiqué p. 447.

*Couleurs affaiblies dans le fixateur.* — Le second révélateur était trop faible, ou son action n'a pas été suffisamment prolongée, ou enfin la plaque n'a pas été exposée à une lumière assez intense pour assurer la décomposition de tout le bromure d'argent. On est prévenu de cette insuffisance lorsque, en traitant la plaque par le bain d'oxydation E, on voit l'image blanchir. On devra alors suspendre l'opération et faire subir à la plaque un nouveau développement en plein jour.

*Traînées noirâtres.* — Si le traitement par le permanganate acide (solution C) a été interrompu trop tôt, ou si le bain est trouble, il reste de petites quantités d'argent non dissous, résidus de l'image négative. Au renforcement, ces particules s'intensifient et apparaissent sous forme de traînées noirâtres irrégulières. Les mêmes traînées se montrent également quand la cuvette n'a pas été suffisamment agitée pendant le premier développement.

*Décollements.* — La température des bains dans lesquels sont immergées les plaques autochromes ne doit pas dépasser 15°. Les eaux de lavage doivent également avoir une température voisine de ce point. Si la température est trop élevée, et surtout s'il y a une trop grande différence entre la température des bains et celle des eaux de lavages, la couche gélatineuse risque de se décoller. On évite cet accident en faisant refroidir les solutions, en employant de l'eau fraîche pour les lavages, et en laissant tremper les cuvettes dans de l'eau froide avant d'en faire usage. On peut aussi durcir la couche dans l'alun de chrome, comme il a été dit p. 446, ou laisser sécher la plaque après le traitement par le bain C, et reprendre la suite des opérations avec cette plaque sèche. Enfin on peut vaseliner légèrement les bords de la plaque, sur 1 millimètre de marge. L'émulsion décollée ne peut jamais se replacer sur le support avec une exactitude telle que ses points noirs ou clairs se trouvent exactement recouvrir les grains de couleurs correspondants. De sorte que les coloris ne s'y retrouvent plus.

*Empreintes des doigts sur l'image.* — Il faut éviter de toucher

l'émulsion : le simple contact des doigts sur la couche gélatineuse se traduit par une marque foncée.

*Points verts, taches vertes.* — L'eau a pénétré par une écorchure de l'émulsion et a dissous le colorant des grains verts. Une retouche très délicate peut seule atténuer ce défaut.

*Points blancs.* — Ces lacunes du réseau seront bouchées au pinceau enduit, suivant le cas, d'encre de Chine ou d'une couleur d'aquarelle : laque carminée, gomme-gutte ou bleu de Prusse.

*Points noirs.* — On peut les effacer à l'aide d'un pinceau très fin imbibé de la solution de permanganate acide C ou de la solution suivante :

Eau . . . . .	50 cc.
Iodure de potassium . . . . .	3 gr.
Iode en paillettes. . . . .	1 —

Après cette retouche chimique, il est nécessaire de laver la plaque et de la passer ensuite dans le bain de fixage. Après un nouveau lavage, on laisse sécher.

**Hypersensibilisation. Autochromie instantanée.** — Bien que la lenteur relative des plaques autochromes exclue, en principe, la reproduction des sujets animés, on arrive à exécuter des instantanés en couleurs, soit à la lumière artificielle, soit à la lumière diurne.

Les instantanés en lumière artificielle sont relativement faciles à obtenir, puisqu'il suffit d'augmenter notablement la dose de poudre éclair. Toutefois, en pratique, cette combinaison n'est pas si simple qu'elle paraît. D'abord, le verre jaune ordinaire ne suffit plus pour équilibrer le coloris, toute lumière artificielle étant plus riche en radiations jaunes et orangées, par rapport aux autres, que celle du jour. Il faut préparer un écran compensateur d'un jaune plus pâle, spécial pour chaque espèce de poudre utilisée, le spectre de la lumière émise variant suivant le métal et suivant l'oxydant qui constituent le mélange éclairant. En outre, la plupart des poudres photogènes sont de dangereux explosifs, et il n'est pas prudent d'enflammer une quantité exagérée d'un produit contenant du chlorate de potasse ou quelque autre substance similaire, souvent trop sensible aux moindres frottements.

La poudre au perchlorate de potasse, dont le mode de préparation a été indiqué p. 101, n'offre pas ces inconvénients. Son emploi

avec les plaques autochromes exige l'interposition d'un écran spécial, de couleur jaune verdâtre, fabriqué par la société Lumière sous la désignation P, ou *Perchlora*.

La quantité de poudre à employer varie naturellement suivant les dimensions du local, la couleur de ses parois, la distance du sujet principal, etc. On peut cependant indiquer, à titre de donnée approximative, qu'avec un objectif ouvert à  $F : 5$ , il faudra environ 8 à 10 grammes de poudre au perchlorate pour une plaque  $13 \times 18$ , et 5 à 6 grammes pour une plaque  $9 \times 12$ . Il va sans dire que, si l'on utilise une ouverture différente, la quantité de poudre sera modifiée, en raison inverse du carré du diamètre utile du diaphragme. Ainsi, les doses qui viennent d'être indiquées seront doublées, si l'objectif fonctionne à  $F : 7$ . La poudre ne doit pas être en tas épais, mais étalée en long talus.

Mais l'exécution des instantanés en plein air n'est possible qu'à la condition d'augmenter la sensibilité de l'émulsion des autochromes. De nombreux auteurs ont proposé des solutions où, en les immergeant, on rend ces plaques beaucoup *plus sensibles*, surtout en améliorant leur orthochromatisme de manière à supprimer le verre jaune, dont l'interposition est l'une des causes principales de la longueur du temps de pose.

Les matières employées par M. Simmen sont le pinaverdol, le pinacyanol et le pinachrome. Les deux premiers augmentent la sensibilité surtout pour le vert-bleu et l'orangé, le troisième la renforce surtout pour le jaune. Le dosage convenable de ces trois sensibilisateurs, de manière à équilibrer les couleurs aussi exactement que possible, est un peu délicat, parce que les propriétés sensibilisatrices du pinaverdol et du pinacyanol varient notablement suivant les échantillons. Ces produits étant coûteux et ne servant à chaque fois que par fort petites quantités, la préparation des solutions est peu avantageuse pour l'amateur, qui doit procéder par tâtonnements et modifier la proportion des trois sensibilisateurs, en solutions à 1 p. 1 000, jusqu'à ce que les couleurs soient exactement rendues. Le mélange une fois déterminé, le bain sensibilisateur définitif est constitué par :

Eau distillée . . . . .	66 cc.
Alcool éthylique . . . . .	33 cc.
Ammoniaque à 22° . . . . .	0 cc. 1
Solution sensibilisatrice . . . . .	2 cc.

Les plaques, époussetées avec soin, sont immergées dans ce bain et doivent y séjourner exactement cinq minutes. On les fait ensuite sécher. Il va sans dire que ces manipulations s'accomplissent dans l'obscurité complète.

L'émulsion possédant, dès lors, une sensibilité chromatique identique à celle de notre œil pour toutes les radiations visibles, il n'y a plus à compenser de différences d'actinisme. Toutefois, il reste un excès de sensibilité pour les radiations ultra-violettes invisibles; on les absorbera en interposant un écran préparé à l'aide de la solution suivante :

Eau distillée. . . . .	100 cc.
Gélatine tendre . . . . .	10 gr.
Ammoniaque . . . . .	1 cc.
Glycérine. . . . .	0 cc. 2
Esculine. . . . .	0 gr. 2

On en recouvre deux lames de verres à faces parallèles, à raison de 1 centimètre cube de liquide pour 8 centimètres carrés de surface d'écran. Après dessiccation, les deux glaces sont appliquées l'une contre l'autre, gélatine sur gélatine, et collées au baume du Canada. Cet écran, incolore, est préparé et vendu, sous la désignation S, par la Société Lumière.

Les plaques ainsi sensibilisées n'exigent, toutes choses égales d'ailleurs, qu'une exposition 8 fois plus courte que les autochromes employées suivant la méthode habituelle. La plupart des sujets intéressants se trouvent donc désormais accessibles à l'autochromiste.

M. Niuck emploie comme constituants de la solution hypersensibilisatrice 5 centimètres cubes de *pantochrome* en solution alcoolique au 1/2 000, ou bien 5 centimètres cubes de *pinachrome* en solution semblable avec 1<sup>cc</sup>,3 de *pinacyanol* également au 1/2 000 en alcool : ces produits étant mélangés à 125 grammes d'eau et 25 centimètres cubes d'alcool, avec 2 centimètres cubes d'une solution à 2 p. 100 de chlorure d'argent dans l'ammoniaque. Après cinq minutes d'immersion, on rince à l'eau alcoolisée, puis à l'eau pure. Sécher rapidement à la tournette et à l'air desséché. Les plaques sèches demandent (avec l'écran à l'esculine) 15 à 20 fois moins de pose que les autochromes ordinaires avec écran jaune.



C'est surtout la préparation de l'écran qui présente quelques difficultés pour l'amateur. M. Thovert a indiqué un bain hypersensibilisateur évitant la fabrication d'un écran compensateur spécial et permettant d'employer un écran que l'on trouve couramment dans le commerce (c'est l'écran pour reproductions au magnésium, dont il va être question dans le paragraphe suivant). Pour l'hypersensibilisation, on prépare d'abord une solution de réserve :

Alcool à 90° . . . . .	1 000 cc.
Pinachrome . . . . .	1 gr.

Au moment de l'emploi, on prend 1 centimètre cube de cette solution, que l'on ajoute à 1 litre d'eau contenant 2 ou 3 gouttes d'ammoniaque. On verse le tout dans une cuvette parfaitement propre, et l'on y plonge les plaques, qui doivent y séjourner cinq minutes. Le bain doit être constamment agité. Les plaques sont ensuite mises à égoutter verticalement par un angle, où les gouttelettes qui restent sont absorbées par un buvard blanc. Après trois minutes, on essuie le dos des plaques, et on les fait sécher le plus rapidement possible. On trouve dans le commerce des boîtes spécialement destinées à cette dessiccation<sup>1</sup>. Toutes ces opérations doivent être effectuées dans l'obscurité.

Si les plaques ainsi traitées accusent une dominante jaune, c'est que l'immersion dans le bain aura été trop prolongée ou que la température était trop élevée. Une dominante bleue serait l'indice des défauts contraires. Si la dominante est rouge ou orangée, c'est que le bain était trop concentré; elle sera verte, dans le cas de concentration trop faible. Ces observations effectuées sur une plaque d'essai permettront de rectifier le traitement des autres autochromes que l'on se propose d'hypersensibiliser.

Les plaques hypersensibilisées ne se conservent pas plus de quinze à trente jours; aussi ne peuvent-elles être préparées industriellement. MM. Lumière livrent une solution qui permet d'augmenter quatre fois la sensibilité de leurs plaques autochromes.

**Reproduction des autochromes.** — Les plaques autochromes peuvent être reproduites comme les diapositifs ordinaires, à l'aide d'une chambre noire. L'objectif doit évidemment être muni de l'écran de verre jaune et la plaque exposée dans son châssis par

1. Essoreuse et dessiccateur, système Adrien.

l'envers. Cette combinaison est la seule possible lorsqu'il s'agit d'obtenir une reproduction réduite ou amplifiée. Pour les reproductions à taille égale, il vaut mieux procéder par contact, afin d'éviter la longue pose nécessitée par l'impression à la chambre noire. Toutefois, on rencontre ici une difficulté résultant de l'obligation d'impressionner la couche derrière le filtre sélecteur. Il faut appliquer contre l'image à reproduire, non pas l'émulsion sensible, mais le côté verre de l'autochrome que l'on veut impressionner par contact. Les deux couches se trouvent ainsi séparées par toute l'épaisseur du verre et, pour éviter la diffusion de lumière qui tend à se produire dans ces conditions, ainsi que les effets de parallaxe et de flou qui déterminerait l'emploi d'une source lumineuse étendue, il est nécessaire d'employer une source lumineuse très réduite et fixe.

Le filtre jaune sera évidemment placé entre celle-ci et le phototype autochrome, mais comme la source est généralement une lumière artificielle, ce filtre devra être choisi en conséquence.

MM. Lumière conseillent de placer les deux plaques appliquées au contact (l'émulsion vierge étant derrière le verre) dans le fond d'une caisse de bois étanche et noircie, longue de 40 centimètres, dont la paroi opposée porte une ouverture de quelques centimètres, portant l'écran-filtre et pouvant être obturée par un volet de carton. A la hauteur de cette ouverture est, au dehors, un bout de ruban de magnésium de 10 à 20 centimètres sur 2<sup>mm</sup>,5 de largeur, plié en deux pour être deux fois moins long, et déposé horizontalement dans un boudin spiralé de fil de fer fiché dans un support le maintenant à la hauteur voulue. On l'allume, et il brûle ainsi aisément jusqu'au bout pendant qu'on garde l'ouverture démasquée. Un écran spécial comme teinte existe pour l'emploi du magnésium pur incandescent; sa surface n'a pas besoin d'être travaillée optiquement comme pour ceux qui se placent derrière ou devant l'objectif.

**Reproductions négatives.** — Les autochromes reproduites suivant la méthode habituelle, c'est-à-dire aboutissant à un diapositif, présentent souvent une couleur dominante, et ce défaut s'explique aisément. L'écran jaune interposé lors de l'exposition de la première plaque a été établi avec le plus grand soin, de manière à compenser aussi exactement que possible les défauts d'isochromatisme de l'émulsion; cependant, en pratique, la compensation ne saurait être

absolument rigoureuse, et, suivant les circonstances de la pose et la qualité de l'éclairage, il peut y avoir sur le diapositif une teinte résiduelle.

Cette teinte est presque toujours trop légère pour qu'on puisse la remarquer sur la première plaque; mais, si l'on veut reproduire cette image dans les mêmes conditions, avec le même éclairage et le même écran, la teinte dominante s'additionnera à celle qui existait sur le phototype pour chaque nouvelle reproduction, et deviendra de plus en plus accentuée.

M. E. Cousin a trouvé le moyen d'éviter toute dominante, quel que soit l'écran employé, et même en supprimant toute espèce d'écran compensateur. Son procédé consiste à traiter d'abord une plaque autochrome de manière à obtenir un négatif coloré. Pour cela, il suffit d'opérer comme dans la photographie en noir : au lieu d'inverser, après le premier développement, on se borne à fixer l'image négative dans l'hyposulfite de soude; on a ainsi un cliché où les blancs du sujet sont traduits par des opacités, et ses noirs par des transparences, et où chaque couleur se trouve représentée par sa complémentaire. Ce phototype négatif sert ensuite à exécuter comme il est dit plus haut des copies positives sur d'autres autochromes, en procédant de la même façon, c'est-à-dire par simple développement et fixage.

Si la première plaque a été exposée sans écran, les autres devront être exposées de même; et, si l'on fait usage d'un écran dans la première opération, cet écran devra encore être interposé lorsqu'il s'agira de tirer les photocopies. Autant que possible, la lumière devra être la même dans les deux cas.

En procédant ainsi, la dominante qui tendrait à se produire sur les positifs se trouve neutralisée par la dominante, de couleur complémentaire, que présente le négatif. Il est toutefois préférable d'employer, autant que possible, l'écran autochrome spécial pour la lumière utilisée, car la correction laissée à la charge du négatif est alors moins importante et, par suite, mieux assurée. Avec ou sans écran, du reste, le temps de pose est à peu près le même, parce qu'il faut laisser aux radiations jaunes le temps d'agir, et l'écran n'a point d'influence sur elles.

Il est utile de poser un peu plus longtemps qu'on ne le fait dans la méthode ordinaire et de pousser le développement, afin d'avoir

un négatif assez intense; sans quoi, la lumière le traversant trop facilement, il ne pourrait pas réaliser complètement la correction nécessaire.

On peut ainsi multiplier les images autochromes, soit à la même échelle, soit en les amplifiant ou en les réduisant. L'emploi de la lumière artificielle permet d'opérer rapidement et avec une parfaite régularité.

**Filtres trichromes à éléments réguliers.** — Diverses combinaisons ont été proposées depuis Joly pour réaliser des réseaux sélecteurs constitués par des éléments de formes géométriques et régulièrement répartis sur toute la surface. C'est ainsi que la maison Jouglà a fabriqué les *Omnicoles* (réseau L. Ducos du Hauron et de Bercegol), la maison Guilleminot les *Dioptrichromes* (réseau Dufay d'abord séparé, puis incorporé à la plaque). A l'étranger, Thames, Paget, l'A. G. F. A. en ont également préparé. Toutes ces plaques, sauf la dernière, ont disparu au bout de quelques années, et certaines autres bien plus tôt encore. Cependant, le principe du réseau à éléments réguliers n'est pas abandonné, et, à ce titre, il n'est pas sans intérêt de savoir comment on arrive à obtenir une surface couverte de carrés colorés presque microscopiques, étroitement juxtaposés et uniformément distribués, sans lacunes ni empiétements.

Voici, par exemple, la méthode imaginée par M. Dufay. Sur une plaque de verre gélatinée, on imprime à l'encre grasse un réseau de lignes parallèles et équidistantes, très fines et très serrées. On plonge ensuite la plaque dans un colorant vert en solution aqueuse, qui ne peut pénétrer dans la gélatine qu'aux endroits non protégés par les lignes grasses. On fait sécher, on recouvre d'un vernis résineux, on fait de nouveau sécher, et l'on enlève l'encre grasse à l'aide d'un tampon imbibé d'un dissolvant qui n'attaque pas la résine. Celle-ci reste donc adhérente aux lignes teintées en vert, tandis que, sur les bandes non colorées, elle est enlevée en même temps que l'encre grasse sous-jacente.

On imprime alors un nouveau réseau ligné à l'encre grasse, perpendiculaire au premier, et l'on immerge dans un colorant rouge-orangé. Le liquide ne peut traverser ni les lignes vernies ni les lignes encrées : il n'imbibe la gélatine que dans les espaces restés à nu et qui présentent la forme de petits carrés intercalés entre les deux

séries de lignes croisées à angle droit. A ce moment de la fabrication, la surface est donc composée de lignes vertes, de carrés rouge-orangé et de carrés incolores. On recouvre le tout de vernis, on enlève l'encre grasse, et l'on plonge la plaque dans une solution violette qui, ne pouvant traverser ni les bandes vertes ni les carrés rouges, pénètre uniquement dans les carrés incolores. Les trois couleurs fondamentales occupent ainsi les compartiments qui leur étaient assignés.

Une dernière application de vernis protège le filtre trichrome.

Un autre procédé, fort ingénieux, consiste à couler sur une glace une couche extrêmement mince ( $1/100$  de millimètre) d'un vernis orangé; puis, dès qu'il est sec, d'une autre couche violette, puis d'une troisième pellicule verte; après quoi on étale de nouveau une couche orangée, puis une violette, et ainsi de suite. Quand des milliers de couches colorées superposées ont constitué un bloc d'épaisseur suffisante, on débite celui-ci au microtome, perpendiculairement à tous ces plans, en lames très minces qui sont ainsi finement striées de lignes colorées parallèles. On étale ces lames sur le verre, et l'on couche l'émulsion.

Les procédés employant un réseau trichrome mobile, derrière lequel on expose des plaques orthochromatiques ordinaires, sont sans doute beaucoup plus économiques. Mais l'obligation de remettre exactement en contact plaque et réseau, par un patient et minutieux tâtonnement, chaque fois qu'on veut voir les couleurs, a suffi à condamner la méthode (Paget-Prize, Joly), dans la pratique courante. Elle avait d'ailleurs été entièrement établie et décrite par Ducos du Hauron dans son brevet du 23 novembre 1868. Dans le quadrillage Paget, les carrés rouges et les carrés verts mesurent  $0^{\text{mm}},080$  de côté. Les carrés violets ne mesurent que  $0^{\text{mm}},064$ , mais leur nombre est égal au total des carrés rouges et des carrés verts. A l'œil nu, on ne distingue pas ces couleurs; à peine aperçoit-on, quand on a très bonne vue, un léger quadrillage, comme sur les plus fines trames de photogravure, et les teintes en sont assez bien équilibrées pour que l'ensemble paraisse incolore.

Cet écran est placé, dans le châssis négatif, en contact avec une plaque sensible orthochromatique spéciale. Il est indispensable d'interposer un écran jaune compensateur. Néanmoins, la pose est assez rapide : pour en donner une idée, nous dirons qu'en plein

air, par un très beau temps, elle est de 1/10 de seconde, avec un objectif diaphragmé à  $F : 6,5$ .

Les deux plaques accolées sont alors séparées : l'écran mosaïque est mis de côté, pour servir à prendre d'autres vues, et la plaque sensible est développée, fixée, lavée et séchée.

L'image ainsi obtenue est un négatif monochrome, finement quadrillé, comme une rotogravure. Si on l'appliquait contre le réseau sélecteur exactement repéré, on y verrait les couleurs complémentaires de celles du sujet : un ciel bleu serait orangé; un bouquet de violettes, jaune; les feuilles, rouges, etc. Mais on tire du négatif une diapositive, ce qui inverse les opacités et les transparences, et après lavage et séchage, le diapositif monochrome est appliqué contre un *écran de vision*, dont la structure est identique à celle de l'écran sélecteur, mais avec des couleurs plus saturées. Les éléments colorés formant un quadrillage régulier, on peut réaliser un repérage très précis, et l'image acquiert alors toutes ses couleurs. Mais le repérage est assez délicat; il est cependant facilité par les aspects changeants de l'image, où l'on voit se succéder de très curieux effets de coloration moirée au moment où les deux plaques sont mises en contact, gélatine contre gélatine. La parfaite superposition une fois obtenue, il faut, si on veut conserver l'aspect coloré, rendre les deux plaques solidaires en encollant ensemble les bords avec une bande de papier noir. L'« écran de vision » est alors bloqué et il faut en acquérir d'autres pour d'autres plaques.

Ce procédé est donc évidemment fort peu pratique et nullement économique, sauf quand il est nécessaire de reproduire le même sujet à plusieurs exemplaires. Un seul réseau suffit en effet pour tous les négatifs, et les plaques sensibles utilisées à cet effet sont beaucoup moins coûteuses que les plaques à filtre coloré solidaire de l'émulsion. Chaque cliché noir permet ensuite de tirer à très bon compte autant de diapositifs qu'il en faut, et si, parmi ces images, il en est qui soient mal venues, par suite d'un vice de fabrication ou d'une erreur de manipulation, la perte qui en résulte est minime.

**Applications des plaques à filtres colorés.** — Le trichromie par éléments réflecteurs juxtaposés, telle, du moins, qu'on la connaît et qu'on l'emploie actuellement, ne fournit pas des images visibles par réflexion et susceptibles d'être montées sur les feuillets d'un album ou encadrées et pendues aux murs : elle ne donne que des dia-

positifs<sup>1</sup>. En effet, les blancs y sont représentés par la visibilité simultanée de particules violettes, vertes et orangées : cet ensemble examiné par transparence, procure bien l'impression d'un blanc assez atténué, mais il n'en est plus de même si l'on examine par lumière réfléchie la plaque posée sur une feuille de carton blanc la lumière traversant les éléments colorés d'abord à l'aller, puis à retour après la réflexion (imparfaite) sur papier, la résultante de trois pigments vus dans ces conditions est gris foncé, et devient insuffisante pour constituer une image vigoureuse, puisque la gamme des valeurs est comprise dans les limites trop étroites qui vont de cette teinte déjà sombre au noir pur<sup>2</sup>.

L'absorption de lumière qu'occasionne l'interposition du filtre sélecteur restreint même l'utilisation des plaques autochromes et similaires sous forme de diapositifs. C'est ainsi que ces plaques s'appliquent mal à la décoration des vitraux, malgré la beauté de leur coloris, à cause de l'assombrissement qui en résulte dans l'appareil où la lumière n'arrive qu'à travers ces images. Une plaque de ce genre laissera passer tout au plus un tiers de la lumière qu'aura transmise un vitrail exécuté dans d'autres conditions. L'effet artificiel n'en est pas amoindri si l'on a soin d'entourer le diapositif d'une large bordure opaque ou sombre, mais on conçoit l'inconvénient

---

1. Cependant, le procédé Paget-Color se prête, dans une certaine mesure, l'examen par lumière réfléchie. A cet effet, l'épreuve positive est tirée sur un papier sensible à sous-couche argentée, que l'on applique, encore humide, contre un écran de vision spécial, à couche détachable et beaucoup plus transparent que ceux destinés aux diapositifs. Le repérage s'effectue de la même manière qu'avec les diapositifs, et, lorsqu'il est bien réglé, on abandonne le papier à la dessiccation. Une fois sec, il suffit de soulever l'un des coins avec la pointe d'un canif et d'exercer une traction légère : le papier entraîne avec lui l'écran de vision, qui se détache du verre et demeure adhérent à l'image.

Cette image n'est pas également brillante sous toutes les incidences ; mais lorsqu'elle est éclairée de façon à se montrer sous l'angle de la réflexion régulière, elle est réellement très belle : les couleurs en sont franches et vivantes, l'éclat en est même surprenant, si l'on tient compte de l'interposition du filtre pelliculaire trichrome qui recouvre le positif noir et absorbe au moins un tiers de la lumière incidente.

2. Le réseau ne laisse passer que 16 p. 100 de la lumière, avons-nous dit. Si le pouvoir réfléchissant du papier est 75 p. 100, il ne revient donc à l'œil que 12 p. 100. Comme le réseau coloré absorbera 84 p. 100 de cette valeur, on n'en percevra finalement que 2 p. 100 à peine.

résultant d'écrans si peu transparents interposés devant une fenêtre. De même, leur projection agrandie suppose une source de lumière intense, qui risque d'en faire fondre le vernis et l'émulsion.

Le plus souvent, les plaques à filtres colorés sont examinées une à une, et dans des conditions spécialement déterminées pour en faire valoir tous les avantages. On ne juge bien de ces plaques que lorsqu'elles sont vivement éclairées, présentées isolément, entourées d'une large marge, noire ou très foncée, de telle sorte que l'observateur ne reçoive presque point d'autre lumière que celle qui traverse le diapositif.

Ces conditions d'examen sont suffisamment réalisées par le stéréoscope. Les photographies en couleurs gagnent d'ailleurs beaucoup d'éclat et d'intérêt à la vision binoculaire et offrent des reproductions saisissantes de vérité, car, avec le relief et le coloris, c'est la nature même que l'on a sous les yeux. Toutefois, le grossissement des oculaires exagère, du moins dans les grands clairs, la granulation due au réseau.

Des appareils monoculaires disposés à peu près de la même manière que les stéréoscopes américains, ont été créés pour les examiner, tel par exemple, le *chromodiascope* Lumière. A l'arrière, des rainures verticales reçoivent les cadres contenant les diapositifs. Au repos, ces cadres se trouvent dans le compartiment inférieur. Pour examiner une plaque, on n'a qu'à appuyer sur un levier extérieur qui la soulève et l'amène en face de l'oculaire. On a aussi fabriqué des cadres inclinés sur un miroir, dans lesquels on regarde réfléchi le positif éclairé par le dessus et le diapositif se montre seul éclairé dans un milieu obscur qui en avive l'éclat, par un effet de contraste.

Si on présente des autochromes par projection il faut que la lumière en soit parfaitement blanche. La plupart des sources de lumière artificielle dénaturent les couleurs : le pétrole, notamment, fournit un éclairage trop jaune, qui assombrit les violets et les bleus. Avec l'acétylène et le chalumeau oxyhydrique, ces altérations sont plus atténuées, mais rien ne vaut l'arc électrique, qui joint à une blancheur parfaite un éclat éblouissant, avec lequel aucun autre luminaire artificiel ne saurait rivaliser. Les ampoules « demi-watt » à argon, surtout survoltées, sont aussi bonnes et d'un maniement plus commode.

Les diapositifs en couleurs servent aussi de clichés pour les tirages



photomécaniques. La similigravure trichrome exige toujours, et c'est vrai, la préparation de trois planches exécutées chacune d'après un cliché sélectionné. Quand il s'agit de reproduire un tableau ou tout autre sujet complètement immobile, les plaques autochrome n'offrent donc aucune utilité, puisqu'il n'en faut pas moins exécuter trois clichés analytiques, et de simples plaques orthochromatique sont évidemment moins coûteuses. Mais, chaque fois que l'on a un scène animée à reproduire, l'emploi de l'autochrome est tout indiqué pour obtenir d'abord rapidement une image fidèle du modèle que l'on reproduira ensuite tout à loisir, dans l'atelier, à l'aide de procédés habituels. De même lorsqu'une vue autochrome est le seul document dont on dispose. Il est dès lors facile d'exécuter par simple tirage sous châssis-presse, ou si l'on veut en réduire le format, en photographiant comme tout autre sujet, en l'éclairant par transparence, d'une lumière bien diffusée au moyen d'un verre dépoli, trois négatifs sélectionnés par interposition d'écrans respectivement violet, vert et orangé, pour réaliser les trois phototypes nécessaires à la préparation des trois planches.

Enfin, les plaques autochromes et similaires constituent d'excellents clichés pour tirer des épreuves sur papier par les procédés qui vont être décrits dans le chapitre suivant, notamment le procédé de décoloration.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- E. COUSTET, *La Photographie des couleurs*, Paris (Larousse), 1907.  
 E. COUSTET, *La Photographie en couleurs sur plaques à filtres colorés*, Paris (B. Tignol), 1908.  
 V. CRÉMIER, *La Photographie des couleurs par les plaques autochromes*, Paris (Gauthier-Villars), 1911.  
 A.-P. VON HÜBL, *Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten*, Halle a/S. (W. Knapp).  
 A.-P. VON HÜBL, *Die Dreifarben-Photographie*, Halle a/S. (Knapp), 1907.  
 E. WALLON, *La Photographie des couleurs et les Plaques autochromes*, Paris (Gauthier-Villars), 1907.  
 A. SCHEFFER, *Manuel pratique de photographie des couleurs par les plaques autochromes*, Paris (Ch. Mendel).  
 DR MEBES, *Farbenphotographie mit Farbenrasterplatten*, Bunzlau i/S. (L. Fernbach), 1911.  
 J. THOVER, *Photographie des couleurs*, Paris (Doin), 1924.  
 E.-J. WALL, *History of Three-Colour Photography*, Boston (Americ. Photo Publish Co), 1925.

## CHAPITRE XIX

## LES PROCÉDÉS PAR ADAPTATION

**Colorations du chlorure d'argent.** — Avant la découverte de la photographie, en 1810, Seebeck avait remarqué que le chlorure d'argent noirci devient brun dans le violet du spectre solaire, bleuâtre dans le bleu, rouge dans le rouge, et ne subit aucune altération dans le jaune. En 1840, John Herschel, reprenant l'expérience de Seebeck, trouvait qu'un papier recouvert de chlorure d'argent et noirci à la lumière prenait ensuite, sous l'influence de radiations diversement colorées, des teintes variées, mais sans éclat. Hunt, en 1845, faisait des constatations analogues. Edmond Becquerel, en 1847, obtenait ses premières épreuves en couleurs sur plaques métalliques. Une lame de cuivre argenté est plongée dans une solution d'acide chlorhydrique à 125 p. 1 000. On fait communiquer la plaque avec le pôle positif d'une pile formée de deux petits éléments Bunsen, et le liquide avec le pôle négatif au moyen d'une lame de platine parallèle à la plaque argentée. Sous l'action de l'électrolyse, la plaque se recouvre d'une couche rose que l'on supposa être un sous-chlorure d'argent<sup>1</sup> puis prend une teinte violet rose. On la recuit ensuite dans l'obscurité, à une température de 80° à 100°, jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur de bois. Après refroidissement, on l'expose aux rayons du spectre solaire, et les teintes correspondantes s'y reproduisent après une impression assez longue (environ deux heures). Les couleurs ainsi obtenues ne sont pas fixées et s'effacent, sous l'influence de la lumière. Becquerel réussit également à reproduire quelques gravures colorées, mais sans parvenir à rendre ces épreuves inaltérables au jour. Il convient d'ajouter que quelques-unes de ces œuvres, exécutées vers 1850 et soigneusement conservées dans l'obscurité, existent encore actuellement.

1. En fait, c'est de l'argent colloïdal, en particules ultra-microscopiques, en suspension dans du chlorure.

Niépce de Saint-Victor, le cousin du collaborateur de Daguer perfectionna le procédé de Becquerel et obtint de très belles reproductions, malheureusement trop instables.

En 1864, Poitevin exécutait des épreuves en couleurs sur papier. Une feuille recouverte de chlorure d'argent violet était plongée dans :

Solution de bichromate de potasse à saturation . . .	1	volume.
Solution de sulfate de cuivre à saturation . . . . .	1	—
Solution de chlorure de potassium à 5 p. 100 . . .	1	—

Après dessiccation, le papier était exposé sous l'image à reproduire. Au soleil, l'impression n'exigeait que dix ou quinze minutes. L'épreuve colorée était ensuite lavée à l'acide chromique, puis au bichlorure de mercure, au nitrate de plomb et enfin à l'eau pure. Ce traitement n'en fixait que très imparfaitement le coloris, et l'épreuve ne se conservait que dans l'obscurité.

En 1873, M. de Saint-Florent obtenait également des images colorées sur papier au chlorure d'argent voilé, et en réalisait le *fixage partiel* en plongeant l'épreuve dans un mélange d'alcool et d'ammoniaque, puis dans une solution saturée d'un chlorure alcalin.

M. R. Colson, en 1895, utilisait les papiers au chlorure d'argent que l'on trouve dans le commerce, et notamment les papiers collodion. On fait d'abord brunir au soleil la couche sensible, jusqu'à ce qu'elle présente la teinte chocolat, puis on l'expose de nouveau à la lumière, mais cette fois dans le châssis-pressé, sous le cliché coloré à copier. La pose ne dépasse pas trois quarts d'heure en plein soleil. L'épreuve est ensuite lavée; passée dans une dissolution faible de chlorure de sodium, qui transforme en chlorure d'argent l'excès d'azotate retenu dans la couche, soumise à un nouveau lavage et séchée. M. Colson a réussi à fixer, au moins temporairement, ses épreuves en les mettant en contact, pendant deux jours, avec une substance capable de leur fournir de l'oxygène, par exemple avec une feuille de papier imprégnée d'encre ordinaire. Cette substance, après s'être oxydée à l'air, cède facilement son oxygène et contibalance ainsi l'action réductrice de la lumière.

Ces procédés n'ont qu'un intérêt théorique : en réalité, ils donnent que des reproductions très imparfaites. On aperçoit seulement des traces de couleurs sur le fond sombre de la couche

blancs du diapositif viennent en noir; cependant on peut les transformer en blancs (très relatifs) en exposant l'image au soleil. Le Saint-Florent est parvenu à aviver les couleurs, en procédant de la façon suivante.

Un papier à la celloïdine (Engel Feitknecht) est d'abord exposé à la lumière jusqu'à ce qu'il ait pris une nuance violet clair. On le recouvre alors d'une couche de gomme arabique épaisse et on laisse sécher dans l'obscurité. On expose ensuite à la lumière, sous l'image transparente en couleur servant de phototype. L'impression exige deux ou quatre heures au soleil. On obtient ainsi une image à couleurs très vives, que l'on expose pendant quelques instants à la lumière, à sa sortie du châssis-presse, afin de faire venir les noirs. On fixe dans un bain contenant 30 centimètres cubes d'eau d'ammoniaque pour un litre d'eau, jusqu'à ce que l'épreuve ait sensiblement jauni les rouges; on lave à plusieurs eaux et on ravive les couleurs en exposant de nouveau à la lumière ou en présentant l'épreuve devant un feu un peu vif. On peut encore passer un fer chaud à la surface de l'image, en interposant une feuille de papier buvard. L'épreuve est alors fixée<sup>1</sup>.

**Adaptation par décoloration.** — Grotthus avait observé, en 1819, que les colorants « fragiles à la lumière » comme le sont beaucoup de produits organiques de la chimie tinctoriale moderne, « passent » pas quand la lumière qui les frappe est de leur propre couleur; ce qui se comprend, puisque les radiations, bleues, par exemple, sont renvoyées à notre œil par un pigment bleu. Il est donc naturel que la lumière bleue n'exerce aucune action sur un corps de cette nature. Mais ces mêmes radiations bleues ne traversent ni les molécules jaunes ni les molécules rouges : elles y sont absorbées, et, quoique nous ignorions le mécanisme intime de la transformation d'énergie qui s'y produit, nous comprenons que les ondes lumineuses ainsi arrêtées déterminent une certaine réaction, qui, dans l'espèce, est une altération ou même la destruction de la couleur. Il est évident que le phénomène se complique de considérations de chimie physique que nous ne pouvons aborder ici, puisqu'il existe des couleurs absolument stables à toute lumière.

Un raisonnement semblable explique comment la lumière jaune

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1904, p. 352.

tend à décolorer les particules bleues et rouges tandis qu'elle laisse intact l'élément jaune. Pareillement, la lumière rouge décolorer le bleu et le jaune, sans altérer le rouge. Enfin, la lumière blanche agissant sur toutes les molécules, les décolorer toutes et restitue au papier sa blancheur primitive, tandis que les parties noires, opaques du cliché, préservant toutes les couleurs de l'action lumineuse, laissent subsister, inattaqué, le mélange des trois couleurs, qui est noir.

Il va sans dire que si le traitement de l'épreuve s'arrête là, la lumière détruira d'elle-même son œuvre éphémère, en effaçant toutes les couleurs. On peut évidemment retarder cette altération en choisissant des colorants moins instables; mais alors la durée de tirage augmente dans des proportions pratiquement inadmissibles.

En 1881, Charles Cros proposait de recouvrir une feuille de papier de trois couches sensibles superposées, l'une de collodio coloré en rouge par la carthamine, la seconde de gélatine colorée en bleu par la phyllocyanine, et la troisième de collodion coloré en jaune par le curcuma. Cette préparation était fort peu sensible et le défaut de fixage enlevait toute utilité pratique à cette combinaison, mais les résultats obtenus n'en vérifiaient pas moins la théorie sur laquelle était fondé ce premier essai, c'est-à-dire la sélection opérée par la lumière dans un ensemble de colorants facilement altérables.

Ed. Liesegang, en 1889, reprit cette idée.

M. Vallot en 1895, opérant en mélangeant trois solutions colorées

A. Alcool . . . . .	50 cc.
Bleu Victoria . . . . .	0 gr. 2
B. Alcool . . . . .	50 cc.
Curcuma . . . . .	10 gr.
C. Alcool . . . . .	50 cc.
Pourpre d'aniline . . . . .	0 gr. 2

Une feuille de papier imprégnée de ce mélange était, après dessiccation, exposée à la lumière, sous un vitrail peint. L'impression exigeait *plusieurs jours*. A sa sortie du châssis-presse, l'épreuve se trouvait terminée, sans autre précaution, en sorte qu'il fallait la conserver dans l'obscurité. De plus, les trois couleurs employées ne possédaient pas la même sensibilité; le curcuma était décoloré

beaucoup plus rapidement que le bleu Victoria et que le pourpre d'aniline, et le coloris en était naturellement faussé.

La même année, M. Otto Wiener<sup>1</sup> suggérait l'emploi de colorants relativement stables dans les conditions habituelles, mais auxquels on ajouterait, avant la pose, des substances accélératrices, et, après la pose, d'autres substances protégeant au contraire les éléments colorés contre l'action ultérieure de la lumière. Le physicien allemand n'indiquait pas d'ailleurs quelles devaient être ces substances, mais ses recherches entreprises dans la voie signalée ne tardaient pas à fournir quelques résultats appréciables.

Le Dr Neuhauss découvrait, en effet, dès 1901, les propriétés accélératrices de l'eau oxygénée. Ce composé, ajouté à un mélange de gélatine, de bleu méthylène, d'auramine et d'érythrosine, lui permit d'obtenir des épreuves colorées en cinq minutes, à un soleil intense<sup>2</sup>. Après l'impression, les images étaient fixées par des immersions successives dans des solutions de tannin, d'acétate de soude, d'émétique et d'acétate de plomb. L'emploi de l'eau oxygénée dans l'éther n'est pas sans inconvénient : l'opérateur est obligé de sensibiliser l'épreuve au moment même du tirage et de l'impressionner à l'état humide sous le cliché, qui doit être très soigneusement verni. En outre, si l'opacité du phototype prolonge le tirage, le sensibilisateur, très volatil, est décomposé ou évaporé avant que l'image soit achevée, et il est dès lors impossible d'avoir un coloris vigoureux et des blancs purs.

Peu après, M. Karl Worel remarquait (1902) que certaines huiles essentielles ont la propriété d'accroître considérablement la sensibilité à la lumière des matières colorantes organiques. La volatilité de ces huiles, et aussi leur solubilité au sein de liquides dans lesquels ces couleurs restent insolubles, donnent le moyen de faire disparaître cette sensibilité et d'obtenir des images relativement stables. Le meilleur accélérateur indiqué par M. Worel est l'anéthol<sup>3</sup>. Le mode opératoire est très simple. Du papier exempt de fibre de bois est plongé dans un mélange de primérose, de bleu Victoria, de cyanine, de curcuma et d'auramine en solutions alcooliques addi-

1. *Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur* (Wiedemann's Annalen, 1895, p. 225).

2. *Allgemeine Photographen Zeitung*, 22 janvier 1902.

3. *Photographisches Correspondenz*, juin 1902.

tionnées d'anéthol. Le papier, séché dans l'obscurité, est impressionné au châssis-pressé, sous un diapositif en couleurs. Au soleil la durée du tirage peut être réduite à cinq minutes. Quand l'image est complète, avec toutes ses couleurs, on plonge le papier dans de la benzine pure, où on le laisse pendant une heure, au moins, à l'abri de la lumière. Le fixage est ensuite complété par une immersion de deux à trois heures dans une solution saturée de sulfate de cuivre. Ce dernier sel une fois éliminé par lavages, l'épreuve est terminée. Les nuances sont ainsi distinctement rendues, mais les couleurs employées restent trop fugaces pour qu'il soit possible de considérer l'image comme suffisamment stable.

En 1906, M. J.-H. Smith fabriquait, à Zurich, un papier recouvert d'une couche gélatineuse imprégnée de trois couleurs et d'anéthol. On badigeonnait le verso d'eau oxygénée, au moment de l'emploi, pour augmenter la sensibilité. Cette préparation, mise dans le commerce sous le nom de *Papier Uto*, avait donné des résultats peu satisfaisants, et la fabrication en avait été bientôt interrompue. M. Smith, cependant, poursuivait ses recherches et découvrit les propriétés accélératrices de la thiosinamine, propriétés qui trouvent notablement accrues en présence de la glycérine (v. Hübl). En 1911, il fabriquait en France, à la Garenne-Colombes, un nouveau papier, l'*Utocolor*, plus sensible que le précédent. Néanmoins, l'impression exigeait encore deux ou trois heures d'exposition au soleil, sous une autochrome de transparence moyenne. Le fixage s'effectuait par immersion dans une solution alcoolique de tannin puis dans un autre bain vendu tout préparé et dont la composition exacte n'était pas indiquée par les fabricants, mais qui contenait entre autres, des sels de plomb et de cuivre.

Outre la lenteur du tirage, qui provoquait le pâlissement du papier autochrome ainsi exposé en plein soleil, on reprochait au papier Utocolor de ne pas reproduire avec tout leur éclat les couleurs du cliché. La pureté des blancs laissait aussi à désirer. Enfin le fixage était incomplet, et les épreuves pâlissaient assez rapidement, lorsqu'elles restaient exposées à la lumière. Néanmoins si imparfait qu'il fût encore, ce papier fournissait des résultats intéressants, et il est regrettable que la fabrication en ait été abandonnée.

Les accélérateurs essayés jusqu'ici étant encore insuffisants,

cherché à développer les images après une courte exposition à la lumière, comme on le fait dans les procédés aux sels d'argent. Le réactif qui a fourni les meilleurs résultats est le permanganate de potasse en solution faible. La coloration brune que ce composé laisse sur le papier est facilement détruite par l'hydrosulfite de soude. Ce mode de développement, toutefois, n'est efficace que si l'impression a atteint un certain degré (la moitié environ de l'exposition complète) et ne s'applique qu'à un petit nombre de colorants. Cette méthode n'est pas encore au point.

\* \* \*

On peut signaler ici un prétendu « papier pour la photographie en couleurs » qui se tire sous un cliché *ordinaire en noir*, et qui consiste tout simplement en ceci : le papier a été recouvert de trois couches de gélatine pigmentée, que l'on sensibilisera au bichromate. Celle qui touche le papier (ou plutôt la sous-couche de gélatine permettant le report) est rouge, la moyenne verte, la plus extérieure bleue. Si l'on expose sous un phototype ordinaire représentant un paysage, le ciel, très noir sur le cliché, ne laissera presque pas de lumière venir frapper le papier, et seule la couche superficielle (bleue) sera un peu près insolubilisée. Les verdure, moins actiniques, se traduisent sur le cliché par des demi-teintes, qui laisseront passer assez de lumière pour insolubiliser même la couche moyenne. Enfin les parties rouges du sujet, traduites par des transparences sur le négatif, laisseront l'insolation se faire à fond à travers toute l'épaisseur de la gélatine. Il ne s'agit donc plus ici, au contraire, de décoration.

Il en résulte qu'après transfert et dépouillement à l'eau tiède (voir chapitre XII), les « ciels » de l'épreuve seront recouverts de la seule gélatine bleue, la couche verte aura été conservée dans l'image des verdure, et la couche rouge reste au-dessus des deux autres (par l'effet du transfert) là où des objets rouges avaient formé leur image sur la plaque. On a donc effectivement une sorte de chromo criard et sommaire, mais qui surtout ne doit son exactitude très approximative qu'au manque d'orthochromatisme de la plaque. Qu'on corrige ce défaut, et l'épreuve donne un rendu ahurissant.



Au surplus, de par son principe même, ce papier (*Multico*, 190 traduit en rouge les noirs du sujet, et s'il y a de la neige il la rend en bleu comme le ciel!

Ce papier — depuis longtemps d'ailleurs disparu de la circulation — basé sur une idée intéressante du capitaine autrichien von Plawik n'est donc qu'une sorte d'amulette — ou bien d'escroquerie.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- H. CALMELS et L.-P. CLERC, *La Reproduction photographique des couleurs*, Paris (H. Calmels), 1907.  
 E. COUSTET, *La Photographie des couleurs*, Paris (Larousse), 1907.  
 F. DROUIN, *La Photographie des couleurs*, Paris (Ch. Mendel), 1896.  
 DUMOULIN, *Les Couleurs reproduites en Photographie*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1894.  
 E. KONIG et E.-J. WALL, *Natural Colour photography*, Londres (Dawbarn Ward), 1906.  
 COMTE E. OGWONSKI, *La Photochromie*, Paris (Gauthier-Villars), 1861.  
 M. DE VALICOURT, *La Photographie sur métal, sur papier et sur verre*, tome I Paris (Encyclopédie Roret), 1851.

---

1. *Photogr. Rundschau*, 1904, n° 1.

## CHAPITRE XX

LES PROCÉDÉS PHYSIQUES :  
 LA MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE  
 ET LA MÉTHODE PAR DISPERSION

**Historique.** — La plupart des daguerréotypes bien conservés présentent des nuances très délicates, surtout dans les carnations. En faisant jouer la lumière sous diverses incidences, on distingue, dans les étoffes, d'exquises teintes bleu pâle, mauve, crème, etc., dont la stabilité n'est plus contestable. A vrai dire, le coloris de ces images n'est pas toujours exact, et certains tons font généralement défaut, mais il convient de remarquer que l'orthochromatisme n'a jamais été appliqué au daguerréotype.

Les couleurs qui prennent ainsi naissance sur la surface miroitante avaient été attribuées, depuis longtemps<sup>1</sup>, à une production de lames minces, comme celles qui déterminent les irisations de l'huile très étalée sur l'eau, de l'acier recuit « au bleu, au jaune », etc., ce qui en oxyde la superficie, de la nacre et des bulles de savon, sans que la théorie, toutefois, en eût été nettement élucidée :

« M. Ross, lisons-nous dans la *Lumière* du 10 mars 1855, pensait qu'il se produisait dans les images photochromatiques des teintes dues aux lames minces telles que les montrent les bulles de savon, les anneaux colorés, etc., et que les couleurs sont dues à une épaisseur variable d'un composé qui se produirait sous l'action de la lumière. »

L'année suivante, une communication de M. Carrère, publiée dans le même journal, mérite d'être citée textuellement :

---

1. « ... M. NIÉPCE signalait déjà des effets de cette nature, où, suivant moi, le phénomène des anneaux colorés jouait quelque rôle. » (ARAGO, note lue en séance du 19 août 1839 à l'Académie des Sciences.)

« Si les différents points de la lame sont frappés par des rayons simples différents, l'oxydation variera d'un point à un autre de la lame, par conséquent l'épaisseur de la lame variera aussi, et pourra se faire que les couleurs produites par la lame mince à ses différents points soient identiques à celles des rayons qui l'ont frappée en ces points. On pourra donc obtenir la *photochromie* c'est-à-dire la formation par la lumière des images des objets avec leurs couleurs<sup>1</sup>. »

En 1868, Becquerel, cherchant à expliquer la formation de couleurs dans son procédé par adaptation (v. p. 469), écrivait « Un faisceau de lumière diffuse qui vient frapper une image colorée produite par la lumière renfermant une masse de vibrations différentes, chaque partie de l'image vibrerait de préférence sous l'action des rayons de même longueur d'onde que ceux qui ont agi pour produire, et alors les rayons réfléchis par les divers points de cette image se trouveraient identiques à ceux qui lui ont donné naissance »

Vers la même époque, Zenker donnait une théorie plus précise du phénomène, en supposant l'existence de lames minces de chlorure d'argent, produites dans l'épaisseur de la couche par les *ondes stationnaires* (on verra plus loin ce qu'il faut entendre par là) détruites par la réflexion à la surface du métal. Enfin, M. N. Rood faisant allusion aux essais de Niépce de Saint-Victor, écrivait, 1881 : « L'étude des détails des Mémoires relatifs à ces expériences indique que les couleurs ainsi obtenues sont dues à une réduction plus ou moins considérable de la pellicule de chlorure d'argent, et sont, en réalité, produites que par l'interférence de la lumière<sup>2</sup>. »

La méthode interférentielle avait donc été pressentie avant la découverte de M. Lippmann, mais personne avant lui n'en avait donné la théorie exacte et précisé des conditions de réalisation. M. Lippmann a été le premier à obtenir des reproductions photographiques en couleurs, parfaites de vérité et d'éclat, et d'une stabilité comparable à celle des images ordinaires aux sels d'argent. Le procédé qu'il a imaginé est, au fond, très simple, et peut être résumé en peu de mots.

Une couche *transparente et très fine* de gélatinobromure, mise

1. *La Lumière*, 1856, p. 90.

2. N. Rood, *Théorie scientifique des couleurs*.

contact avec une surface réfléchissante telle que du mercure, s'impressionne dans la chambre noire de telle sorte qu'après développement et fixage, elle reconstitue, non plus seulement les contours du modèle, mais aussi la variété infinie de ses couleurs. Pour comprendre comment une disposition si simple est susceptible de produire un résultat si complexe, il est indispensable de connaître quelques principes élémentaires d'optique physique.

**Principe de la méthode interférentielle.** — La lumière est un mouvement vibratoire, une succession très rapide d'ondulations (d'origine électromagnétique comme l'a exposé J. Clerk Maxwell), propagées à travers l'*éther*<sup>1</sup>. Pour concevoir ce mode de propagation, il suffit de se rappeler certains faits bien connus. Ainsi, quand on lance une pierre dans l'eau, on voit aussitôt se former une série de vagues qui, partant du point où la surface liquide a été ébranlée, se transmettent tout autour, en cercles qui vont s'élargissant à mesure qu'elles s'éloignent de leur centre. L'*éther* est ainsi le siège d'un mouvement ondulatoire qui se propage avec une vitesse uniforme de 300 000 kilomètres par seconde dans l'air. Suivant sa fréquence, le mouvement ondulatoire se manifeste en des formes très différentes de l'énergie : les vibrations les plus lentes, celles qui correspondent aux notes les plus graves de la gamme éthérée, sont invisibles et ne se manifestent à nous que sous forme de chaleur ou d'électricité. Plus rapides, elles se révèlent à nos yeux : ce sont les ondes lumineuses. A mesure que leur fréquence s'accroît, notre

---

1. La lumière se transmet parfaitement dans ce que nous appelons *le vide*, mais qui n'est point un vide complet, si poussé soit-il. Mais indépendamment des molécules de gaz qui subsistent, on a admis, dès les débuts de la science, l'existence, dans ces espaces, d'une substance extrêmement subtile, invisible, impondérable, presque immatérielle, mais éminemment élastique, répandue dans l'univers entier. Ce fluide pénétrerait la masse de tous les corps comme les espaces célestes, et ses vibrations produisent la lumière, la chaleur, les radiations électriques, etc., suivant leur fréquence. L'existence de l'*éther* n'est qu'hypothétique, mais elle explique un grand nombre de phénomènes qui, sans elle, demeureraient inexplicables. Lamé estimait son existence « inconcluablement démontrée », bien que nous déconcertant fort, puisqu'il faut lui attribuer une masse quasi-nulle (un milliard de milliards moins dense que l'eau) en même temps qu'une rigidité des milliards ou trillions de fois supérieure à celle de l'acier pour transmettre comme il le fait l'énergie oscillatoire (LORD KELVIN). Au surplus, il n'importe pas ici.

nerf optique nous fait apercevoir d'abord le rouge, puis l'orangé, puis successivement le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Parvenue à ce degré, si la fréquence continue à augmenter, nous cessons de voir vibrer l'éther, mais la plaque photographique est encore impressionnée par les rayons ultra-violet, puis par les diverses sortes de rayons X, puis par ceux ( $\gamma$ ) du radium, etc. La couleur de la lumière dépend donc uniquement de la fréquence, ou rapidité, de sa vibration; elle est l'exacte équivalence de ce qu'est la *hauteur* pour le son.

COULEUR	NOMBRE DE VIBRATIONS PAR SECONDE	LONGUEUR D'ONDE EN MILLIONIÈMES DE MILLIMÈTRE
Rouge extrême . . . . .	380 trillions.	790
Rouge-orangé. . . . .	463 —	647
Orangé-jaune. . . . .	504 —	595
Jaune-vert. . . . .	521 —	575
Vert-bleu . . . . .	610 —	492
Bleu-indigo. . . . .	660 —	455
Indigo-violet . . . . .	707 —	424
Violet moyen. . . . .	750 —	400
Violet extrême . . . . .	763 —	393

Ces vibrations étherées, quelle que soit leur fréquence, parcourent l'espace avec une rapidité égale. Toutes sont animées de la même formidable vitesse de 300 000 kilomètres par seconde. Il en résulte que lorsque leur fréquence s'accroît, les vagues sont plus courtes et plus rapprochées les unes des autres, mais elles courent toujours avec la même rapidité<sup>1</sup>. Ainsi, la *longueur d'onde*, c'est-à-dire la

1. M. HOULLEVIGUE a ingénieusement comparé cette propagation à la marche d'une troupe où tous les hommes progresseraient à la même vitesse, mais font des enjambées plus ou moins grandes : il est évident que ceux qui les font courtes seraient obligés d'en faire un plus grand nombre dans le même temps. Il est évident aussi que pour connaître l'ouverture ou amplitude de l'enjambée, il faut compter combien le marcheur en fait sur 100 mètres par exemple, et diviser ce trajet par le nombre. Inversement on connaîtra la cadence en divisant le parcours par la valeur d'une enjambée. Des expériences déjà anciennes donnant pour le parcours de la lumière en une seconde

distance qui sépare deux vagues consécutives de l'éther, est d'autant moindre que ces vagues se succèdent en plus grand nombre, dans un laps de temps déterminé, comme le montre le tableau ci-avant.

\*  
\* \*

D'autre part, lorsqu'un rayon de lumière vient rencontrer un miroir, il se réfléchit, c'est-à-dire rebondit comme la bille qui a heurté la bande du billard, et suivant la même loi : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. En particulier, quand le faisceau lumineux frappe le miroir perpendiculairement à sa surface, il revient perpendiculairement sur lui-même et reprend, en sens inverse, le chemin qu'il suivait auparavant. Il en résulte que l'espace situé en avant du miroir est le siège de deux sortes d'ondulations : celles qui vont vers le miroir et celles qui en reviennent. Entre ces deux groupes de mouvements vibratoires, il y a conflit ou pour employer l'expression des physiciens, *interférence*. Là où l'onde réfléchie tend à déplacer l'éther dans le même sens que l'onde incidente, les deux mouvements s'ajoutent, et la lumière est doublée; là, au contraire, où les deux forces s'exercent dans des directions opposées, elles s'annulent, se détruisent l'une l'autre et aboutissent à cet étrange résultat que la lumière ajoutée à la lumière produit l'obscurité (Grimaldi).

Or, comme la vitesse de propagation des ondes lumineuses reste constante, les interférences ne se déplacent pas, et l'on réalise de la sorte des *ondes stationnaires*. Dès lors, devant le miroir se succèdent des plans parallèles, alternativement lumineux et obscurs, que nous appellerons des *maxima* et des *minima*. Entre deux maxima, comme le montre la figure 87, comme entre deux minima, la distance sera égale à la demi-longueur d'onde de la couleur du rayon lumineux : 300 millièmes de millimètre si la lumière est jaune, 260 si

---

sensiblement 300 000 kilomètres, et pour valeur de l'ondulation, ou *longueur d'onde* ( $\lambda$ ) un demi-millième de millimètre pour le bleu-vert, par exemple, le nombre des oscillations par seconde est  $\frac{300 \text{ millions de mètres}}{0,5 \text{ millième de millimètre}}$ , soit 600 millions de millions. Il arrive au million de milliards dans l'ultra-violet, et incomparablement plus dans les Rayons X.

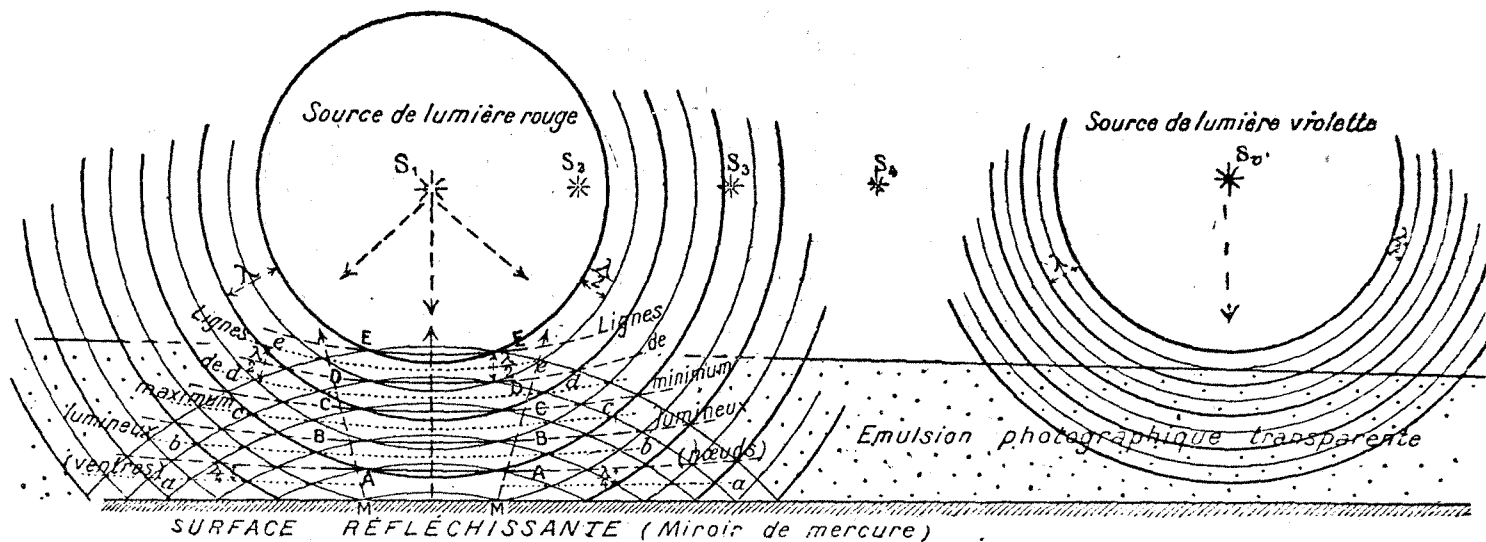


Fig. 87. — Coupe d'une plaque adossée à une surface réfléchissante et recevant des radiations des points  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ... Les ondulations lumineuses (rouges) provenant du point éclairé  $S_1$  sont distantes d'environ 720 millièmes de millimètre, ce qui est leur *longueur d'onde*, ou  $\lambda$ . En se réfléchissant sur le miroir mercuriel, elles viennent *interférer* contre les arrivantes, et produiront ainsi aux niveaux AA, BB, CC, DD, EE... des zones d'annulation de mouvement vibratoire, où règne donc l'obscurité. Le simple examen de la figure montre que ces surfaces obscures sont distantes entre elles de  $\frac{\lambda}{2}$ , donc séparées de 360 millièmes de millimètre.

De même, les zones aa, bb, cc, dd, ee... sont des surfaces de vibrations maxima, donc de lumière; et elles aussi sont séparées par 360 millièmes de millimètre.

L'espace en avant du miroir (et qui est occupée par l'émulsion) est donc feuilleté de plans sombres et clairs distants de  $\frac{\lambda}{4}$ , soit de 180 cent-millièmes de millimètre. A droite du dessin, la lumière violette provenant de la source

$S_0$  aurait créé un feuilletage plus serré,  $\frac{\lambda}{4}$ , valant ici environ 100 millièmes de millimètre.

elle est verte, 200 si elle est violette. Entre un maximum et un minimum, la distance sera naturellement d'un quart de longueur d'onde. De sorte que dans l'épaisseur d'une feuille de papier devant le miroir (1/10 de millimètre), il y a 200 à 400 plans alternativement lumineux et obscurs, suivant la couleur qui a frappé la région.

Il est maintenant facile de prévoir ce qui se produira si une couche transparente de gélatinobromure d'argent se trouve en contact avec la surface réfléchissante. Les maxima lumineux impressionneront le sel d'argent, tandis que les minima le laisseront inattaqué. Après développement et fixage la gélatine contiendra un certain nombre de lames d'argent extrêmement minces séparées par des intervalles transparents de même épaisseur. Suivant l'ingénieuse comparaison de M. Lippmann, nous n'aurons plus une *pâte grenue*, comme dans la photographie ordinaire, mais bien une *pâte feuilletée*.

Il nous reste à expliquer comment ce feuilletage, quoique formé de substances incolores, va reconstituer la couleur même qui lui a donné naissance.

Projetons sur la plaque (impressionnée, développée, fixée, lavée et séchée) la lumière blanche du jour. Nous savons que cette lumière « blanche » est en réalité formée du mélange de toutes les nuances à nous perceptibles. Considérons un point de la plaque. Parmi ces innombrables couleurs, celle qui a exactement la même longueur d'onde que celle qui est venue du sujet frapper cet endroit et y laisser sa trace « feuilletée », celle-là se faufile fort aisément entre les plans d'interférence tracés par sa semblable : seule elle produira comme elle les maxima et les extinctions là où il faut pour qu'elle franchisse le barrage complexe des plans opaques et transparents, et arrive jusqu'à nous en revenant du miroir<sup>1</sup>. Au contraire toutes les autres radiations contenues dans la lumière blanche incidente, n'ayant pas la longueur d'onde requise, n'exécuteront pas leurs interférences dans les mêmes plans que l'onde lumineuse créatrice, se perdront dans le dédale de ces plans, et ne pourront arriver jusqu'à l'œil.

---

1. On voit donc que les épreuves interférentielles se regardent par *réflexion* comme une épreuve sur papier (le miroir n'est pas indispensable en pratique) et non par transparence comme une autochrome.



C'est avec raison que M. Clerc a pu comparer un cliché lippmannien à une série de résonateurs dont chacun ne vibre que pour un son de période synchrone avec la sienne, et étouffe ceux qui n'ont pas cette même fréquence et ne vibrent pas en concordance avec lui. De même que chacun des résonateurs de la collection reproduira l'harmonique correspondant si ce dernier figure dans un son complexe, ou « timbré », de même une couleur non pure (ce qui est le cas de tous les pigments de la nature et de l'industrie) sera parfaitement reproduite, toutes ses composantes étant « moulées » dans l'émulsion.

Tels sont les principes qui ont conduit M. Gabriel Lippmann à la mémorable découverte par lui annoncée à l'Académie des sciences, le 2 février 1894. Une couche transparente de gélatine, de collodion ou d'albumine sensibilisée à l'iodure ou au bromure d'argent et mise en contact avec une surface réfléchissante, qu'il est commode de constituer par une couche de mercure, suffit pour produire une image stratifiée en lames minces entre lesquelles peuvent seuls se réfléchir les rayons de même longueur d'onde que ceux qu'a transmis l'objectif. M. Rothé a même supprimé le mercure, l'air formant une surface suffisamment réfléchissante dans le châssis sombre. L'éclat des couleurs est seulement un peu moindre.

\*  
\* \*  
\*

**Préparation des plaques.** — Les émulsions ordinaires ne conviennent pas à la photographie interférentielle, d'abord parce qu'elles manquent de transparence et sont à peine translucides, comme le papier huilé, et aussi parce que la maturation y a aggloméré le bromure d'argent en grains de dimensions bien supérieures à celles des longueurs d'onde des radiations lumineuses. Ils feraient l'effet de pavés épars sur un papier où l'on se propose de tracer des hachures. Le collodion et l'albumine fournissent des couches très fines et suffisamment diaphanes, mais dont la sensibilité laisse trop à désirer. M. Lippmann a obtenu une émulsion transparente et sans grain, en opérant de la façon suivante, qui a été perfectionnée depuis par de nombreux chercheurs.

On fait d'abord gonfler, dans 100 centimètres cubes d'eau, 4 grammes de gélatine que l'on chauffe ensuite légèrement, jusqu'à

complète dissolution. On ajoute 0<sup>gr</sup>,53 de bromure de potassium, puis, pour rendre l'émulsion orthochromatique, 6 centimètres cubes d'une solution alcoolique de cyanine à 1 p. 500 et 3 centimètres cubes d'une solution alcoolique de rouge de quinoléine à 1 p. 100. On porte ensuite le tout, dans l'obscurité, à une température *ne dépassant pas* 40<sup>o</sup><sup>1</sup>, et l'on ajoute 0<sup>gr</sup>,75 de nitrate d'argent sec en poudre. On fait dissoudre par agitation, et on filtre à la laine de verre. L'émulsion ainsi préparée est coulée par des plaques de verres tièdes placées sur un support parfaitement horizontal. Quand la gélatine est figée, on plonge les plaques dans l'alcool, on les lave pendant une demi-heure et on laisse sécher. Ces plaques se conservent fort longtemps, à l'abri de la lumière et de l'humidité, mais elles sont très lentes.

Autres formules :	(Goddé).	(Valenta).
A. — Eau distillée . . . . .	90 cc.	100 cc.
Gélatine Drescher . . . . .	4 gr.	3 gr. 5
Bromure de potassium . . . . .	0 — 53	1 — 2
B. — Eau distillée . . . . .	10 cc.	100 cc.
Azotate d'argent fondu . . . . .	0 gr. 75	1 gr. 7
Gélatine . . . . .		3 — 5

On mélange peu à peu (verser B dans A) en agitant bien à chaque fois, les deux solutions maintenues à 36<sup>o</sup> au maximum, même 30<sup>o</sup> à 32<sup>o</sup> pour la formule de Valenta. Ce dernier ajoute 1/300 du poids total de *sulfite de soude*. L'orthochromatisme est obtenu par adjonction à A de la solution alcoolique cyanine-quinoléine plus haut. M. Goddé recommande de filtrer l'émulsion (sur coton de verre filé, maintenu ainsi que l'entonnoir et le récipient, à 32<sup>o</sup>) avant de la coucher sur le verre, à la lumière rouge; passer à l'alcool une fois figée, avant le séchage complet, puis laver.

La maison Richard Jahr, à Dresde, fabrique des plaques à émulsion sans grain, spécialement préparées suivant les données de M. H. Lehmann pour la photographie interférentielle. Ces plaques peuvent être manipulées en lumière rouge très claire. Comme elles sont très transparentes, on ne distingue pas, à première vue, le côté émulsionné de celui qui ne l'est pas. Pour savoir quel est le

1. Sans quoi il y aurait maturation grossissant le grain.

côté qu'il faut mettre en contact avec le mercure, on projette l'haleine contre la plaque tenue devant la lanterne à verre rouge : la face qui se couvre de buée est celle qui ne porte pas la couche sensible. En l'humectant légèrement et en la frottant avec un linge, on la débarrasse des taches qui pourraient s'y trouver et feraient ombre sur l'image. Quant au côté émulsionné, il faut éviter de le toucher. La plaque doit être exposée verre en avant et gélatine en arrière, pour que celle-ci se trouve en contact avec la couche de mercure.

On peut augmenter beaucoup la sensibilité de la plaque en l'immergeant, peu avant l'emploi (quelques heures), pendant quinze secondes dans :

Alcool absolu. . . . .	40 cc.
Solution au 1/10 de nitrate d'argent. . . . .	0 gr. 6
Acide acétique . . . . .	2 gouttes.

Ou bien pendant une minute, dans :

Eau distillée . . . . .	100 cc.
Solution à 1 p. 100 de nitrate d'argent . . . . .	3 —
Ammoniaque pure 22° Baumé. . . . .	1 —

Ou, pendant une minute dans :

Eau distillée. . . . .	100 cc.
Nitrate d'argent à 1 p. 100 . . . . .	4 —
Érythrosine. . . . .	0 gr. 5
Ammoniaque pure . . . . .	1 cc.

Ces trempages et les séchages qui les suivent doivent naturellement se faire au cabinet noir. Égoutter et sécher sans laver.

La méthode interférentielle exige l'emploi d'un châssis spécialement disposé de manière à recevoir une certaine quantité de mercure maintenu derrière la plaque formant paroi étanche. Les constructeurs ont combiné divers modèles de châssis à mercure. La figure 8 représente celui de M. Mackenstein. Ce châssis s'ouvre comme un livre, pour recevoir la plaque, et la maintient serrée, une fois fermée contre un joint élastique. Le mercure, d'abord contenu dans un poire de caoutchouc, est introduit derrière la plaque au moyen d'un tuyau de caoutchouc pénétrant dans le châssis, et reversé après la pose dans la poire, où on le conserve jusqu'à l'opération suivante.

Il est indispensable d'employer du mercure chimiquement pur. Le mercure qui se recouvre d'une pellicule grise est absolument impropre à la photographie interférentielle. Le mercure pur doit, en outre, être filtré de temps en temps : à cet effet, il faut le comprimer dans un nouet de peau de chamois ou de mousseline pliée en quatre.

**Exposition.** — La reproduction exacte des couleurs exige presque toujours l'interposition d'un écran compensateur. M. Lippmann a exécuté ses premières photographies interférentielles en disposant devant l'objectif une cuve en verre à faces parallèles contenant des solutions de bichromate de potasse ou d'hélianthine. Les plaques R. Jahr, de Dresde, sont rendues sensibles à toutes les couleurs visibles suivant une méthode spéciale<sup>1</sup> qui permet de les exposer sans écran, mais à la condition d'observer certaines précautions. Ainsi, il faut éviter les grands contrastes et ne pas photographier les sujets éclairés directement par le soleil. Si l'on aborde ces sujets, le temps d'exposition normal, qui seul permet de rendre correctement toutes les couleurs, reste compris dans des limites si étroites qu'il est très difficile de ne pas s'en écarter.

Ces inconvénients sont évités par l'interposition d'un écran correcteur spécial, fabriqué par C. Zeiss. Les couleurs sont alors exactement reproduites, même en cas de sous-exposition et de surexposition. La saturation des teintes diminue seulement avec le temps de pose.

En plein soleil, un paysage découvert exige une exposition comprise entre une et deux minutes, lorsqu'on emploie l'écran correcteur avec un objectif ouvert à  $F : 4,5$ , et une demi-minute seulement si l'on a hypersensibilisé avant l'emploi. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un éclairage très vif et un objectif très rapide.

**Développement.** — La plaque impressionnée est retirée du châssis dans le laboratoire éclairé par une lanterne à verre rouge clair. Il faut d'abord débarrasser la couche sensible des goutte-

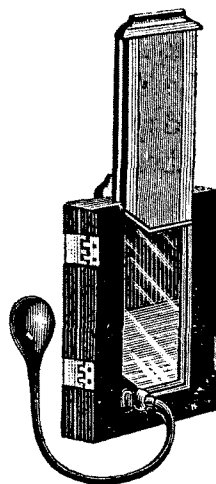


Fig. 88. — Châssis à mercure Mac-kenstein.

1. *Jahrbuch für Photographie*, 1908, p. 157.

lettes de mercure qui y adhèrent encore. Généralement, il suffit d'y passer un blaireau très doux et de recueillir le mercure dans une coupelle. M. Neuhauss conseille de frotter la couche avec un tampon de peau très fine exclusivement réservé à cet usage. M. H. Lehmann y ajoute un peu de poudre à polir impalpable. La plaque est alors prête à l'immersion dans le révélateur.

Le développement s'effectue dans un bain très dilué, soit au diimidophénol, soit à l'acide pyrogallique. Pour le premier on prépare d'abord une solution de réserve :

Eau distillée . . . . .	25 cc.
Sulfite de soude . . . . .	5 gr.
Diamidophénol . . . . .	0 gr. 5

Au moment de développer, on en prend seulement de 1 à 5 centimètres cubes, que l'on dilue dans 100 centimètres cubes d'eau. Le développement ne dure que de deux à cinq minutes : on l'arrête dès que le négatif paraît suffisamment détaillé par réflexion. Afin de juger exactement de son intensité, il est bon de se servir pour cette opération d'une cuvette en porcelaine blanche sur le fond de laquelle l'image se dessinera nettement. Comme l'émulsion est peu sensible on peut, de temps en temps, l'éclairer au moyen d'une lampe ordinaire suffisamment éloignée.

La plaque développée est rincée rapidement et fixée dans une solution d'hyposulfite à 25 p. 100, où elle n'est laissée que pendant une minute et demie environ. Après un lavage de trois minutes, on passe au renforcement, presque toujours nécessaire pour accentuer les contrastes entre les maxima et les minima interférentiels. L'image est d'abord blanchie dans une solution de bichlorure de mercure à 1 p. 1 000, lavée et renforcie dans le révélateur au diimidophénol dilué comme précédemment.

M. Goddé a aussi recommandé, pour les plaques surexposées :

Eau . . . . .	1000 cc.
Sulfite de soude cristallisable . . . . .	2 gr. 5
Carbonate de potasse . . . . .	2 gr. 5
Glycin . . . . .	0 gr. 5

Développer très légèrement.

Ce mode de traitement est celui qui permet les poses les plus

courtes. Il convient à la reproduction des couleurs complexes et des sujets à contrastes, mais non à celle des spectres dont il est nécessaire de copier les nuances exactes.

Le développement à l'acide pyrogallique exige une exposition plus longue et ne supporte pas les contrastes exagérés, mais il convient parfaitement aux photographies spectrales, parce qu'il ne nécessite point de fixage. La dissolution du bromure déplace, en effet, légèrement les couleurs vers le bleu : il faut donc supprimer le fixage, dans les reproductions du spectre, si l'on tient à avoir des tons absolument exacts.

Les solutions de réserve, pour ce mode de développement, sont :

- A. Eau distillée . . . . . 100 cc.  
 Métabisulfite de potasse . . . . . 0 gr. 2  
 Acide pyrogallique . . . . . 1 gr.
- B. Eau distillée . . . . . 150 cc.  
 Bromure de potassium . . . . . 15 gr.  
 Ammoniaque (densité 0,91) . . . . . 30 cc.

Pour développer, on ajoutera, à 100 centimètres cubes d'eau, 3 centimètres cubes de la solution A et 6 centimètres cubes de la solution B. Si l'on veut avoir des couleurs pures et très légères, on prendra un peu moins de la solution B, soit environ 4 centimètres cubes. Une plus forte dose de cette solution donne des couleurs plus lumineuses, mais moins saturées. A la température de 15 à 18°, le développement à l'acide pyrogallique et à l'ammoniaque ne doit durer qu'une minute ou une minute et demie. On lave ensuite la plaque pendant une minute, dans l'eau courante, et, si on le juge nécessaire, on la fixe pendant une minute au plus dans une solution à 20 p. 100 d'hyposulfite de soude. Après un lavage de trois minutes, on laisse sécher.

Autre formule :

- Eau . . . . . 100 cc.
- Ammoniaque pure à 22° Baumé. . . . . 6 à 12 —
- Bromure de potassium . . . . . 0 gr. 5 à 1 gr.

Au moment même de développer, mélanger dans la cuvette cette solution avec une à 1 p. 100 d'acide pyrogallique. Le développement dure quinze à trente secondes. Même fixage que ci-dessus.

Si l'image est trop faible, on peut la renforcer par blanchiment dans le bichlorure de mercure au millième, puis après lavage en développant dans un bain très dilué d'amidol-sulfite.

Certains opérateurs ne procèdent au fixage, s'il y a lieu, qu'après avoir laissé sécher la couche, de manière à pouvoir en examiner le coloris, qui demeure invisible tant qu'elle est mouillée. Les images qui ne présentent pas des couleurs très brillantes, ne doivent pas être fixées, car le fixage atténue encore leur éclat. M. Lупpo-Cramer a vérifié que la suppression du fixage ne compromet en rien la stabilité de la reproduction. Une plaque interférentielle non fixée fut recouverte à moitié d'un papier noir et exposée pendant un certain temps aux rayons solaires. La moitié non abritée brunit sensiblement, mais cette modification arriva bientôt à un maximum qui n'altéra en rien le brillant de l'image examinée par réflexion à tel point que la partie de la plaque exposée au soleil ne différait aucunement de la partie protégée par le papier opaque.

**Examen et montage.** — La gélatine imprégnée d'eau ne montre aucune trace de coloration : le gonflement de la couche agrandit en effet, la distance qui sépare les maxima et les minima interférentiels, qui ne reprennent leur position normale qu'à la dessiccation. Si l'on examine attentivement la surface au moment où les dernières traces d'humidité s'évaporent, on assiste au spectacle admirable, et même impressionnant lorsqu'on le voit pour la première fois, de l'apparition des couleurs, qui peu à peu prennent leur place, et acquièrent un très vif éclat quand les opérations ont été bien conduites.

Ces couleurs, toutefois ne se montrent que dans des conditions particulières d'éclairage et d'examen. Par transparence, on n'aperçoit qu'un négatif très pâle et monochromatique, de teinte ordinairement brune. Il faut regarder la couche par lumière réfléchie, comme on le fait pour les images daguerriennes. Encore les couleurs examinées directement ne sont-elles pas absolument exactes. Il résulte de recherches de M. O. Wiener que cette altération du coloris est due à la lumière réfléchie à la surface extérieure de la couche, tandis que les couleurs sont produites par le jeu de la lumière dans l'épaisseur de la couche contenant les lames minces des ondes stationnaires.

Il est donc nécessaire de séparer ces deux lumières, en mettant la couche gélatineuse en contact optique avec une couche prism

tique (c'est-à-dire à faces non parallèles) d'une substance transparente possédant presque le même indice de réfraction. La figure 89 montre quelle est dans ce cas la marche des rayons lumineux. La couche *b* de la plaque photographique *h* est collée au prisme *c*. Une faible partie des rayons incidents qui rencontrent le prisme dans la direction *AB* est réfléchiée dans la direction *BF*, tandis que la majeure partie est réfractée vers *C*. Ces rayons pénètrent dans la

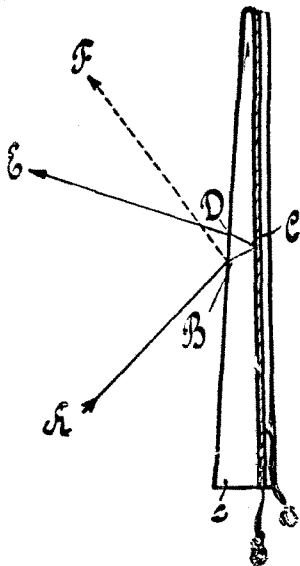


Fig. 89. — Montage sur prisme (coupe).

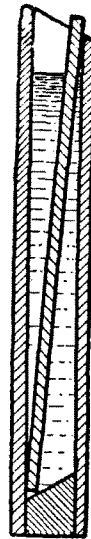


Fig. 90. — Cuve à benzine (coupe).

couche stratifiée, se colorent par interférence, et, renvoyés vers *D*, parviennent à l'œil de l'observateur dans la direction *DE*.

Le milieu prismatique peut être constitué par une couche liquide limitée par des surfaces non parallèles. Le procédé le plus simple pour supprimer la réflexion superficielle est celui qu'a indiqué M. O. Wiener. Il consiste à plonger la plaque obliquement dans une cuve remplie de benzine, et à regarder l'image à travers ce liquide. A l'exception de la face antérieure, toutes les parois de ce récipient sont recouvertes d'un vernis noir mat (fig. 90).

La cuve à benzine ne sert ordinairement qu'à l'appréciation provisoire du ton des vues, que l'on peut légèrement modifier, avant de procéder au montage définitif, soit en chauffant modérément



la plaque de manière à la dessécher plus complètement, soit en la rendant un peu plus humide par la projection de l'haleine. Dans le premier cas, les couleurs sont décalées vers le bleu; dans le second, elles le sont vers le rouge.

Le montage définitif consiste à coller la plaque sur un prisme de verre avec du baume de Canada liquide, mais assez consistant. Ce prisme doit avoir un angle assez aigu, comme celui de la figure 89. C'est, en réalité, une plaque de verre un peu plus épaisse d'un côté que de l'autre. Pour éviter la formation de bulles, il faut mettre beaucoup de baume et exercer une forte pression : l'excès de baume s'échappe par les bords, et on le recueille avec une spatule. On nettoie ensuite les bords à l'alcool et on les recouvre de papier noir. Le dos de la plaque est enfin enduit d'un vernis noir mat, protégé par du papier noir collé sur les bords. On a construit des instruments plaçant dans les meilleures conditions d'éclairage et de reflet les plaques ainsi montées.

Lippmann a aussi utilisé comme surface sensible — malheureusement fort peu sensible — la gélatine bichromatée coulée sur verre. Le lavage à l'eau gonfle les couches restées non éclairées par production des interférences, et n'agit pas sur les plans intermédiaires, insolubilisés. Cette hétérogénéité étant distribuée de façon périodique produit les jeux d'interférence colorants. Les couleurs disparaissent quand la plaque sèche, mais on les rend permanentes en l'imbibant d'une solution d'iodure de potassium, puis, après séchage, d'une solution à 20 p. 100 de nitrate d'argent. Vue par transparence, la plaque est colorée de façon complémentaire.

**Insuccès.** — Sans être compliquée, la méthode interférentielle est assez délicate, et l'incertitude de ses résultats décourage souvent les débutants. Le mercure en contact avec l'émulsion occasionne fréquemment des taches métalliques brillantes, de formes et de dimensions très différentes. Parfois même ces taches couvrent uniformément l'image. Les taches faibles ne font que déplacer les couleurs, mais les taches brillantes les voilent complètement.

Si le mercure est pur, ces taches ne se produisent que sur les premières plaques, à la condition que le châssis soit parfaitement propre. Les taches métalliques ne se forment qu'au développement et apparaissant un peu moins rapidement que l'image il y a avantage à interrompre le développement aussitôt qu

possible. Un développement prolongé ne fournit jamais de bons résultats.

Un autre moyen d'éviter les taches mercurielles a été indiqué par M. H. Lehmann. Il consiste à durcir la couche sensible dans :

Eau distillée . . . . .	100 cc.
Formaline à 40 p. 100 . . . . .	5 —

La plaque est laissée dans ce bain pendant une minute, lavée à l'eau courante pendant deux à trois minutes, époncée avec soin et mise à sécher rapidement, de préférence dans une étuve. Ce traitement n'influe nullement sur la sensibilité des plaques Jahr<sup>1</sup>.

Les plaques sous-exposées donnent des couleurs trop peu intenses. Les plaques surexposées avec l'écran de correction présentent des couleurs blanchâtres. Sans écran, les couleurs disparaissent complètement, dès que l'exposition est un peu trop longue.

Même lorsqu'on emploie l'écran et que la pose a été normale, il peut arriver exceptionnellement que les couleurs soient plus ou moins déplacées vers l'une ou l'autre extrémité du spectre. Ce déplacement est parfois occasionné par le voile mercuriel, qui empêche la suppression complète de la réflexion superficielle au moyen de la cuve à benzine ou du prisme en verre. Quand ce cas se présente, les couleurs sont pâles et mates. Nous avons déjà indiqué les moyens d'éviter les taches mercurielles.

Le déplacement des couleurs résulte aussi d'une différence notable entre l'état hygrométrique de la couche sensible et du mercure au moment de la pose et après le séchage. Si la couche était trop humide pendant que la plaque était impressionnée, le séchage occasionne un déplacement vers le bleu, car toutes les lames d'interférence et les intervalles qui les séparent se trouvent resserrés. On rectifie alors le coloris, soit en refroidissant la plaque, soit en l'humectant très légèrement avec l'haleine, avant de l'immerger dans la cuve à benzine. Si, au contraire, la plaque était primitivement trop sèche, l'image est trop rouge, parce que la couche est devenue plus épaisse qu'au moment de la pose, et il faut un peu la chauffer avant de la coller sur le prisme.

Un autre moyen de ramener au ton voulu une image trop rouge

1. *Photographische Rundschau*, 1909, fascicule 11.

consiste à augmenter l'angle de réflexion lors de l'examen ou de la projection. Un portrait normalement exposé pâlera donc si on le regarde sous une incidence trop oblique. Quand le déplacement des couleurs est très faible, on peut le corriger pour l'examen et pour la projection dans la cuve à benzine, en modifiant simplement l'indice de réfraction du liquide contenu dans la cuve. Pour renforcer le rouge, on prend de l'éther ou de l'alcool absolu. Au contraire, pour rendre le bleu plus vigoureux, on choisira le sulfure de carbone ou, si l'on veut éviter l'odeur désagréable de cette substance, la naphthaline chlorée proposée par M. E. König. En mélangeant la benzine avec une des deux dernières substances, on peut réaliser tous les effets intermédiaires. C'est un spectacle extrêmement curieux, et particulièrement intéressant au point de vue théorique, que de voir ainsi passer un paysage des tons chauds aux tons froids et réciproquement.

**Applications de la méthode interférentielle.** — L'unique exemplaire obtenu, la lenteur des émulsions sans grain, la complication qu'entraîne l'emploi du mercure, l'incertitude des résultats, l'aspect miroitant des couleurs et leurs conditions très limitées de visibilité, restreignent singulièrement, en pratique, la portée de la méthode interférentielle, surtout depuis que l'on trouve dans le commerce les plaques à filtres colorés.

Cependant, la méthode interférentielle conserve d'incontestables avantages. D'abord, elle offre au physicien une admirable confirmation de la théorie de la lumière. Le microscope permet d'analyser la structure de la couche sensible dans l'épaisseur de laquelle les ondes stationnaires déterminées par interférence ont réduit l'argent à l'état de lames minces. En outre, cette méthode produit des couleurs chatoyantes, d'une pureté et d'un éclat très supérieurs à celles que l'on obtient à l'aide des autres procédés. Les couleurs interférentielles ont comme des reflets métalliques et scintillent, pour ainsi dire, quand elles sont vivement éclairées. Elles sont éminemment aptes à reproduire fidèlement le spectre, les effets de polarisation et tous les autres phénomènes qui font apparaître des couleurs très saturées, alors que les procédés à trois pigments ne peuvent reproduire les couleurs « pures » du spectre.

L'invention de M. Lippmann est certainement la solution la plus élégante du problème de la chromophotographie, et son charme

particulier est de faire sortir, en quelque sorte, du néant des couleurs splendides, formées par le rapprochement de substances incolores.

\*  
\* \* \*

**Procédés par dispersion.** — Une autre catégorie de procédés purement physiques comme celui de Lippmann, c'est-à-dire sans produits colorants, et en n'utilisant que les couleurs fournies par les diverses radiations contenues dans la lumière blanche, est fondée non sur les interférences de celle-ci, mais sur sa décomposition par les diverses réfrangibilités des radiations qui la constituent.

Supposons d'abord que le sujet à reproduire soit simplement constitué par une seule ligne colorée. Si on place un prisme derrière l'objectif qui la photographie, l'arête étant parallèle à cette ligne-modèle, l'image sera déviée par ce prisme, et cela d'autant plus (toutes autres circonstances restant les mêmes) qu'elle est plus violette, d'autant moins qu'elle est plus rouge. L'image de la ligne se formera donc à tel ou à tel endroit de la plaque, selon la couleur des radiations qu'elle émet. Une plaque ordinaire mise dans le plan où elle se forme, ne noircira que là où se trouve la raie-image lumineuse; et un contretype par inversion ou par tirage diapositif sera opaque partout, sauf en une ligne dont l'emplacement, répétons-le, aura dépendu de la couleur de la ligne-modèle. Supposons que celle-ci fût jaune.

Si ce positif est replacé dans l'appareil, le prisme étant resté en place, et qu'on fasse entrer par l'objectif un faisceau de lumière blanche, elle sera décomposée et dispersée par le prisme, et les radiations jaunes viendront frapper la plaque précisément là où se trouve la ligne transparente. Celle-ci sera donc éclairée en jaune, c'est-à-dire qu'elle présentera à l'œil l'aspect linéaire et jaune qu'avait le modèles

Si ce dernier avait comporté un groupe très serré de trois lignes respectivement rouge, verte et violette, la figure 91 montre que la dispersion prismatique aurait dirigé l'image de ces trois lignes en trois régions assez écartées sur la plaque. Que l'on tire de celle-ci un positif (opaque, à trois lignes transparentes), que l'on replace là où était le négatif, et qu'on y projette un faisceau de lumière dispersé par le même prisme, les radiations rouge, verte et violette viendront frapper

le positif là où sont les raies. On voit que le prisme devra être retourné, puisque l'objectif a renversé l'image; et d'autre part que l'écart des lignes dispersées n'est plus celui qu'elles avaient sur le modèle.

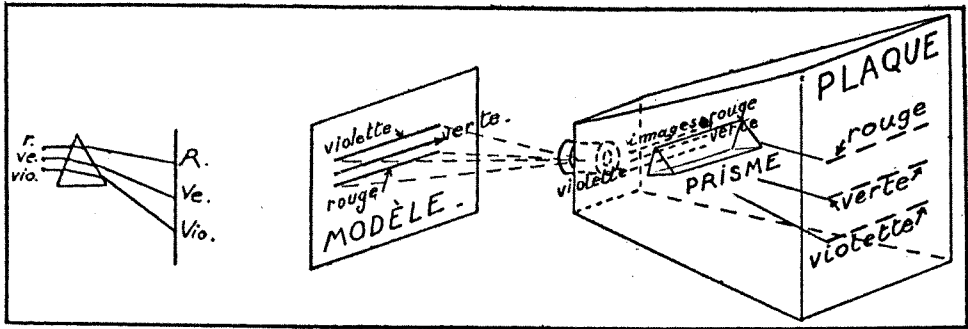


Fig. 91. — Principe de la méthode par dispersion : à gauche, inégale déviation de trois rayons rouge, vert et violet. A droite, schéma perspectif de l'installation : trois lignes parallèles (rouge, verte, violette) constituant le sujet ou modèle, donnent par l'objectif une image renversée qui tombe sur le prisme placé derrière; celui-ci dévie les trois raies inégalement, et leurs images se forment sur la plaque.

Aussi est-ce l'œil qui doit sinon se mettre à la place de l'objectif, du moins regarder le positif à travers un prisme retourné l'arête en bas par rapport à l'autre, ce qui détruira la déviation déformante.

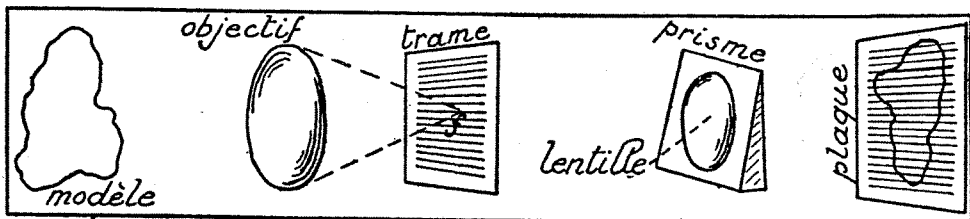
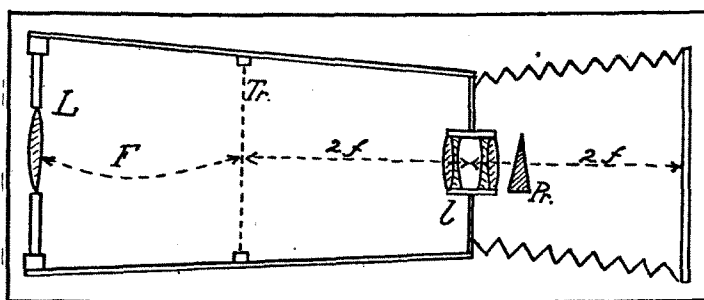


Fig. 92. — Schéma de l'installation pour l'examen de la vue imprimée après dispersion (Fabry) : le modèle forme son image sur la trame, dont les traits (au moins 4-5 au mm.) sont séparés par des bandes d'épaisseur double. Le prisme, de quelques degrés d'angle, doit avoir ses arêtes bien parallèles à ces lignes. L'image de l'objet sur la plaque est lignée, condition nécessaire de la méthode.

L'objection est qu'un objet n'est pas une collection de lignes parallèles. Mais on peut le transformer en cet état en le photographiant à travers une trame à raies transparentes fines et rapprochées séparées

ar des raies opaques deux fois plus larges. Le modèle prend donc apparence d'une série de lignes colorées et opaques alternatives, nous nous trouvons ramenés au cas précédent. Il suffit que la aque soit bien orthochromatique; la pose est incomparablement us rapide qu'avec tout autre procédé, la grille absorbant seulement  $2/3$  de la lumière. Le développement et le tirage sont absolument dinaires, le nombre d'épreuves illimité. Le point délicat est de placer la plaque très exactement dans la situation qu'avait le ototype par rapport au prisme lors de la prise de la vue : le moindre



93. — Installation du système de la figure 92. L est une lentille de 5 à 0 centimètres de diamètre et 15 à 25 centimètres de focale F, achromatique si possible. Tr, trame, sur laquelle l'image doit tomber bien nette. l'appareil photographique est placé derrière cet ensemble, et on met au oint sur la trame (au moyen d'une ligne perpendiculaire aux traits tramés) : a distance focale de l'objectif est f. Poser 3 à 5 fois la durée normale. Le ositif tiré sur verre et renforcé, est replacé exactement à la place du égatif, et examiné avec un prisme identique au premier, mais disposé arête en bas.

alage change complètement les couleurs. Il ne faut pas non plus difier l'angle ni la nature du prisme, ce qui changerait la ersion.

le dispositif, inventé à plusieurs reprises (F. W. Lankester, 5-96, Rheinberg, 1904; Chéron, Raymond, Lippmann, 1906) é jusqu'ici peu employé. Ives et Wood, en Amérique, ont remplacé prismes par des réseaux de diffraction. La figure 93 représente montage, avec la manière d'opérer. Le prisme doit n'avoir que lques degrés d'angle; on peut faire la trame soi-même en rayant i parallèlement avec la pointe d'une aiguille (au moins 4 ou 5 ts au millimètre) la surface enfumée d'un verre plan, ou par action photographique d'un dessin à l'encre de Chine.

M. Raymond a encore simplifié l'appareillage et réduit son volume en faisant de la trame un « sténopé multiple » jouant le rôle d'un multi-objectif placé à peu de distance de la plaque, dont le prisme la sépare. La production de traits est réalisée par elle en place

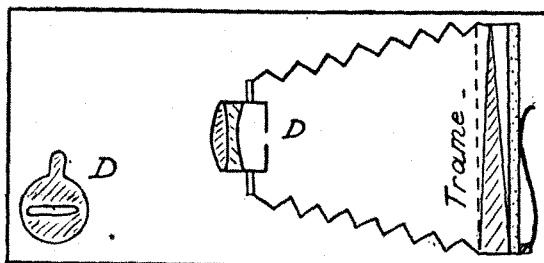


Fig. 94. — Disposition Raymond : derrière l'objectif, diaphragme à fente (représenté de face à gauche). Devant la plaque, prisme à angle faible précédé d'une trame lignée, à traits parallèles à la fente du diaphragme.

derrière l'objectif un diaphragme à ouverture rectangulaire étroite et longue, dont l'emplacement, comme celui de la trame d'ailleurs, sera réglé par tâtonnements jusqu'à obtention du lignage voulu. La figure 94 représente l'installation. La pose est notablement plus longue, mais demeure très admissible.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- N. ROOD, *Théorie scientifique des couleurs*, Paris (Germer-Baillièrre), 1881.  
 E. VALENTA, *Die Photographie in natürlichen Farben, mit besonderer Berücksichtigung des Lippmannschen Verfahrens*, Halle a/S. (W. Knapp), 1899.  
 A. BERTHIER, *Manuel de photographie interférentielle*, Paris (Gauthier-Villars), 1895.  
 L.-P. CLERC, *La Photographie des couleurs*, avec une préface de M. G. Lippmann, Paris (Gauthier-Villars), 1899.  
 A. BERGET, *Photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1901.  
 R. NEUHAUSS, *Die Farbenphotographie nach Lippmann Verfahren*, Halle a/S. (W. Knapp), 1898.  
 E. COUSTET, *La Photographie des couleurs*, Paris (Larousse), 1907.  
 H. LEHMANN, *Beitrag zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie mittels stehender Lichtquellen nach Lippmanns Methode*, Freie Br. (C. Troemer), 1906.  
 E. KONIG et E.-J. WALL, *Natural Colour Photography*, Londres (Dawson Ward), 1906.

## LIVRE V

### APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE

---

#### CHAPITRE XXI

##### LA STÉRÉOSCOPIE

**La notion du relief.** — L'image qui se forme sur la rétine — ainsi que sur une surface photographique — n'ayant que deux dimensions, nous ne soupçonnons le relief ou profondeur (3<sup>e</sup> dimension du objet) que grâce à différentes considérations. Ainsi lorsqu'un détail est partiellement masqué par un autre alors que nous savons que son contour doit se continuer, c'est que cet autre est devant le premier, donc dans un plan plus rapproché de nous. Si deux objets que nous savons être sensiblement égaux — par exemple deux poteaux télégraphiques, où l'écartement des rails en deux endroits différents — nous paraissent inégaux, c'est que le plus petit est le plus éloigné, ce qui le fait voir sous un angle plus réduit. On peut aussi, pour les courtes distances, tirer quelque indication de l'effort d'accommodation, c'est-à-dire de la « mise au point » de notre œil sur l'objet pour le voir net, ainsi que de l'effort des muscles oculaires pour faire converger les axes des deux yeux sur un objet. Mais le plus sensible des facteurs du relief visuel est la différence d'aspect que nos deux yeux, écartés de 65 millimètres en moyenne, créent sur nos deux rétines quand chacun voit une série de points ou détails inégalement éloignés de lui.

Naturellement, ces causes de l'effet de relief peuvent faire défaut ou nous tromper : ainsi des objets de dimensions inconnues, comme les



étoiles, ne peuvent, par leur diamètre apparent (fût-il appréciable pour l'œil) nous faire estimer leur distance.

**Vision binoculaire. Stéréoscope.** — Le principe sur lequel repose la sensation du relief par la vision simultanée des deux yeux est connu depuis l'antiquité. Euclide, a dit, trois cents ans avant notre ère : « Voir le relief (*σπερὸν σκοπεῖν*), c'est recevoir, au moyen de chaque œil, l'impression simultanée de deux images dissemblables du même objet. » La théorie en était exactement élucidée à l'époque de la Renaissance, ainsi qu'en témoignent les manuscrits de Léonard de Vinci.

Quand un objet en relief est placé devant nous, l'image qu'en voit l'œil gauche n'est pas tout à fait la même que celle qu'en voit l'œil droit. Par exemple, si un dé à jouer se trouve à égale distance entre les deux yeux, tous deux en verront bien la face antérieure mais, en outre, l'œil droit en apercevra très obliquement la face latérale droite, qui se trouve cachée à l'œil gauche, tandis que le dernier apercevra la face latérale gauche, que l'œil droit ne peut pas voir. Dessinons séparément ces deux aspects et disposons les croquis de telle sorte que chaque œil aperçoive uniquement celui qui correspond à sa perspective : nous distinguerons alors, grâce à la fusion de deux images rétiniennes que le cerveau réalise<sup>1</sup>, non pas deux images différentes, mais un objet unique, qui nous paraîtra en relief, comme si c'était, non plus une figure dessinée sur une surface plane, mais bien un *solide* (en grec *σπερὸς*). De là le nom de *stéréoscope* donné à l'instrument qui nous donne la sensation du relief par la vision binoculaire.

La réalisation du stéréoscope est à peu près contemporaine du daguerréotype. C'est Wheatstone qui construisit le premier, en 1838. Deux *dessins* d'un même objet (la photographie n'étant pas encore révélée) le représentaient sous les perspectives légèrement différentes qui correspondent à chacun des deux yeux. Ces deux dessins étaient disposés l'un en face de l'autre, aux deux extrémités d'une planchette (fig. 95). Deux miroirs inclinés renvoyaient deux images vers deux œilletons, à travers lesquels l'observateur

1. Une affection de la vue, la *diplopie*, dont les causes sont complexes s'oppose à cette fusion et fait voir tous les objets doubles si l'on ne ferme pas un œil.

apercevait le sujet en relief. L'avantage de ce dispositif est que les deux dessins, n'étant pas contigus, peuvent s'étendre sur de grandes dimensions. Mais l'instrument est encombrant.

En 1844, Brewster construisait le stéréoscope à prismes, à peu près tel qu'on le fabrique encore actuellement. Néanmoins, depuis quelques années, les prismes<sup>1</sup> sont généralement remplacés par des lentilles achromatiques au foyer desquelles se trouvent placées, l'une à côté de l'autre, les deux images dont la vision simultanée

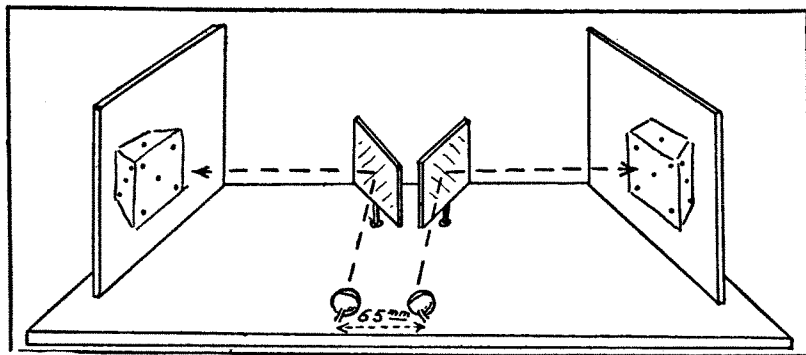


Fig. 95. — Stéréoscope à miroirs à 45° de Wheatstone : ils renvoient les axes optiques des deux yeux (écarté de 65 mm. en moyenne) vers les deux dessins perspectifs disposés perpendiculairement aux deux extrémités ; chaque œil n'en voit ainsi qu'un, et le cerveau les fusionne.

procure la sensation du relief. Les centres des deux dessins ou photographies devant être devant les deux yeux, donc distants de 65 millimètres, la demi-largeur de chaque vue ne peut excéder 32 millimètres.

Une crémaillère permet de mettre au point, suivant la vue de chaque observateur. La paroi opposée aux oculaires est ordinairement constituée par un verre dépoli, pour l'observation des diapositifs stéréoscopiques. Les dessins ou épreuves opaques, sur papier, sont éclairées par devant au moyen d'un miroir monté à charnières sur la paroi supérieure (fig. 96). Le stéréoscope à colonne (fig. 97) est monté sur un socle, contient une série de vues stéréoscopiques

1. Ces prismes, d'angle faible, étaient d'abord à faces planes ; mais on profite de leur présence pour les utiliser comme loupes et grossir la vue aux yeux. On les forme alors d'une lentille coupée en deux, et dont les deux moitiés sont montées après transposition, les parties minces l'une près de l'autre.

que l'observateur amène successivement devant les oculaires en tournant deux boutons extérieurs.

Le stéréoscope serait demeuré une simple curiosité de cabinet de physique, sans la photographie qui permet d'exécuter très facilement

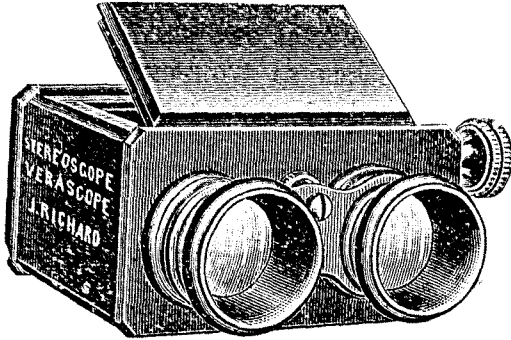


Fig. 96. — Stéréoscope à lentilles.

les images destinées à la vision binoculaire, de façon à la fois exacte et rapide. Il faudra donc obtenir deux vues *qui ne soient pas prises du même point*, pour être légèrement différentes d'aspect on ne peut donc constituer le couple de vues nécessaire avec deux épreuves provenant d'un même cliché.

**Appareils et méthodes stéréophotographiques.** — Pour la reproduction des objets immobiles, une chambre photographique ordinaire suffit parfaitement.

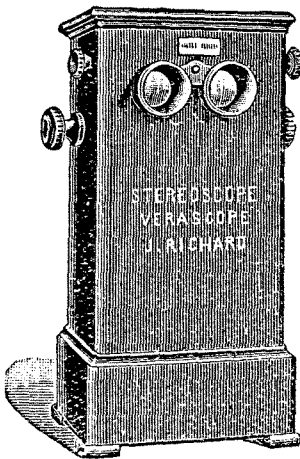


Fig. 97. — Stéréoscope à colonne.

On la fixe à un support sur lequel on lui fait prendre successivement deux positions différentes, éloignées l'une de l'autre d'une quantité variant, comme nous l verrons, avec la distance de l'objet, le relief réel qu'il présente, et l'intensité de relief que l'on désire obtenir. Pour les sujets courants, qui ont rarement leurs premiers plans à plus de 10 ou 15 mètres de l'œil, il suffit de 6 à 10 centimètres d'écart entre les deux points de stationnement. De ces deux points, sur deux plaques différentes, on exécute successivement les deux clichés et les deux épreuves qu'on en obtient sont juxtaposées sur le même carton (ou sur le même verre, si ce sont des diapositifs).

L'obligation de transporter l'appareil d'une station à l'autre et de changer la plaque excluant tout instantané, on exécute presque toujours les deux clichés simultanément, à l'aide d'une chambre noire divisée en deux compartiments et munie de deux objectifs

(fig. 98, 99). Ces deux objectifs doivent, bien entendu, avoir des focales rigoureusement égales. Leur écartement est presque toujours de 65 millimètres, ce qui est celui des deux yeux.

Les appareils stéréoscopiques, qui sont en somme deux appareils réunis côte à côte, sont innombrables; à part le dédoublement de leur objectif et de leur obturateur, ils sont de l'un des types décrits au début de cet ouvrage : rigides ou pliants, avec ou sans mise au point par crémaillère, monture d'objectif hélicoïdale ou bonnettes, obturateur à poses variées, viseurs et déclencheurs divers, etc. Ils sont

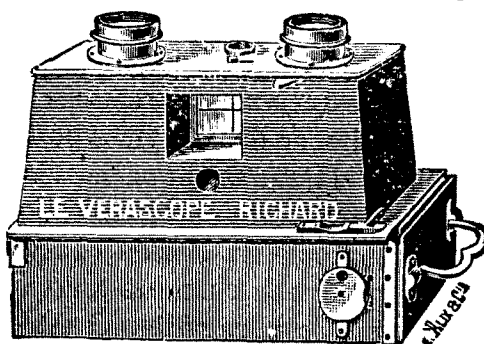


Fig. 98. — Vérascopie Richard (format 45 × 107) à foyers fixes.

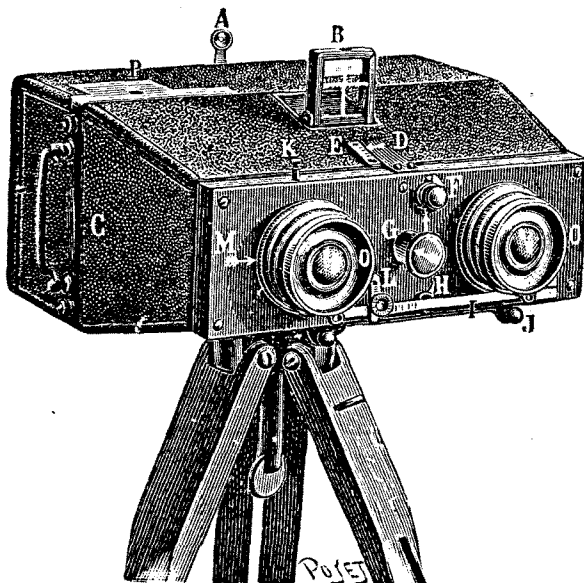


Fig. 99. — Jumelle photostéréographique à mise au point et vitesses variables.

à pellicules ou à plaques, à châssis séparés, châssis-magasin ou compartiment à escamotage. Tout catalogue en présentera plusieurs types courants.

Certaines de ces « jumelles » stéréoscopiques peuvent décentrer considérablement leurs objectifs par coulissement horizontal de la planchette qui les porte<sup>1</sup> : un seul vient jusque devant le centre de la plaque, et comme celle-ci est très allongée on peut faire sous un grand angle une vue *panoramique*, non stéréoscopique naturellement, et à condition de diaphragmer pour couvrir net jusqu'aux extrémités de la plaque. Dans ces jumelles *stéréopanoramiques* le coulissement de la planchette porte-objectifs efface automatiquement, par pivotement ou bascule, la cloison opaque qui en temps ordinaire sépare en deux parties la chambre noire.

Le format le plus rationnel est  $6 \times 13$  ou  $7 \times 13$ ; la dimension  $45 \times 107$  est aussi très en faveur vu son peu d'encombrement, malgré le peu de surface utile. Les formats les plus grands ( $8 \times 16$ , etc.), illogiques, ont disparu.

Les deux images se trouvent ordinairement juxtaposées sur la même plaque. Pour en tirer une épreuve sur papier, on met dans le châssis-presse, en contact avec le double négatif, une feuille sensible de même format. Les deux images contiguës sont ainsi imprimées, virées et fixées simultanément. Mais, si on les observait dans ces conditions à travers les oculaires du stéréoscope, on verrait le sujet, non pas en relief, mais bien en creux, comme si on en regardait un moulage<sup>2</sup>. Cet effet *pseudoscopique* résulte de l'inversion des images dans chacun des compartiments de la chambre noire, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par les diagrammes suivants.

Chacun des objectifs donnant une image renversée :



Négatif non coupé, vu du côté du verre.

si nous redressons le cliché dans sa position normale, les images se trouveront interverties :



Positif non coupé, tiré sous le cliché ci-dessus.

1. Indépendamment, bien entendu, du décentrement en hauteur, beaucoup plus restreint et qui porte sur les deux objectifs à la fois.

2. En pratique, cet effet sera presque toujours annulé par le cerveau si

D'où la nécessité de séparer les deux épreuves et de les transposer dans leur véritable sens :



Positif transposé et prêt pour l'examen.

Pour les épreuves sur papier, l'opération est très simple : il faut donc coller sur le côté droit du carton l'image qui se trouvait à gauche de la double épreuve, et sur le côté gauche (avec 65 millimètres d'écart entre points homologues des deux vues) celle qui se trouvait à droite.

On pourrait évidemment couper au diamant le cliché, en intervertir les deux moitiés et désormais tirer sous lui des épreuves positives sans transposition. Il existe des cadres gradués à réglette-guide mobile qui permettent d'effectuer facilement cette opération. On a aussi construit des appareils où un jeu de prismes transpose les vues dans la chambre noire, entre l'objectif et la plaque. Mentionnons aussi le dispositif *Stéréan*, dièdre de deux miroirs qui se place devant l'unique objectif et y projette deux aspects différents du sujet. L'analyse des trajets montre que la transposition se trouve en même temps réalisée (Barnard, 1853).

Ennel a fait connaître un artifice très ingénieux, et cependant peu usité, pour imprimer directement et sans aucune transposition les épreuves stéréoscopiques sur papier d'après un négatif exécuté dans la chambre binoculaire. On évite une grande perte de temps en procédant comme suit. Supposons que la plaque portant les deux images négatives ait une longueur totale de 13 centimètres. On prend une bande de papier sensible de 26 centimètres de longueur et d'une largeur égale à la hauteur des images négatives. On replie chaque bout de cette bande (65 millimètres de chaque côté), la surface sensible en dehors, de telle sorte que les bords se rencontrent au milieu. Le milieu du papier ainsi replié présente une surface continue de 13 centimètres de long, et les deux bouts repliés ont ensemble également une longueur de 13 centimètres. On imprime alors sous le

---

la forme réelle de l'objet est bien connue. Mais l'effet subsistera si l'on n'a aucune donnée sur l'ordre de distribution en profondeur des détails.

cliché l'une des surfaces sensibles, puis on retourne le papier et l'on imprime l'autre (si le papier est mince et très sensible, il sera prudent d'interposer une bande de papier noir). Ces deux impressions terminées, la bande est virée ou développée suivant sa nature, fixée, lavée et séchée. On a ainsi, sur cette bande de 26 centimètres

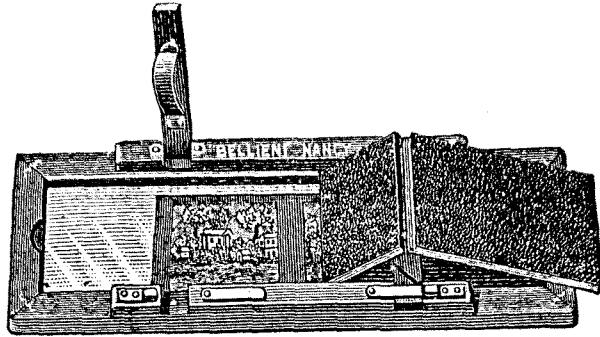


Fig. 100. — Châssis transposeur.

de longueur, deux séries d'épreuves stéréoscopiques complètes, c'est-à-dire quatre images en ligne droite qui sont dans la position voulue. On n'a plus qu'à couper le papier par le milieu pour avoir deux couples stéréoscopiques que l'on pourra coller chacun sur un carton, sans avoir à en transposer les images.

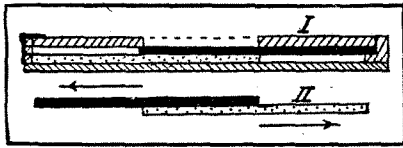


Fig. 101. — Principe du châssis transposeur (vu en coupe) : en noir, le cliché; en pointillé, la plaque diapositive; hachurée, l'épaisseur des planchettes du bâti (non représenté dans la pose II, où l'on a fait glisser les deux plaques comme l'indiquent les flèches, en sens inverses; en I, première pose. Longueur intérieure totale du châssis,  $65 + \frac{65}{2} = 96$  millimètres.

de la plaque positive sous le négatif placé à gauche, et la partie gauche sous le négatif de droite.

**Stéréoscopie à grande base. Hyperstéréoscopie.** — La pratique montre que l'effet stéréoscopique est satisfaisant, c'est-à-dire que le relief est bien perçu quoique sans exagération, quand l'écart des deux points de prise des vues est compris entre le  $1/100$  et le  $1/200$  de la distance de l'appareil au sujet. Les jumelles à objectifs écartés de 65 millimètres donnent donc de bons résultats pour les objets distants de 6<sup>m</sup>,50 (ou même 4 ou 5) à 13 mètres (ou même 15 à 20) : ce qui est précisément le cas de la grande majorité des sujets pour les amateurs et explique l'adoption de cet écartement. En toute rigueur, cela dépend également de la longueur focale des objectifs; mais comme ceux-ci, en raison des formats adoptés, ne varient guère (55 à 75 millimètres), nous pouvons admettre pratiquement cette loi.

Mais si le modèle n'est qu'à 1 ou 2 mètres, les deux vues seront prises sous des angles si différents qu'il sera très difficile et pénible pour les yeux d'arriver à faire coïncider les détails de premier plan homologues. Une partie notable du sujet ne figurera d'ailleurs que sur l'une des deux parties de la plaque. Au contraire, si les premiers plans du sujet ne commencent qu'à une grande distance de l'appareil, 100 mètres par exemple, la différence d'aspect ou *parallaxe* pour les deux objectifs devient tout à fait insignifiante, et le relief est pratiquement inexistant.

Il faudra dans ce dernier cas, à défaut d'un appareil à objectifs très écartés et par conséquent très encombrant<sup>1</sup>, en placer deux semblables, à un seul objectif, parallèlement braqués à un ou plusieurs mètres de distance, et les déclencher ensemble. Ou, si l'instantanéité n'est pas de rigueur, prendre successivement deux vues, en déplaçant l'unique appareil de la quantité voulue. Le premier procédé permet l'enregistrement d'un phénomène astronomique ou météorologique (éclipse, occultation, éclairs, aurores polaires, nuages, arc-en-ciel) avec effet de relief, en écartant les deux instruments de plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres, s'il le faut. M. Carl Stormer a ainsi obtenu de magnifiques vues d'aurores polaires « suspendues » devant le fond d'étoiles. Nous verrons au chapitre XXII que c'est une

---

1. C'est ce qui se fait, pour l'observation visuelle, dans les *téléscopes*, où deux jeux de prismes à 45° (en principe) font ressortir les rayons visuels par deux objectifs distants de plusieurs mètres. A une moindre échelle, la *jumelle à prismes* est fondée sur le même principe.



des méthodes de la photcartographie, et aussi de la photographie astronomique (chap. XXVI).

Au contraire, pour photographier de près de petits objets (bijoux, coquillages, mécanismes, etc.), les deux vues devront être prises avec seulement quelques millimètres d'écart ou moins. Il est alors plus pratique de faire pivoter de quelques degrés, entre les deux vues, soit l'objet, soit l'appareil. La déformation résultant du non-parallélisme des axes optiques est généralement négligeable.

Si l'écart des deux points de vue, ou *base*, a été exagéré, par exemple égal à  $1/20$  de la distance du sujet, les reliefs s'accusent d'une manière excessive : c'est l'effet *hyperstéréoscopique*, dont on a d'ailleurs tiré parti pour observer des saillies infimes en les exagérant.

**Plaques autostéréoscopiques.** — En 1903, l'Américain E. Ives faisait connaître, sous le nom de *parallax-stereograms*, des diapositifs sur lesquels on voyait directement les objets en relief, sans avoir recours à aucun instrument d'optique. Les plaques sur lesquelles était obtenu cet effet pouvaient être de dimensions quelconques et observées simultanément par plusieurs personnes, tandis que, dans le stéréoscope, le format est limité au moins dans le sens de la largeur par l'écartement des yeux, et l'image n'est visible que par un seul observateur à la fois.

Pour obtenir un parallax-stéréogram, M. Ives, appliquant un principe indiqué dès 1896 par M. Berthier, exposait une plaque au foyer d'un objectif simple de grand diamètre, contre la lentille duquel était fixée une lame opaque percée de deux ouvertures en regard des deux extrémités du diamètre horizontal du verre. De plus, un *gril* ou réseau à lignes verticales était interposé en avant de la surface sensible, plus ou moins près suivant l'espacement des traits (il y en avait 100 à 150 par pouce).

Les rayons transmis par chacune des deux ouvertures sont partiellement interceptés par les lignes opaques de la trame. Après développement, fixage et tirage du cliché composite, on a une image confuse, où ne se montre aucun relief. Mais l'effet sera tout différent si l'on observe cette image derrière le gril qui avait été interposé devant la plaque sensible, en ayant soin de le repérer exactement dans sa position primitive. Alors, les traits opaques du réseau cachent à l'œil droit l'image fournie par l'ouverture placée à gauche, et *vice versa*. Chaque œil ne voit ainsi que l'image qui lui

est destinée, comme le stéréoscope, mais l'illusion est ici plus complète, parce que l'observateur peut se déplacer à droite et à gauche sans cesser de percevoir le relief (fig. 102).

M. Estanave a supprimé tout repérage, en imprimant un réseau de lignes noires parallèles au dos d'une plaque au gélatinobromure. Cette plaque est impressionnée, verre en avant et gélatine en arrière, dans une chambre dont l'objectif est muni d'un diaphragme à deux ouvertures, comme dans le procédé Ives. Après développement et inversion, on a un diapositif reproduisant le modèle avec le relief stéréoscopique. Le trame n'ayant environ que 40 lignes par centimètre, le diapositif examiné de très près se montre haché de rayures, comme si on le regardait à travers les barreaux d'une grille; mais si l'on s'en éloigne suffisamment, cet inconvénient disparaît, l'illusion est complète, et le relief persiste même si l'observateur change de place.

Le même dispositif a permis d'obtenir des épreuves à effet changeant. Au lieu de laisser pénétrer la lumière simultanément par les deux ouvertures de l'objectif, on exécute deux poses successives sur la même plaque. Ainsi, dans le cas d'un portrait, le sujet aura les yeux ouverts pendant qu'on laissera pénétrer la lumière par l'orifice droit, et les tiendra fermés pendant la pose exécutée par l'orifice gauche. Si l'on examine le diapositif ainsi obtenu, on verra le modèle avec les yeux ouverts ou fermés, suivant qu'on se placera à droite ou à gauche du centre de la plaque. Et, si l'on se déplace rapidement, ou si l'on imprime au diapositif un mouvement d'oscillation, on verra le modèle fermer les yeux, puis les ouvrir et les fermer encore. Des diapositives-réclames ont été ainsi éditées pour être exposées en vitrine, les passants qui défilent devant celle-ci voyant la personne photographiée souriante ou non, les yeux levés ou baissés, la bouche entr'ouverte ou fermée.

On peut enregistrer sur la plaque et voir non seulement deux, mais trois vues photographiques, selon que le regard (il faut ici regarder avec un seul œil) vient de droite, de gauche ou perpendiculairement vers la plaque. Pour que les traits opaques masquent exactement deux séries de lignes sur trois, il faut évidemment adapter la distance écran-plaque d'après la largeur des traits opaques; et de même pour la distance de l'œil qui examine.

Enfin, en remplaçant le réseau primitif par une trame quadrillée,

c'est-à-dire rayée de traits verticaux et de traits horizontaux et en perceant le diaphragme de quatre ouvertures disposées aux angles d'un carré dont les côtés sont verticaux et horizontaux. M. Estanave a réalisé des effets plus complexes. Le relief est donné par les raies verticales, tandis que les raies horizontales donnent lieu à des effets changeants, que l'observateur obtient en se déplaçant

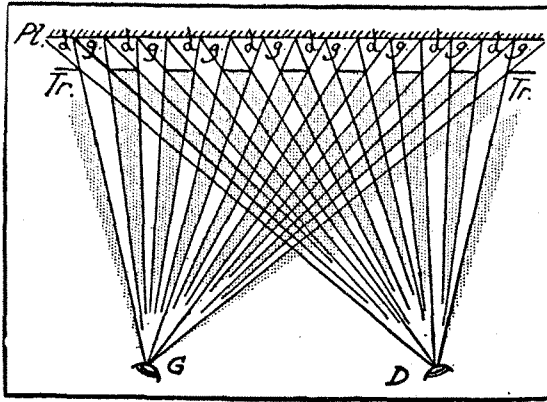


Fig. 102. — Coupe d'une plaque autostéréoscopique Estanave : *Pl*, surface de la plaque; *Tr*, trame lignée. L'œil droit *D* ne voit que les portions d'image *d, d, d...* L'œil gauche *G* ne voit que les parties *g, g...*

dans le sens vertical ou en inclinant la plaque en avant ou en arrière.

**Photographie intégrale** — M. Lippmann imaginé, en 1908, un procédé susceptible de donner l'illusion du relief beaucoup plus complètement que ne peuvent faire les méthodes stéréoscopiques précédentes. (qui ajoute encore à l'originalité de cette innovation c'est qu'elle supprime la chambre noire et l'objectif. L'appareil se réduit à un châssis contenant

une plaque sensible, que l'on démasque au moment de l'impression. Après développement et inversion, on a un diapositif à travers lequel le modèle est vu en relief et présente des perspectives changeantes à mesure que l'observateur se déplace, absolument comme si cette plaque était une fenêtre ouverte sur le site que l'on a voulu reproduire. Ainsi, si la photographie représente un pilier au premier plan, l'observateur verra ce que lui masque ce pilier s'il se déplace la tête vers la droite ou vers la gauche, comme il le ferait dans la nature. Si le premier plan représente les têtes d'une foule, on découvrira des arrière-plans par-dessus ces têtes en plaçant ses yeux plus haut qu'elles, comme dans la réalité on se hausse sur la pointe des pieds.

A vrai dire, la réalisation de ce procédé singulier offre de si grandes difficultés techniques, qu'on n'a encore pu préparer industriellement

ment les plaques spéciales; mais la théorie en est si ingénieuse qu'il convient d'en connaître au moins l'essentiel.

La plaque sensible est formée d'une multitude d'éléments convexes constituant chacun un objectif et une chambre noire microscopiques. C'est une pellicule de celluloïd dont les deux surfaces sont moulées de manière à présenter des convexités disposées en regard les unes des autres, mais avec des courbures différentes : le côté sur lequel est coulée l'émulsion est faiblement ondulé, tandis que le côté opposé, qui sera dirigé vers le sujet à photographier, est formé d'éléments dont la convexité est beaucoup plus accusée. Ces éléments antérieurs, à très faible rayon de courbure, constituent autant d'objectifs projetant une microscopique image du modèle sur la face opposée de la pellicule, où se trouve l'émulsion au gélatinobromure. La courbure de la surface sur laquelle se forme l'image est calculée, d'après l'indice de réfraction de la substance moulée réfringente, de manière que celle-ci soit bien au point<sup>1</sup>. Comme la focale de chaque objectif est extrêmement courte, tous les objets, même situés à très faible distance, se dessineront avec une netteté pratiquement suffisante. Il n'y a donc ni mise au point, ni appareil autre qu'un châssis avec obturateur à rideau. La très grande ouverture des éléments gaufrés réfringents donne une extrême luminosité. Il est utile qu'une couche de pigment noir isole optiquement chaque élément de ceux qui l'entourent. Pour abrégé, nous donnerons le nom de *cellule* à chacune des petites chambres noires ainsi constituées, et qui forme une surface comparable à celle des « yeux composés » de la plupart des insectes.

La plaque est enfermée dans un châssis, que l'on ouvre en face du sujet à reproduire et que l'on referme après la pose. En somme, il suffit « de se regarder dans la plaque », on développe et l'on inverse de la manière à obtenir un diapositif.

Si l'on examine alors la plaque par transparence, en la regardant du côté de la gélatine, on ne distingue aucune image, à l'œil nu. Au microscope, on n'apercevrait qu'une multitude de petites

---

1. La surface réfringente pourra être constituée d'une poussière de sphérolites juxtaposées (en une seule couche) et incrustées dans l'émulsion. Il faudrait alors qu'elles fussent faites d'un verre d'une réfringence ( $n = 2$ ) difficile jusqu'ici à obtenir. Le problème est à l'étude.

images juxtaposées. Mais, si l'observateur se place du côté opposé à la gélatine, c'est-à-dire du côté des objectifs, alors il voit le sujet, *en grandeur naturelle*, en relief, et sous des aspects qui changent à mesure qu'on regarde la plaque sous des incidences différentes, ainsi qu'il est dit plus haut, comme si l'on se trouvait en présence de la réalité; d'où le nom de *photographie intégrale* donné à ce procédé.

Ce résultat, si étrange qu'il semble à première vue, s'explique cependant. Chacun des petits objectifs fournit une image *réelle* qui se forme dans l'air à une certaine distance de la plaque, image amplifiée dont le champ est très étendu, par suite de la très faible distance focale. L'œil de l'observateur n'embrasse à la fois qu'une partie de ce champ, donc de cette image, mais, s'il se déplace, verra une nouvelle partie du champ, et, comme les deux yeux occupent des positions différentes, ils aperçoivent des perspectives correspondant à la vision binoculaire du modèle. Les conditions de la perception du relief se trouvent ainsi remplies, sans l'emploi d'un stéréoscope. L'objet réel est remplacé par une image réelle aérienne, qui est donc vue dans les mêmes conditions.

L'image perçue par chaque œil du spectateur est la résultante des microscopiques images formées au fond des cellules. L'image perçue paraîtra continue si les cellules sont suffisamment rapprochées : il faut pour cela que la distance linéaire entre deux cellules soit moindre que l'ouverture pupillaire. « A chaque instant, dit M. Lippmann, l'image observée est limitée par les bords de l'épreuve comme la vue des objets extérieurs le serait par les bords d'une lunette à travers laquelle on regarderait. En déplaçant la tête, on voit d'autres objets s'encadrer entre les mêmes bords, et par un mouvement suffisant, on fait, s'il s'agit d'un paysage, le tour de l'horizon. Il pourrait paraître invraisemblable *a priori* qu'une seule et même épreuve photographique puisse nous montrer une succession de vues différentes. Mais ce résultat s'explique simplement : lorsqu'on est face de l'épreuve, l'image résultante qui apparaît projetée dans l'espace est la sommation d'éléments, dont chacun est emprunté à la partie médiane de l'une des petites images cellulaires, occupent toute l'étendue de l'épreuve. Lorsqu'on regarde celle-ci obliquement, la sommation se fait aux dépens d'éléments empruntés respectivement aux parties latérales des images cellulaires. Si celles-ci ont une ouverture de  $120^\circ$ , par exemple, on pourra balayer 4

du paysage. La perception est ainsi variée, parce que chaque cellule porte, imprimée dans son fond, une vue panoramique du monde extérieur. *Tota in minimis existit natura*.

« On augmenterait encore l'angle balayé, on le porterait à 360°, en employant une pellicule convexe, cylindrique par exemple, au lieu d'une pellicule plane. Avec une pellicule bombée, comme le serait une portion de sphère<sup>1</sup> ou d'ellipsoïde, on embrasserait le ciel et la terre en même temps que tout l'horizon, et la ressemblance du système avec certains yeux d'insectes deviendrait plus complète.

« Lorsque le sens de la marche de la lumière est changé dans une chambre noire, les rayons reprennent à la sortie le même chemin qu'à l'entrée. Il en résulte que les déformations de l'image, dues aux imperfections de l'objectif, sont sans effet; elles sont éliminées grâce au renversement, et l'objectif, malgré ses défauts, fonctionne comme s'il était parfait<sup>2</sup> ».

**Photostéréosynthèse.** — C'est encore un savant français, M. Louis Lumière, qui a imaginé un remarquable procédé de photographie en relief avec un seul objectif et sans stéréoscope. Il prend du même sujet toute une série de photographies, chacune sur une plaque différente, identiques comme dimensions; mais sur l'une la mise

au point est faite sur le tout premier plan, sur la seconde la netteté ne porte que sur un plan un peu plus arrière, et ainsi de suite. Il serait difficile de trouver des objectifs ayant une aussi faible profondeur de champ; mais un artifice d'une extrême élégance

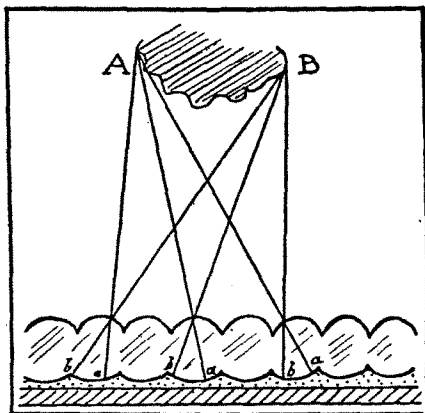


Fig. 103. — Coupe de la plaque « intégrale » de Lippmann. La couche de granules réfringents recouvre l'émulsion. Le sujet AB donne dans chaque cellule une petite image *ab*. La plaque terminée, réexposée à la lumière, produit par le retour inverse des rayons une image aérienne AB, synthèse de toutes les images enregistrées *ab*, et reproduisant donc le modèle du sujet.

1. Voir note p. 511.

2. *Photo-Gazette*, 25 avril 1908, p. 110.

en donne l'équivalent : en faisant décrire à l'objectif un cercle dans le plan de ses lentilles pendant la pose, cela revient à agir avec une lentille immobile de grande surface et de même foyer, donc de très grande ouverture, donc à champ net très peu profond : le flou que donne ce déplacement étant annulé par un mouvement analogue de la plaque, convenablement calculé.

Chaque plaque n'ayant de net qu'une « tranche » du sujet, est tirée en diapositive, très faible et transparente. Ces diapositives sont placées l'une devant l'autre, et l'œil, bien en face, examine leur file : l'impression de relief est remarquable. La vision binoculaire ne joue ici aucune rôle.

En principe, il faudrait une infinité de plaques représentant autant de plans nets. En pratique, il suffit d'une demi-douzaine.

**Anaglyphes.** — Ce sont des stéréogrammes ordinaires, mais dont l'examen stéréoscopique se fait d'une manière particulière : une des vues est imprimée en vert, l'autre en rouge. Le stéréoscope, consiste en un lorgnon dont les verres sont l'un rouge et l'autre vert. A travers le verre rouge, les traits imprimés en rouge sont invisibles et les traits verts sont noirs et bien marqués; le verre vert ne laisse au contraire l'autre œil distinguer que l'image rouge. Chaque œil ne voit donc qu'une image (on a dû choisir pour imprimer celle de gauche la couleur du verre placé devant l'œil droit<sup>1</sup>). Une vue bicolore projetée devant plusieurs personnes munies chacune d'un lorgnon sélecteur, sera vue en relief à la fois par toutes. Il n'est pas nécessaire de placer côte à côte les deux vues monochromes, mais on peut les superposer : chaque œil débrouillant dans l'enchevêtrement ce qui le concerne; d'où économie de place. Des épures de géométrie dans l'espace ont ainsi été éditées (Richard), ainsi que des vues anatomiques, astronomiques, etc. Le principe a été imaginé, de façon indépendante, par Rollmann, par d'Almeida et par Ducos du Hauron.

**Projections stéréoscopiques.** — Le système des anaglyphes exposé ci-dessus est évidemment le plus pratique pour faire apprécier le relief par tout un public. Il a connu vers 1924 un vif succès dans les music-halls, la projection de deux images consistant en silhouettes

---

1. Le lorgnon tenu à l'envers montrerait des reliefs pseudoscopiques (v. p. 504).

de personnages vivants sur un écran, dédoublées en une verte et une rouge parce que formées par deux projecteurs divergents, à lumière respectivement rouge et verte. On a aussi employé comme analyseurs des jumelles à écran rotatif éclipçant alternativement l'une et l'autre séries de vues en même temps qu'un écran semblable du projecteur masque l'une ou l'autre; des prismes polariseurs jouant le même rôle sélecteur vis-à-vis des deux images projetées chacune par de la lumière différemment polarisée, etc. Ces procédés se montrent pratiquement trop compliqués ou trop coûteux pour qu'on ait pu les utiliser au cinéma, où l'alternance des deux séries de vues (prises de droite et de gauche) est cependant facile et suffirait à assurer la fusion dans l'œil. Des jumelles à déviation par prismes ou par miroirs ont aussi été expérimentées, mais elles exigent que les vues soient côte à côte, donc plus petites que l'écran.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- A.-L. DONNADIEU, *Traité de photographie stéréoscopique*, Paris (Gauthier-Villars), 1892.  
 L. CAZES, *Stéréoscopie de précision*, Paris (Michelet), 1895.  
 R. COLSON, *La Photographie stéréoscopique*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.  
 A. DELAMARRE, *Pratique de la photographie stéréoscopique*, Paris (H. Desforges), 1906.  
 F. DROUIN, *Le Stéréoscope et la Photographie stéréoscopique*, Paris (Ch. Mendel).  
 L. STOCKHAMMER, *La Stéréoscopie rationnelle*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Ch. Mendel), 1913.  
 H. FÉLISAT, *Causerie sur la Stéréoscopie*, Paris (Montel), 1920.  
 C. FABRE, *Traité de photographie stéréoscopique*, Paris (Gauthier-Villars), 1906.  
 L. MATHET, *Traité pratique de photographie stéréoscopique*, Paris (Ch. Mendel).  
 M. VON ROHR, *Die binokularen Instrumente*, Berlin (Julius Springer), 1907.  
 M. VON ROHR, *Abhandl. zur Geschichte des Stereokops*, Leipzig (Engelmann), 1908.  
 F. STOLZE, *Die Stereoskopie und das Stereoskop in Theorie und Praxis*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a/S. (W. Knapp).  
 L.-P. CLERC, *Applications de la Photographie aérienne*, Paris (Doin), 1920.  
 E. COLARDEAU, *Traité général de Stéréoscopie*, Paris (L. de Francia), 1924.  
 E. COUSTET, *La Photographie stéréoscopique en noir et en couleurs*, Paris (Montel), 1922.



## CHAPITRE XXII

## LA PHOTOGRAPHIE DOCUMENTAIRE ET TOPOGRAPHIQUE

**Généralités.** — En principe, toutes les images photographiques peuvent être considérées comme des documents d'une indéniable exactitude. Le portrait sans retouche, applicable aux cartes d'identité, le paysage, la reproduction des monuments ou des tableaux, tout cela, au fond, c'est de la photographie documentaire, aussi bien que les microphotographies, les radiographies et les clichés qu'exécutent les astronomes. A tous ces points de vue, le rôle de la photographie, déjà prépondérant, grandit chaque jour davantage.

Les procédés modernes permettent d'atteindre presque à la perfection avec le minimum de difficulté. Les objectifs exempts d'aberration, les anastigmats, fournissent des images d'une extrême finesse sur toute l'étendue du champ utilisé; leur luminosité, jointe à la sensibilité des plaques, facilite la reproduction fidèle des objets, même animés de mouvements rapides. L'orthochromatisme des émulsions, la souplesse et l'énergie des révélateurs, permettant de ne rien perdre des plus délicates nuances. Les couleurs elles-mêmes, nous l'avons vu, sont actuellement fixées avec toute l'exactitude désirable, et la stéréoscopie permet d'estimer l'échelonnement des détails en profondeur.

Aussi, toutes les sciences y ont-elles recours, aussi bien l'anatomie ou la physiologie que l'archéologie et la géographie. De nos jours, l'explorateur ne saurait se dispenser de rapporter une ample moisson de clichés. La presse illustrée photographiquement nous a habitués aux documents précis, et les œuvres des grands peintres sont maintenant connues partout, depuis que les impressions photomécaniques en ont rendu les copies accessibles à tous. Enfin, que ce soit sous forme de projections de vues stéréoscopiques, de simili-

gravures ou de cartes postales, la photographie est désormais le plus puissant moyen d'information et d'enseignement.

Au cours de ce chapitre, nous allons analyser quelques-unes des plus spéciales parmi les applications de la photographie considérée comme moyen de documentation : reproduction des tableaux ou des images monochromes, photographie judiciaire, topographie, cartographie, etc. D'autres méthodes documentaires, en raison soit de leur importance, soit de leur caractère spécial, feront l'objet de chapitres séparés.

**Reproductions.** — Une gravure ou une épreuve photographique peuvent souvent être rendues suffisamment transparentes (par de la benzine, de l'alcool, etc.) pour pouvoir servir de clichés et être copiées au châssis-presse en les plaçant sur une plaque ou sur un papier sensible. Le liquide une fois évaporé, l'original est redevenu normal. La transparence n'étant pas parfaite, le temps d'exposition peut être assez long. L'inconvénient le plus grave est que le grain du papier reste toujours assez visible.

Un curieux mode de copie en grandeur naturelle sans appareil est la *cataphototypie* : une plaque est posée, l'émulsion sur le dessin à reproduire, et le tout, bien serré, est porté à la lumière : la lumière diffuse traversant l'émulsion est réfléchiée par le papier blanc et revient frapper la plaque, tandis que là où sont les traits noirs elle reste absorbée. On objectera que la plaque est voilée par le dos; on peut cependant obtenir des résultats satisfaisants en développant dans un bain donnant le maximum de contrastes, puis en diminuant le voile par affaiblissement au Farmer fort (p. 216) suivi de renforcement. La même chose a été faite avec du papier au bromure au lieu de plaque. Il est préférable que celle-ci soit lente.

Avant de photographier un tableau, une gravure, une page manuscrite ou imprimée, il est presque toujours nécessaire de faire subir au modèle une préparation. Si c'est un tableau à l'huile, il est essentiel d'en atténuer l'aspect miroitant. En outre, si la peinture en est salie ou assombrie par le temps, il faut au préalable l'éclaircir. La toile sera donc minutieusement époussetée, puis légèrement lavée avec un linge humide. Si les blancs, ordinairement constitués par de la céruse (carbonate de plomb), ont noirci sous l'influence d'émanations sulfureuses, on pourra

les revivifier à l'aide de l'eau oxygénée, qui transforme le sulfure de plomb noir en sulfate de plomb blanc. Une fois les couleurs éclaircies, on remédie au miroitement du vernis en le recouvrant d'une couche de glycérine pure que l'on frotte à l'aide d'une éponge non humide. La surface devient alors mate, et les couleurs s'avivent encore. Cet enduit s'enlève, du reste, facilement, après l'opération, au moyen d'une éponge imbibée d'eau. La glycérine est quelquefois remplacée par l'albumine, qui s'emploie de la même manière.

Si le modèle à reproduire est encadré sous verre et qu'il soit nécessaire de le laisser ainsi, il faut veiller aux moindres poussières qui risqueraient de compromettre la réussite. Quand le modèle n'est pas conservé sous verre, certains auteurs conseillent de le plonger dans une cuvette pleine d'eau et de le photographier à l'aide d'un appareil à axe optique vertical. Il est certain que l'immersion atténue les inégalités des surfaces, et que le grain du papier y disparaît. Néanmoins, ces avantages sont surtout théoriques. Il ne faut pas songer à tremper une aquarelle ou un pastel : ce serait les perdre à coup sûr. Les gravures elles-mêmes s'abîment, dans de telles conditions : le papier, en séchant, se gondole, et il en résulte des déformations toujours fâcheuses et parfois très graves, s'il s'agit d'un plan coté ou d'une carte. Cependant l'immersion est assez avantageuse dans la reproduction des épreuves photographiques non montées.

En fait, l'immersion peut être remplacée par l'application du modèle mouillé sur le côté dépoli d'une glace finement doucie. Le contact des deux surfaces doit être assuré par une certaine pression, comme celle que l'on obtient dans un châssis à épreuves. Ou bien l'épreuve est appliquée mouillée sur le verre. Le modèle est photographié à travers la glace, dont on a soin d'éviter les reflets en procédant comme il est dit plus loin. L'image obtenue par ce moyen est exempte de grain, mais elle manque généralement de vigueur, si l'on n'a soin d'éviter la surexposition, ainsi que le voile au développement.

Mais le grain du papier, comme le miroitement du verre, seront plus pratiquement supprimés par un éclairage judicieusement réglé. On a proposé de supprimer le reflet du verre en plaçant devant l'objectif un prisme polarisant orienté convenablement.

Une excellente méthode consiste à disposer le modèle au fond d'un cône ou d'un tronc de pyramide à base rectangulaire, dont les surfaces intérieures sont recouvertes de papier blanc ou de feuilles d'étain. On arrive cependant à un résultat sensiblement équivalent en interposant un écran de mousseline blanche du côté d'où vient la lumière, et des écrans blancs opaques formant réflecteurs du côté opposé, de façon à entourer le sujet d'une lumière très diffusée. Il faut en effet qu'une région ne se trouve pas plus éclairée qu'une autre.

Pour obtenir une reproduction exacte, sans aucune altération des formes, il est indispensable que la surface à photographier soit rigoureusement parallèle au plan qu'occupera la surface sensible. Dans l'industrie, la chambre repose sur quatre galets roulant sur deux rails fixés le long d'un socle horizontal, à l'extrémité duquel un châssis vertical reçoit le modèle à reproduire. Le parallélisme nécessaire se trouve ainsi automatiquement assuré, quelle que soit la distance qui sépare l'appareil du modèle. Cette distance une fois réglée, d'après les dimensions que doit avoir la reproduction, la chambre est immobilisée sur les rails par des vis de serrage. La tablette repose d'ordinaire sur quatre pieds rigides. Néanmoins, dans les locaux où les vibrations du sol risquent d'altérer la netteté des images, qui exigent une grande précision, la tablette est posée sur des ressorts amortisseurs, ou même suspendue au plafond par des cordages, ainsi que nous l'avons déjà vu en traitant des procédés photomécaniques. Divers bâtis peu encombrants et de maniement faciles ont été conçus pour donner (directement sur papier négatif que l'on inverse) des fac-similés de pièces comptables ou de plans non transparents dont on désire un double, dans les bureaux.

L'objectif sera, bien entendu, rectilinéaire. Une lentille simple, quoique achromatique et même anastigmatique, ne vaudrait rien, puisqu'elle ne saurait être complètement exempte de distorsion. L'aplanat est suffisant quand on veut reproduire un tableau ou un fusain dont les détails ne sont pas très poussés. Un grand angulaire offre l'avantage de n'exiger qu'une planchette de support assez courte et de réduire par conséquent au minimum l'encombrement du matériel de reproduction. Un amateur qui reproduit souvent des documents, pourra aisément se construire un « banc à reproductions » en bois, à planchette verticale et coulisses-guides graduées entre lesquelles glissera l'appareil.

Mais, quand il s'agit de ne rien perdre des moindres détails d'une épreuve au citrate ou d'une gravure au trait ; quand on tient à rendre toute la finesse des lignes d'une carte ou d'une eau-forte, alors il est nécessaire de recourir à l'anastigmat. Seulement, pour tirer parti de toutes ses qualités, il faut régler la mise au point avec le plus grand soin, par suite du défaut de profondeur de foyer de l'instrument qui doit être utilisé à sa plus grande ouverture, ou du moins très peu diaphragmé, parce qu'une ouverture trop étroite épaissirait les traits par diffraction (v. p. 46). Il importe donc que la construction de l'appareil soit assez précise pour que la surface sensible vienne occuper rigoureusement le même plan que le verre dépoli : une chambre noire mal construite rendrait complètement illusoire les qualités de l'objectif le plus parfait.

Si le modèle est d'un tracé incorrect, par exemple une photographie où les verticales convergent parce qu'elle a été prise avec un appareil incliné, on peut rectifier ces lignes par une déformation de sens contraire, obtenue en inclinant le modèle par rapport à la plaque. Nous n'insisterons pas sur la théorie géométrique de ces redressements, employés dans certains « restituteurs » de photos aériennes pour l'établissement des cartes (voir plus loin).

\*  
\* \*  
\*

Pour une reproduction en grandeur naturelle, le tirage de la chambre doit être égal à 2 fois celui qu'elle a quand on met au point sur l'infini, c'est-à-dire à 2 fois la focale de l'objectif. Il est rare que les foldings légers d'amateurs aient un tirage suffisant. En ce cas, l'adjonction d'une bonnette peu convergente (verre de besicle faible) devant l'objectif et presque au contact, permet de se contenter d'un tirage réduit, puisque la focale se trouve diminuée. Toutefois ce verre, non corrigé, crée quelques aberrations et amoindrit les corrections de l'objectif.

Les plaques ordinaires conviennent toutes à la reproduction des fusains et des lavis qui n'exigent pas une extrême définition. Les sujets en couleurs nécessitent, bien entendu, l'emploi de plaques panchromatiques et l'interposition d'un verre jaune. On fera également usage d'un écran jaune pour reproduire des caractères bleus ou violets sur papier blanc, tandis qu'un écran bleu fera parfaitement

ressortir une écriture jaunie par le temps et devenue presque invisible. Pour les dessins, les gravures et surtout les cartes dont on tient à reproduire toute la finesse de trait, les émulsions rapides ne vaudraient rien. Si l'on veut utiliser toutes les qualités d'un objectif de haut rendement, il faut avoir recours à des surfaces sensibles à grain très fin et même sans grain. C'est pourquoi l'industrie n'a pas entièrement abandonné le procédé au collodion. On obtiendra cependant des clichés très fins en employant les émulsions au gélatinobromure lentes ou, ce qui vaut mieux, les plaques destinées à l'exécution des diapositifs. Ces plaques exigeront naturellement une pose très longue, mais fourniront des images d'une extrême finesse.

La durée du temps de pose sera d'ailleurs déterminée, non seulement d'après la sensibilité de l'émulsion et l'intensité de l'éclairage, mais aussi d'après l'aspect du modèle et l'effet à réaliser. Les sujets à teintes continues, comme les tableaux peints à l'huile, les aquarelles, les photocopies, s'accommodent bien d'une légère surexposition, qui contribue à mettre bien en valeur la délicatesse de leur modelé. Par contre, la sous-exposition convient aux gravures au trait, aux dessins à la plume.

La même distinction doit encore se poursuivre dans les autres opérations. Les sujets à demi-teintes seront développés plutôt lentement, dans un révélateur évitant l'empatement des opacités.

Par exemple :

A. Eau . . . . .	600 gr.
Sulfite de soude . . . . .	30 —
Hydroquinone . . . . .	5 —
Bromure de potassium . . . . .	2 —
B. Eau . . . . .	600 gr.
Soude caustique . . . . .	5 —

Employer un mélange AB à parties égales. Le bain doit être à 16°-18°.

Pour les reproductions de traits, le développement sera, au contraire, conduit de manière à former un cliché dont les noirs seront bien opaques et les blancs bien transparents. Si le contraste n'en est pas suffisant, on éclaircira complètement les blancs dans le réducteur de Farmer, on lavera la plaque avec soin, et l'on renforcera les noirs au bichlorure ou à l'iodure de mercure.

### La photographie en exploration et en ethnographie. —

On ne conçoit plus guère un explorateur géographe, sociologue ou naturaliste, ne réservant pas une place de choix dans son programme et son matériel, à la photographie, qui rapporte avec lui une foule de détails à la fois authentifiés, précis et riches en indications. Beaucoup des photographies prises ressortissent au portrait pur et simple, à la scène de genre, à la reproduction d'objets; observons qu'il y a bien souvent grand intérêt à faire figurer dans la vue un mètre (ou double décimètre) gradué, qui permettra de rétablir l'échelle. D'autres photographies se rapprochent d'avantage de la photocartographie dont nous parlons plus loin. Citons comme applications plus spéciales la photographie des cavernes au magnésium (Martel), celle des animaux en liberté, des animaux aquatiques, pris en cuve ou en ayant recours au scaphandre; enfin la photographie synthétique établissant le type d'une tribu, famille ou colonie (Batut) : sur la même région de la même plaque, on photographie successivement, juste à la même échelle, un certain nombre d'individus paraissant avoir le type bien pur et caractéristique du groupement ethnique exploré; pour chacun on pose beaucoup moins que la normale. Les surimpressions accumulent sur les mêmes points de la plaque les traits les plus constants, et par conséquent les plus typiques; tandis que les particularités exceptionnelles et individuelles ne sont presque pas visibles. Au tirage, on a donc le « type moyen » (Quetelet) très représentatif du groupement qui a fourni les modèles.

Les vues de sujets et de pièces anatomiques, de machines, d'autographes, de mobiliers, etc., ont une importance aussi bien qu'une simplicité de facture, qui n'appellent ici aucun développement.

**Photographie judiciaire.** — Le document probablement le plus ancien qui mentionne l'emploi de la photographie en matière judiciaire est le *Journal des tribunaux* du 10 septembre 1854. L'avocat Pellis, de Lausanne, y raconte comment un portrait au daguerrotypage permit seul de découvrir l'identité d'un individu énigmatique, inculpé de vol. Depuis cette époque, la photographie a été souvent utilisée par la police, mais les services qu'elle était susceptible de rendre, par défaut d'organisation rationnelle, étaient loin d'égaliser ceux que l'on doit aux portraits signalétiques actuels.

Il est difficile de fixer la date du premier emploi de la photographie comme moyen de reconnaître les faux en écriture : on

trouve des reproductions de lettres remontant aux premiers jours de la photographie, mais ces épreuves sont plutôt exécutées dans le but de garder le duplicata d'un document que pour fournir un moyen d'analyse.

Ce n'est guère que depuis 1880 que des ateliers photographiques sont spécialement affectés à l'usage policier et judiciaire, et c'est de 1882 que date l'organisation, par M. Alphonse Bertillon, du *Service de l'Identité judiciaire*, dans lequel une large place est réservée à la photographie.

Actuellement, le rôle de la photographie en matière judiciaire comprend : 1<sup>o</sup> la reproduction des lieux du crime ou de l'accident; 2<sup>o</sup> l'exécution de documents comme moyen d'expertise; 3<sup>o</sup> l'identification des criminels ou de cadavres inconnus.

*Photographie prise sur le lieu du crime ou de la catastrophe.* — L'image reproduite par la chambre noire est un document indiscutable, où l'on peut constamment reconnaître les moindres détails qui auraient passé inaperçus au cours d'une sommaire constatation visuelle. Il est presque toujours nécessaire d'exécuter plusieurs clichés différents, de façon à fixer non seulement l'ensemble des lieux, vus sous diverses perspectives, mais aussi tous les détails capables d'intéresser l'enquête judiciaire, comme les meubles montrant des traces d'effraction, les tapis dont les plis caractéristiques indiquent une lutte ou une fuite. L'appareil doit être d'assez grand format, très stable, à grands décentrement, long tirage, avec bascules avant et arrière, niveau, verre dépoli quadrillé et gradué, etc. La focale de l'objectif étant bien connue et la mise au point parfaite, le cliché exécuté se prêtera par la suite à toutes mensurations avec une grande précision. Des abaques faites d'avance donnent les valeurs cherchées.

Il va de soi que les traces de pas poussiéreux, humides, sanglants, etc. seront photographiés avec précision et en relevant les dimensions. De même pour toutes autres traces et fractures. Il y a souvent lieu d'agrandir ces photographies.

A cette catégorie documentaire il faut aussi ajouter l'emploi occasionnel de la photographie pour prendre des instantanés pendant des grèves ou des incendies.

*Photographie comme moyen d'expertise.* — Cette application est basée sur ce fait que la plaque photographique est sensible à des



différences de nuances qui échappent à notre organe visuel. C'est ainsi qu'un cliché peut montrer sur le corps d'un cadavre des traces de coups ou de strangulation absolument invisibles à l'examen direct.

Parmi les détails les plus utiles à photographier, il faut citer les empreintes laissées par les crêtes papillaires, dites empreintes digitales : il est rare qu'il n'en soit laissée aucune lors d'un crime ou d'un délit. Très nettes sur les surfaces lisses (verre, etc.), il suffit alors souvent de les éclairer très obliquement sur fond noir. Mais on les rend bien plus visibles en les colorant par de la céruse, l'ocre, le minium, des poudres résineuses ou l'acide osmique, qui noircit les lignes graisseuses. L'éclairage très rasant est toujours recommandable. Il y a presque toujours lieu d'agrandir ensuite le cliché 3 à 6 fois.

Si la surface à photographier de très près n'est pas plane (bouteille, verre, etc. où l'on relève des taches ou empreintes), on la photographie par portions, en la faisant tourner de peu à chaque fois, soit sur une série de plaques, soit sur une pellicule qui tourne en même temps qu'elle dans le même sens derrière l'objectif (Bruère).

La photographie sert également à découvrir des taches de sang sur des étoffes lavées, et en ce cas elle est faite au microscope (voir chap. XXV). Elle donne aussi le moyen de reconstituer des lettres ou des billets de banque brûlés. Enfin, la photographie est appliquée à l'examen des documents écrits, soit pour rechercher une falsification sur l'original, soit pour comparer entre elles deux ou plusieurs écritures. L'emploi de plaques ordinaires et orthochromatiques, l'interposition d'écrans diversement colorés, l'agrandissement, la superposition, sont autant de moyens de reconnaître si tous les traits d'un document sont de la même main ou s'ils ont été exécutés par deux personnes différentes, ou s'ils sont tracés avec la même encre et à la même époque. Les photographies sont faites exactement à la même échelle si l'on veut faire une superposition comparative. S'il s'agit d'examiner des particularités du document écrit (grattage, lavage, repassage d'encre sur un chiffre, adjonction de chiffres ou lettres, reprises du trait lors d'une copie méticuleuse, etc.), il faut photographier sous un grossissement de 3 à 10 fois, et généralement en lumière oblique ou parfois rasante. L'emploi d'éclairages monochromatiques donne souvent des résultats surprenants, ainsi que les renforcements réitérés.

Identification de suspects ou délinquants. — Par la méthode<sup>1</sup> Per-



Fig. 104. — Photographies (face et profil droit) accompagnant une fiche signalétique de l'identité judiciaire.

1. Le mot d'*anthropométrie*, que l'on continue souvent à employer, ne correspond plus aux méthodes réglementaires actuelles du S. I. J. Bertillon.

tillon, il est actuellement facile de classer des centaines de mille portraits au moyen des fiches signalétiques et de retrouver, en quelques minutes, le portrait d'un individu déterminé. Au verso de la fiche signalétique jadis anthropométrée, aujourd'hui rédigée d'après les règles du « portrait parlé<sup>1</sup> » et complétée par l'empreinte des doigts faite à l'encre grasse, se trouve la photographie de profil et de face (fig. 104), exécutée à l'aide d'un appareil spécial. Celui-ci est une chambre à foyer fixe réglée d'avance pour la réduction à 1/7 de la grandeur réelle (depuis 1912, la réduction est au 1/5), d'une autre chambre plus petite servant de viseur, et d'une chaise de pose qui, par sa forme appropriée, force le sujet à s'asseoir de manière que la colonne vertébrale soit rigoureusement appuyée au dossier, rectiligne et vertical. Le socle est percé de huit trous, destinés à recevoir les pieds de la chaise de pose et à repérer exactement les positions de profil et de face. La distance de la chaise à l'objectif étant réglée une fois pour toutes, la position du siège reste toujours la même pour la photographie de face; il est seulement nécessaire d'ajouter des dossiers supplémentaires, suivant les sujets, pour compenser les différences d'écart. Pour la photographie de profil, on fait pivoter la chaise de 90°, en prenant comme axe de rotation la verticale passant par l'angle externe de l'œil droit. La tête du sujet est appuyée contre une pièce mobile. Suivant la taille du sujet, on élève ou on abaisse la chambre noire, de manière à amener au centre du verre dépoli (marqué par le croisement d'un trait vertical et d'un trait incliné de 15° sur l'horizontale) l'image de l'angle externe de l'œil droit pour la pose de profil, et l'image de la racine du nez pour la

avait d'abord établi ses signalements et ses classements en les basant sur les longueurs de portions déterminées du corps (médius, coudée, pied, largeur du crâne, etc.); mais l'encombrement, la longueur, l'outillage, l'impraticabilité en dehors des laboratoires spéciaux, etc. ont fait abandonner cette méthode en 1921, après avoir fourni plus de 3 millions de fiches.

1. C'est un mode de description *écrite* très abrégée et très précise, qui indique par une ou deux lettres (entre parenthèses si le caractère est peu marqué, souligné s'il est très net) la particularité de chaque partie du visage : concave, convexe, rectiligne, grand, petit, relevé, oblique, etc., cela pour le front, la racine du nez, sa pente, sa saillie sur le maxillaire, le menton, les différentes portions de l'oreille, etc. Il a sur la photographie le grand avantage d'être télégraphiable ou téléphonable, et de permettre un choix méthodique rapide et sûr dans une foule.

pose de face. Le porte-mire, muni d'une glace verticale avec lignes inclinées de 45°, un appui-tête spécial, une toise graduée et portant l'étiquette-numéro du cliché, complètent cet équipement. L'objectif est décentré en permanence vers le bas, les conditions d'éclairage déterminées et fixes.

\*  
\*\*

**Métrophotographie.** — Malgré l'imperfection des premiers objectifs, l'invention de Daguerre avait immédiatement donné à prévoir que les images si détaillées et si rapidement obtenues dans la chambre noire seraient susceptibles de singulièrement faciliter les relevés des architectes et des topographes. Arago et Gay-Lussac, en communiquant leur rapport sur le nouveau procédé, le premier devant la Chambre des députés, le second devant la Chambre des pairs, n'avaient pas manqué d'appeler l'attention sur l'importance de cette application.

C'est le colonel Laussedat qui a définitivement résolu le problème ébauché au XVIII<sup>e</sup> siècle par Beautemps-Beaupré : d'images dessinées avec précision, déduire les dimensions réelles des objets qui s'y trouvent représentés; puis, avec ces données, construire la projection des objets sur un plan quelconque; en particulier, dresser la carte d'un pays, le plan et l'élévation d'un édifice, en se servant uniquement de vues perspectives, prises dans des conditions exactement déterminées.

Les premiers essais de Laussedat remontent à 1844. Les images dont il se servait à cette époque étaient dessinées à main levée, et ce n'est qu'en 1852 qu'il commença à utiliser des épreuves photographiques. Il reconnut alors que le matériel photographique ordinaire était insuffisant pour déterminer avec une précision rigoureuse les éléments de la reconstitution géométrique, et, en 1859, il fit construire par Brunner le premier *photothéodolite*, c'est-à-dire la première chambre noire munie des organes essentiels propres aux instruments topographiques de précision.

L'appareil primitif a reçu divers perfectionnements, et on en construit de nouveaux modèles presque chaque année. Toutefois, les procédés stéréoscopiques d'une part, la photographie presque verticale en avion de l'autre, ont fortement supplanté le procédé

primitif. La chambre, à objectif anastigmat mis au point sur l'infini, est montée sur cercle horizontal et vertical (éclimètre) avec lunettes de visée et niveau à bulle d'air.

Le procédé Laussedat consiste essentiellement à mesurer une base aux deux extrémités de laquelle on photographie les vues d'un même terrain. Mais ensuite on ne fusionne pas ces deux vues au stéréoscope : on reconnaît alors, on *identifie* les mêmes points sur ces vues rabattues et convenablement orientées sur une feuille de papier à dessiner, orientation résultant d'une seule mesure d'angle, à chacune des stations, et l'on détermine la position des différents points sur le plan à l'intersection des rayons visuels allant des deux stations aux points considérés, tracés sur le papier en projection horizontale. Enfin, la *ligne d'horizon*, que l'on a des moyens très simples d'obtenir sur chacune des vues (elle peut même apparaître spontanément sur les photographies), permet, en y projetant les différents points, de calculer leurs différences de niveau avec l'une ou l'autre des stations, ou avec toutes les deux, pour avoir une vérification. C'est, comme on s'en rend compte, une question d'épure, et elle ne peut mettre en place les détails situés au ras de terre, si nombreux en planimétrie (tracé d'une route ou d'un cours d'eau par exemple). Aussi bien Laussedat n'avait-il établi la nouvelle science que pour faire le relevé d'ouvrages de fortification. Ses premiers essais, restés célèbres, furent appliqués au fort de Vincennes.

La méthode imaginée par Laussedat a reçu le nom de *métrophotographie*; cependant en Allemagne elle est désignée sous le nom de *photogrammétrie*, et les épreuves obtenues à l'aide des photothéodolites sont qualifiées de *photogrammes*.

La métrophotographie des monuments d'architecture ou des travaux d'art ne présente aucune difficulté. Il suffit de connaître la distance focale de l'objectif qui a servi à photographier l'édifice, c'est-à-dire la distance du point de vue au tableau, et d'avoir la ligne d'horizon tracée sur ce tableau. Et même ces deux éléments peuvent souvent être trouvés sur des épreuves de provenance inconnue. On n'a alors qu'à disposer convenablement l'image sur une feuille de dessin sur laquelle on rapporte la projection horizontale du point de vue, et la restitution du plan et des élévations des façades apparentes de l'édifice répond au problème inverse de la perspective.

La reconstitution du plan géométral se faisant par des intersections, demande que ces dernières s'effectuent autant que possible sous des angles se rapprochant de  $60^\circ$  (au moins  $30^\circ$ ). Les bases choisies doivent être longues pour assurer ces valeurs angulaires : et alors la zone commune aux deux photographies contiguës se trouve d'autant plus réduite, et surtout l'identification des points communs aux différentes épreuves devient très difficile.

**Cartographie.** — La métrophotographie des paysages, qui a pour objet la construction des plans topographiques et le nivellement, est plus compliquée. Quand il s'agit de monuments, on se trouve en présence de formes géométriques bien définies, terminées le plus souvent par des lignes droites dont les perspectives suivent des règles très simples ; mais les accidents du sol ont des formes tout à fait irrégulières, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'il est possible de s'en tenir aux règles simples de la perspective linéaire. Une vue isolée est presque toujours insuffisante ; il en faut ordinairement deux, au moins (car on peut évidemment en exécuter tout un enchaînement), prises de deux points différents. En combinant les deux images, on parvient alors à tracer sur un plan, d'abord les positions relatives de points remarquables du terrain pris comme repères, en nombre malheureusement limité et insuffisant ; mais ils constituent un réseau de points fixés, un *canevas* dans les mailles duquel on portera peu à peu autour d'eux, par l'exploration ordinaire faite avec la planchette, l'alidade et la boussole-déclinatoire (voire au carton à bretelle), les maisons, les routes, les cours d'eau, les divisions de culture etc., en un mot tous les détails de la *planimétrie*. La mesure des hauteurs apparentes des différents points permet ensuite d'effectuer le *nivellement*. On voit que lorsqu'il s'agit d'exécuter un lever d'une assez grande étendue ou de poursuivre une reconnaissance d'itinéraire, une base unique avec une vue à chaque extrémité ne suffit plus, et qu'il faut procéder alors par triangulations, comme le font tous les topographes, en se servant du théodolite ou de la boussole. Aussi la photogrammétrie de Laussedat, parfaite pour le levé en deux points de vue d'un système fortifié aux lignes simples, nettes et peu nombreuses, n'est-elle pas employée par la cartographie proprement dite.

Deux autres méthodes, plus récentes, sont aujourd'hui mises en œuvre. L'une, dérivée de celle de Laussedat, s'effectue comme elle

à terre, par prises de vues sur plaques verticales, avec axes optiques horizontaux, et aux deux bouts d'une base; mais elle diffère du procédé primitif en ce que la restitution géométrale du plan ne se fait pas par épure et intersections, mais en mettant à profit la sensibilité stéréoscopique des yeux.

Les deux vues, bien verticales, étant prises aux deux bouts d'une base de quelques dizaines ou centaines de mètres, portent en outre chacune la verticale et la ligne d'horizon déterminées par des index photographiés sur les bords de la plaque. L'objectif est pourvu d'un écran jaune, les plaques sont à émulsion très fine (lentes) coulée sur glaces optiquement travaillées. L'examen stéréoscopique de ce couple se fait non avec un simple stéréoscope, qui limiterait l'impression de relief à quelques centaines de mètres, mais avec un stéréoscope à quatre miroirs ou prismes comme le télémètre, et grossissant comme lui. C'est le *stéréocomparateur* de Pulfrich. On pensera d'abord que cet examen stéréoscopique ne peut que donner une impression qualitative de profondeur, mais non la valeur quantitative exacte de l'échelonnement des plans. Mais dans le champ des oculaires du stéréocomparateur, se trouvent deux index spéciaux qui, fusionnés dans la vision binoculaire, donnent l'impression d'une mire existant à une certaine distance, suivant leur écartement, comme suspendue dans l'espace. Des manivelles et vis pouvant imprimer tous les déplacements désirables soit à la plaque de droite, soit à un index, soit au chariot porte-oculaires, (déplacements mesurés, bien entendu, sur tambours et échelles graduées), permettent de « poser » l'index ou mire des oculaires sur un point *quelconque* du terrain, comme si un aide était allé réellement planter une vraie mire de topographe à l'endroit désiré, souvent inaccessible en haute montagne. Or, les échelles et manivelles permettant de connaître exactement tous les déplacements produits, on peut calculer, par des formules simples ou graphiquement, la distance du point ainsi *marqué*, et aussi sa position par rapport à l'axe de visée passant par le centre de la plaque. D'où un report facile sur le plan en cours de tracé.

Cette *stéréotopographie*, très précieuse pour les pays de haute montagne où la topographie classique est pénible et périlleuse, et aussi lente par la nature du terrain qu'insuffisante par suite du petit nombre de bons repères identifiables et de points de stationnement, a été encore perfectionnée, et même à peu près remplacée, par l'*auto-*

*stéréographie* : ici, les points repérés dans le paysage ne se posent plus un par un sur le plan, mais, aussi nombreux que l'on veut, ils se tracent automatiquement par un bras mobile à mesure que l'on

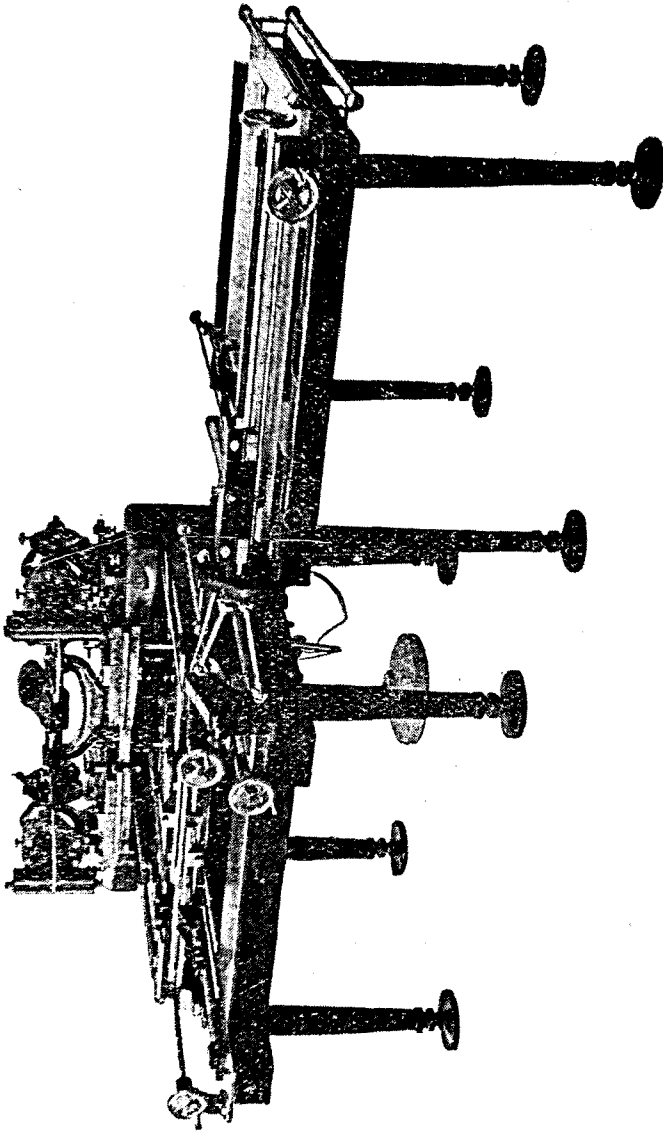


Fig. 105. — Le plus récent modèle (adopté par le Service géographique de l'Armée) du Stéréotopographe Poivilliers. A gauche, l'instrument explorateur du couple de clichés, donnant l'effet de mire mobile en profondeur. A droite, le coordinatographe, où des bras commandés mécaniquement par les curseurs et volants explorateurs, tracent la planimétrie et les courbes de niveau sur la minute de la carte en cours d'exécution. Cet appareil est le plus perfectionné de tous ceux qui existent actuellement.

(Société d'Opt. et Mécan. de Précis.)

explore le cliché sous les oculaires : des systèmes aussi ingénieux que compliqués reliant ce bras traceur aux manivelles de commande. Il est absolument impossible de décrire ici, même som-



mairement, cette merveille de précision et de science qu'est le *stéréautographe* imaginé, après des essais de Deville au Canada et de Thompson en Angleterre, par l'officier autrichien von Orel et construit par Zeiss. Il coûte au moins un million; mais non seulement il met en place tous les points du paysage mirés sur le cliché, mais il trace, toujours automatiquement, les courbes de niveau de façon continue, aussi serrées que l'on veut, et à une cadence qui peut correspondre à une exploration-lever sur le terrain faite à 100 kilomètres à l'heure. Manœuvré par deux restituteurs<sup>1</sup>, il trace la minute avec le même rendement que l'équipe qui a photographié sur le terrain, c'est-à-dire plusieurs centaines d'hectares par jour en haute montagne difficile, beaucoup plus de 1 000 dans de bonnes conditions.

Quelques autres appareils analogues ont été créés depuis (*Autocartographe* de Hegershoff). Ajoutons qu'un autre stéréautographe français, dû à M. Poivilliers, après une mise au point très sévèrement poussée pendant plusieurs années, s'est affirmé encore supérieur comme facilité de maniement et souplesse d'emploi, et a été adopté par le Service géographique de l'Armée (fig. 105).

\*  
\* \*

Les photographies prises plus ou moins parallèlement à la surface du terrain, en le survolant par avion ou ballon, voire d'un cerf volant, sont d'un traitement plus simple et ressemblent déjà beaucoup à une carte géographique. Aussi ont-elles rendu d'immense services pendant la guerre, qui en a fait une consommation incroyable pour établir les « Plans Directeurs » ou cartes de précision à grand échelle, aussi bien d'ailleurs qu'après, pour refaire le cadastre de régions dévastées, préparer de grands travaux publics ou édifier la cartographie de pays mal étudiés (Maroc, Levant, etc.). A l'inverse de la stéréogrammétrie terrestre, qui convient aux pays accidentés la photo aérienne l'emporte pour les plaines et bois.

Il ne faudrait pas croire qu'il suffit de calquer ces photographies aériennes pour les transformer en cartes : leur richesse en détail planimétriques est incomparable et remplace, à ce point de vue des jours et des semaines de lever à la planchette. Mais le résea

---

1. Le calage correct des deux clichés demande un quart d'heure à lui seul pour un très bon praticien.

formé par ces points n'est pas identique à celui que fournirait un lever parfait, pour deux raisons : d'abord parce que la plaque n'est presque jamais parfaitement horizontale lors de la prise de vue,

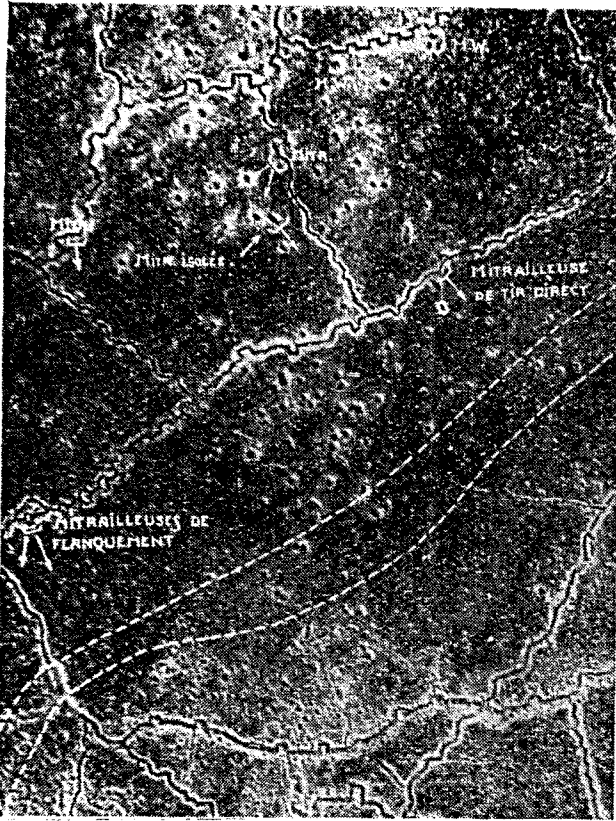


Fig. 106. — Photographie prise verticalement d'avion, étudiée et annotée pour l'établissement d'un Plan directeur d'Armée. On distingue aisément les tranchées de première ligne allemandes (en haut) et françaises (en bas), les boyaux, les trous creusés par l'éclatement des obus, avec éclaboussures de terre projetée.

qui n'était pas ainsi rigoureusement verticale, mais plus ou moins plongeante, transformant par perspective un rectangle en trapèze. Ensuite, parce que le point de vue domine le centre du paysage enregistré, les marges apparaissant rétrécies puisque vues obliquement (projection conique) : alors que le topographe ambulante

a toujours son dessin juste au-dessus de ses stationnements, et trace sa minute en projections orthogonales. Bien qu'assez faibles, ces déformations s'ajouteraient lors des juxtapositions de photos contiguës<sup>1</sup>, et une carte de grande surface ainsi édiflée aurait bientôt des défauts inadmissibles.

Il faut donc déterminer au théodolite les positions très exactes de quelques repères, les reporter à l'échelle voulue sur le fond de

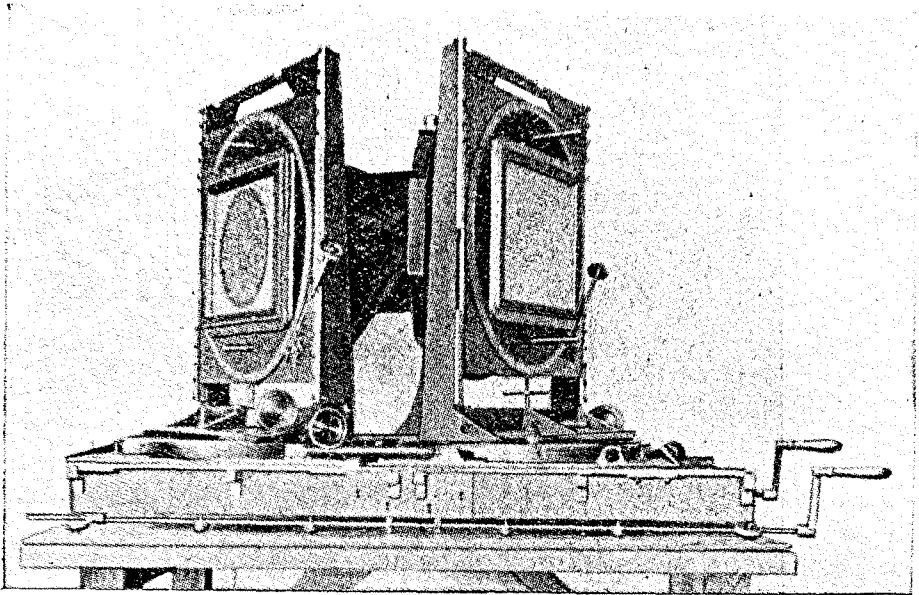


Fig. 107. — Perspectographe Scheimpflug-Kammerer, permettant la rectification et la remise à l'échelle des clichés pris en vue oblique.

la carte à dresser, et y projeter les photographies en leur faisant subir les légères déformations compensatrices qu'elles exigent pour que les détails correspondant aux repères cotés tombent très exactement sur ceux-ci. C'est ce qu'on appelle la *restitution*. Elle se fait ou par diverses méthodes graphiques (dans lesquelles le papier calque joue souvent un rôle précieux), permettant de placer correc-

1. On peut constater qu'il est impossible de faire un assemblage de vues aériennes accolées, sans de légers décrochements des détails sur les bords qu'on accole.

tement un certain nombre de points assez serrés pour que les détails compris entre eux puissent simplement se calquer sur l'épreuve; ou par copie à la chambre claire avec l'inclinaison voulue; ou enfin par la projection du cliché sur feuille de bromure portant les points cotés en position exacte, avec correction produite par l'obliquité de cette feuille (appareil photo-restituteur Roussilhe). On peut citer, parmi les autres appareils déformateurs systématiques employés pour la restitution de vues prises obliquement ou le dessin en perspective cavalière de photographies verticales, les *perspectographes* de Scheimpflug et de Dufour (fig. 107).

Deux vues prises successivement de l'avion en marche, donc aux deux bouts d'une base assez longue, forment, si elles ont une partie commune — ce qui est la règle presque absolue, les opérateurs ayant pour consigne qu'une plaque recouvre entre un quart et la moitié de la précédente — un couple à effet sténoscopique, souvent même exagéré puisqu'à 180 kilomètres à l'heure un avion parcourt 50 mètres à la seconde, qu'il s'écoule plusieurs secondes en général entre deux vues, et qu'il est le plus souvent à environ 2 000 mètres d'altitude, ce qui donne une base égale à  $1/10$  ou  $1/20$  de la distance du sujet<sup>1</sup>. On peut d'après cela estimer les reliefs. Les vues d'avion — verticales ou obliques — sont d'ailleurs restituables au von Orel si l'on possède les positions exactes en planimétrie et en altitude, de 3 points du sol au moins; mais il faut deux à six heures pour réaliser le calage correct de la paire de clichés dans le stéréautographe. Quelques minutes suffisent avec le dernier modèle du stéréotopographe Poivilliers.

Le matériel de prises de vues en avion est, depuis 1915, en perpétuelle évolution. Après des focales de 26, de 52 centimètres et de 1<sup>m</sup>,20, on en a employé de 30 centimètres, 50 centimètres et 1<sup>m</sup>,20, de 0<sup>m</sup>,26 de nouveau, 0<sup>m</sup>,70, etc. L'obturateur est un focal-plane ou à persiennes pivotantes devant l'objectif. Le format, 13 × 18 le plus souvent, ou 18 × 24. Il est difficile avec ces formats de dépasser 12 plaques. On essaie actuellement (Debrie, Duchâtelier) des magasins à pellicules, qui ne pèsent que 1 kilogramme pour 100 vues et

1. Si l'avion est à 2 000 mètres d'altitude, il donnera la sensation de relief pour un détail ayant 2<sup>m</sup>,40 de saillie, si les deux points de vue ont 500 mètres d'écart (COLARDEAU). Des bâtiments élevés se présentent avec une telle surélévation, que l'œil en éprouve de la fatigue.

ont permis de charger et prendre 500 vues  $13 \times 18$  ou 200 en  $18 \times 24$ , comme dans le Labrély, les GR<sub>3</sub> (pour  $18 \times 24$ ) et GR<sub>1</sub> (pour  $13 \times 18$ ) de Duchâtelier; le rouleau a 75 mètres de long, et l'appareil pèse 43 kilogrammes. Ceux à 12 plaques pèsent 9 à 15 kilogrammes suivant le format. L'armée n'emploie plus les appareils simples, où l'opérateur devait lui-même armer, viser, déclencher et escamoter; ni même les semi-automatiques, où il n'avait qu'à déclencher ce qui commandait les deux autres opérations. Les modèles actuels sont intégralement automatiques, un moteur électrique assurant non seulement le changement de la surface sensible et le réarmement après chaque vue, mais le déclenchement à intervalles réguliers réglables à l'avance. Ajoutons que l'écran jaune est presque indispensable, ainsi que le tirage sur papier bromure à contrastes. Des perforations dans le cadre du châssis forment sur le bord du cliché un numérotage conventionnel qui permet de retrouver l'ordre de prise des vues.

En temps de guerre, des installations bien comprises permettent de fournir plusieurs milliers d'épreuves en quelques heures, l'urgence et la diffusion étant impératives. On verra d'intéressants détails sur ce sujet dans l'ouvrage de M. CARLIER cité plus loin. Les chiffres admis à l'heure actuelle sont : 1 heure  $1/4$  après l'instant de l'atterrissage, pour fournir 3 épreuves de 12 clichés; 3 heures  $1/2$  pour livrer 10 épreuves de 60 plaques; 5 heures pour 10 épreuves de 85 vues. En une journée de 16 à 18 heures, une section disposant d'un laboratoire à terre doublé de la voiture-remorque, peut arriver à sortir 5 000 à 6 000 épreuves; mais 3 000 est la mesure normale pour une journée, 1 500 si l'on n'a que la remorque avec 3 hommes.

Les vues prises d'avion, généralement dans une direction oblique pour les rendre plus parlantes aux yeux, sont très employées pour la publicité (vues d'usines, aspects pittoresques de villes, prospectus de voyages par Compagnies d'aviation, lotissements, etc.).

\* \* \*

**Transmission télégraphique des photographies.** — En 1852 déjà, l'abbé Caselli avait obtenu grâce à son ingénieur *pantélegraphe*, la transmission d'une image par fil télégraphique. Le dessin original était tracé, avec une encre isolante, sur une feuille métal

lique cintrée sur laquelle venait passer et repasser, en lignes parallèles très rapprochées, un stylet métallique porté par un pendule également métallique, par lequel passe le courant. Quand le stylet est sur la plaque nue, le courant passe par elle; mais quand il se trouve passer sur le trait d'encre, le courant ne passe pas. Ces passages et interruptions se reproduisent au poste d'arrivée, semblablement équipé sauf que la plaque métallique est ici une feuille de papier badigeonné d'une solution que le courant décompose en un dépôt coloré chaque fois qu'il passe. A condition que les deux pendules oscillent bien ensemble — dispositif aujourd'hui classique, mais neuf à l'époque, — chaque interruption de courant causée par l'encre au départ se traduira à l'arrivée par une non-décomposition du produit sur la feuille. On aura donc, quand le stylet aura fini d'explorer la surface ligne par ligne, une copie en négatif du message, formée sur un fond de traits rapprochés et parallèles.

Pour transmettre les demi-teintes de photogravures, divers systèmes ont été inventés. Korn en 1903 a obtenu d'intéressants résultats en utilisant les variations de conductibilité du sélénium suivant l'éclairement. Karolus et bien d'autres ont poursuivi leurs recherches dans la même voie. Mais une des plus élégantes solutions est celle de M. Édouard Belin : une épreuve est tirée au bichromate et traitée à l'eau, qui en gonfle plus ou moins la gélatine suivant l'insolation des divers points. Ces reliefs diversement accusés font monter plus ou moins une pointe exploratrice qui repose sur cette épreuve, enroulée sur un cylindre qui tourne en progressant lentement le long d'un axe fileté. Toute la surface est ainsi parcourue, en quelques minutes, par la pointe qui a décrit sur elle une spirale continue à tours très voisins (4 ou 5 par millimètre). Les montées et descentes de ce stylet commandent les variations d'un rhéostat, et modifient ainsi continuellement l'intensité d'un courant lancé dans un fil.

Au poste d'arrivée, ce courant sans cesse « modulé » fera osciller plus ou moins le miroir d'un galvanomètre : le rayon lumineux envoyé par une lampe sur ce miroir sera donc renvoyé dans des directions variées, et passe ainsi par telle ou par telle région d'une lame de verre à teintes dégradées. Il tombe ainsi, plus ou moins assombri, sur une feuille de papier au bromure enroulée sur un cylindre qui se déroule en parfait synchronisme avec celui du poste

expéditeur (grâce à un rappel d'entraînement automatiquement déclenché à chaque tour et qui rattrape tout décalage). Il n'y a plus qu'à développer.

Le téléphotographe Belin ne met que quelques minutes à transmettre une photographie d'un décimètre carré. Le seul inconvénient, commun à tous les transmetteurs électriques analogues, est que toute perturbation du courant télégraphique par orage, induction de fils voisins, etc., se traduit à l'arrivée par des taches, lézardes et autres traces graphiques.

**Vues caricaturales.** — On obtient des effets bizarres de déformation soit en pelliculant la plaque et en étirant la gélatine dans un sens, soit en prenant la vue à travers un prisme d'angle faible ou une lentille astigmatitante (bombée en cylindre).

On peut aussi produire, par une double pose sur la même plaque, soit des effets de surimpression qui font l'effet d'un personnage translucide (fantômes), soit un second portrait d'aspect normal s'il a été exécuté sur une portion de plaque restée vierge parce que à cet endroit le fond était une draperie noire. Dans ce dernier cas, le personnage peut être à une échelle différente, et des effets amusants peuvent en résulter.

Le même personnage peut figurer deux ou plusieurs fois sur la même vue sans fond noir (photographies dites *siamoises*) grâce à un artifice de pose. Au parasoleil de l'objectif est fixé un cadre dans lequel on glisse un carton opaque bouchant environ la moitié de l'objectif : la moitié de plaque seule s'impressionne, l'autre restant dans l'obscurité, et la séparation des deux régions étant floue et dégradée. On aura soin de poser deux fois le temps normal. Sans déranger l'appareil, on glisse par l'autre extrémité du cadre un second écran opaque jusqu'à venir toucher exactement le premier, que l'on enlève alors; puis on fait la seconde pose. C'est maintenant l'autre moitié de la plaque qui se trouve impressionnée, la première est masquée, et la zone dégradée de transition, ayant posé deux fois, a la même luminosité que le reste et ne montre aucune bande de séparation. Le sujet est naturellement venu se placer successivement dans les deux moitiés du champ. On peut prendre, par des écrans et bandes de dimensions convenables venant se remplacer au contact devant l'objectif après chaque pose, jusqu'à cinq ou six vues partielles parfaitement reliées sur la même plaque (ne pas oublier que les temps

de pose doivent augmenter en proportion des superficies masquées) Les écrans opaques peuvent aussi ne pas avoir leurs bords verticaux ni rectilignes si la scène à composer l'exige, pourvu qu'ils viennent se remplacer bien exactement bord à bord. En réglant bien à l'avance le repérage des positions du sujet, on peut le représenter se décapitant, se donnant du feu, se serrant la main, se battant en duel contre lui-même, démembré en morceaux épars, pourvu de plusieurs têtes, ou d'une énorme, ou les tenant dans ses mains écartées, etc.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- G.-H. NIEWENGLOWSKI, *Applications scientifiques de la Photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1895.
- KOËHLER, *Applications de la Photographie aux Sciences naturelles*, Paris (Gauthier-Villars), 1893.
- A. BERTILLON, *La Photographie judiciaire*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.
- R.-A. REISS, *Manuel de police scientifique*, Paris (Alcan), 1908.
- R.-A. REISS, *La Photographie judiciaire*, Paris (Ch. Mendel), 1911.
- LOCARD, *Manuel de technique policière*, Paris (Payot), 1923.
- A. BATUT, *La Photographie appliquée à la reproduction du type d'une famille tribu ou race*, Paris (Gauthier-Villars), 1887.
- A. MACHÉ, *Expertise scientifique des documents et œuvres d'art*, Paris (Montel).
- FABRE-DOMERGUE, *La Photographie des animaux aquatiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- A.-L. DONNADIEU, *La Photographie des objets immergés*, Paris (Ch. Mendel), 1902.
- ✓ A. COURRÈGES, *Reproduction des gravures, dessins, plans, manuscrits*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.
- E.-A. MARTEL, *La Photographie souterraine*, Paris (Gauthier-Villars), 1903.
- ✓ TH. DALLMEYER (trad. CLERC), *Le Téléobjectif et la Téléphotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.
- G. GALLICE, *La pratique de la Téléphotographie*, Paris (de Francia).
- H. DENEUX, *La Métrophotographie appliquée à l'Architecture*, Paris (Catin), 1930.
- A. BATUT, *La Photographie aérienne par cerf-volant*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.
- A. LAUSSEDAT, *La Métrophotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- SACCONEY, *Métrophotographie*, Paris (Doin), 1913.
- FR. SCHILLING (trad. L. GÉRARD), *La Photogrammétrie*, Paris (Gauthier-Villars), 1908.
- BEAUTEMPS-BEAUPRÉ, *Méthode pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques*, Paris (Imprimerie impériale), 1811.
- E. CROUZET, *Étude sur l'emploi des perspectives et de la photographie dans l'art des levés de terrain*, Paris (Berger-Levrault et C<sup>ie</sup>), 1902.



- G. LE BON, *Les Levers photographiques et la Photographie en voyage*, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1889.
- E. DOLEZAL, *Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst*, Halle a/S. (W. Knapp), 1896.
- L. CAZES, *Stéréoscopie de précision théorique et pratique*, Paris (Ph. Pellin), 1895.
- COLARDEAU, *Traité général de Stéréoscopie*, Paris (de Francia), 1924.
- H. et J. VALLOT, *Application de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*, Paris (Gauthier-Villars), 1907.
- F. SCHIFFNER, *Die photographische Messkunst oder Photogrammetrie*, Halle a/S. (W. Knapp). Traduct. L. Gérard, Paris (Gauthier-Villars), 1908.
- A. MEYDENBAUER, *Handbuch der Messbildkunst*, Halle a/S. (Knapp), 1912.
- P. SELIGER, *Die stereoskopische Messmethod in der Praxis*, Berlin (Springer), 1911.
- A.-H. CARLIER, *La Photographie aérienne*, Paris (Librairie Delagrave), 1921.
- L.-P. CLERC, *Les Applications de la Photographie aérienne*, Paris (Doin), 1920.
- Lieutenant-Colonel ANDRIEU, *Les révélations du dessin et de la photographie à la guerre*, Paris (Gauthier-Villars), 1920.
- M. H. ROUSSILHE, *Applications de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision*, Paris (Imprimerie nationale), 1917.
- R. HUGERSHOFF et H. CRANZ, *Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen*, Stuttgart (Witmer), 1919.
- A. THOUVENOT, *La restitution des Photographies aériennes*, Paris (Chiron), 1924.
- B.-M. JONES and J.-C. GRIFFITHS, *Aerial Surveying by rapid Methods*, Cambridge (University Press), 1925.
- Commandant OLLIVIER, *La Topographie sans Topographes*, Paris (*Revue d'Optique*), 1930.
- SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE : *Instructions techniques pour les levés aux grandes échelles* (Section de Topographie), et autres *Instructions* — (Hors commerce).
- P. MOESSARD, *Le Cylindrographe*, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1899.

## CHAPITRE XXIII

## AGRANDISSEMENTS ET PROJECTIONS

**Généralités.** — Il est rare que l'on exécute directement de très grands clichés. Certaines chambres noires d'atelier permettent bien d'aller jusqu'au format de 1 mètre carré, et même au delà, et l'on en a vu, dans certaines expositions, des spécimens d'une rare perfection. Cependant ce sont là des résultats exceptionnels. Il est trop coûteux et trop difficile d'obtenir à la chambre noire un immense cliché sans défaut. Aussi préfère-t-on, dans la plupart des cas, ne pas dépasser le format  $30 \times 40$ . Au-dessus de cette dimension, on commence presque toujours par exécuter un petit cliché,  $9 \times 12$  par exemple, dont on se sert pour tirer des épreuves amplifiées. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'exécuter plusieurs grandes épreuves, il est préférable d'obtenir d'abord un grand négatif, soit sur verre, soit sur papier, le grain du support n'ayant généralement aucun inconvénient dans d'aussi grands formats, qui ne seront regardés que de loin.

Ce négatif peut être exécuté à la chambre noire; mais si l'amplification est très forte, il faut un appareil énorme, le plan focal se trouvant reculé très loin de l'objectif. On préfère alors utiliser une des dispositions décrites plus loin, et dont la première paraît avoir été mise en œuvre en février 1840 par Donné (très fort agrandissement par microscope solaire à lumière Drummond).

S'il s'agit d'exécuter une reproduction agrandie d'une épreuve montée sur carton (le cas se présente souvent pour les portraits), il faut d'abord en tirer, à la chambre noire, un petit négatif qui servira ensuite à obtenir une grande épreuve positive<sup>1</sup>.

---

1. On peut, en pelliculant le cliché sans tannage préalable, donner à cette pellicule une extension notable en tous sens, d'ailleurs variable suivant les marques de plaques. L'opacité diminue naturellement puisque l'argent réduit se trouve étalé sur une plus grande surface.

**Agrandissements à la lumière diurne.** — Pour utiliser la lumière diffuse, la paroi d'une chambre obscure est percée d'une ouverture contre laquelle est placée le cliché à reproduire, la face gélatinée vers l'objectif, le verre du côté de la lumière. Un objectif projette l'image amplifiée du cliché sur un écran porté par un chevalet muni de galets roulant sur rails. La mise au point étant réglée, on place sur l'écran une feuille de papier sensible que l'on maintient par des punaises ou autrement. Si l'on veut tirer un portrait en vignette, on interpose un dégradateur; on peut d'ailleurs découper une ouverture appropriée dans un carton ou papier opaque, et, le tenant à quelques centimètres du papier, l'agiter légèrement dans son plan pendant la pose : ce mouvement donne aux bords le flou ou dégradé qui convient. On peut de même masquer pendant une portion plus ou moins grande de la pose, une région que l'on désire affaiblir sur l'épreuve, sans que le bord de cette région soit nettement tranché.

Ce dispositif s'applique aux papiers rapides, au gélatinobromure. Pour les procédés plus lents, papier albuminé ou papier au charbon, on utilisait jadis la lumière solaire, que l'on dirigeait dans la chambre noire au moyen d'un réflecteur, mû au besoin par un mouvement d'horlogerie (héliostat).

Aujourd'hui, ces combinaisons sont à peu près complètement abandonnées. Presque toujours, on a recours à la lumière artificielle, dont on peut disposer tous les jours, à toute heure, et dont on règle à volonté l'intensité.

**Agrandissements à la lumière artificielle.** — Les appareils d'agrandissements à la lumière artificielle sont construits à peu près de la même manière que les lanternes magiques, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en jetant un coup d'œil sur la figure 108. Une caisse en tôle noircie contient une lampe dont la lumière est concentrée par un réflecteur concave et par une grande lentille plan-convexe double, à monture laissant l'air circuler entre elles, ou *condensateur*, sur le cliché placé derrière l'objectif. La lanterne est construite de manière à ne laisser filtrer aucune lumière susceptible de voiler le papier sensible exposé au foyer de l'objectif. L'air nécessaire à la combustion si l'on emploie une source autre qu'une ampoule électrique, pénètre dans la caisse par un système de chicanes et en sort par la cheminée, également à chicanes. L'espace qui sépare

l'objectif du cliché est fermé par un soufflet. Un autre soufflet séparant la plaque de l'objectif permet d'avancer ou reculer celui-ci pour la mise au point; mais le corps avant de la lanterne peut rester

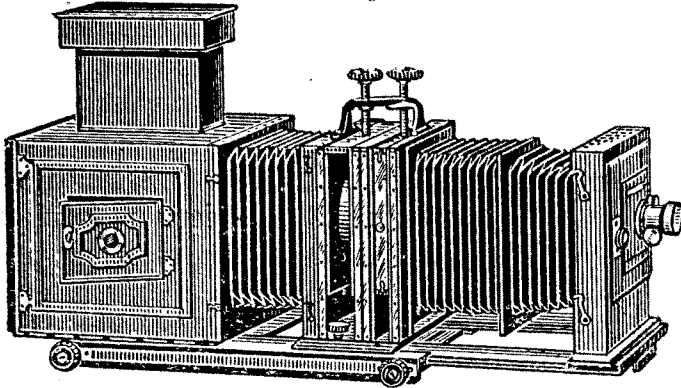


Fig. 108. — Lanterne d'agrandissement.

rigide (en tôle), et seul l'objectif se déplace de quelques centimètres par un pignon à bouton et une crémaillère.

L'écran sur lequel est projetée l'image amplifiée est monté sur un cadre où l'on fixe le papier sensible. Un volet le protège de la lumière avant et après la pose. Il faut évidemment opérer dans une pièce obscure.

La lampe à pétrole suffit généralement pour les agrandissements au gélatinobromure, mais, pour les papiers lents, il faut un éclairage plus intense, lumière électrique ou lumière oxhydrique. Il est important que la lumière soit très uniformément répartie; il vaut mieux employer une ampoule opaline de grand diamètre, avec un verre douci devant et une surface réfléchissante plane derrière, et supprimer le condensateur, toujours mal centré<sup>1</sup> et riche en aberrations. Il va de soi que le papier sensible et le cliché doivent être bien parallèles, sans quoi il y aura déformation, avec flou pour l'une des extrémités.

1. La lampe trop voisine du condensateur donne sur l'écran un champ auréolé de bleu-violet dégradé, et de rougeâtre si elle est trop loin. Si la lampe n'est pas placée juste devant le centre du condensateur, l'auréole bleue ou rouge apparaît en un croissant dégradé latéral, du côté opposé à l'excéntrément de la lampe.

**Agrandisseurs.** — On désigne sous ce nom de petits appareils d'agrandissement très simples, particulièrement commodes pour les amateurs qui n'emportent dans leurs excursions que des chambres noires de format très exigü et tirent ensuite de leurs clichés des épreuves amplifiées seulement deux ou trois fois, par exemple un  $4 \times 6 \frac{1}{2}$  en  $9 \times 14$  (carte postale). On ne dépasse d'ailleurs presque jamais le grossissement 4 ou 5, le grain devenant apparent et les contours rarement assez nets.

L'agrandisseur représenté figure 109 est une boîte étanche, en bois noirci à l'intérieur ou même en carton, dont l'un des côtés reçoit le petit cliché, et le côté opposé le châssis contenant le papier sensible. L'objectif est fixé à demeure entre le cliché et l'épreuve, et à une distance telle des deux surfaces que l'image du premier se dessine nettement sur la seconde avec l'amplification voulue. Devant le cliché sont disposés un verre dépoli diffusant l'éclairage et un volet servant d'obturateur. C'est en somme une chambre rigide à trois corps.

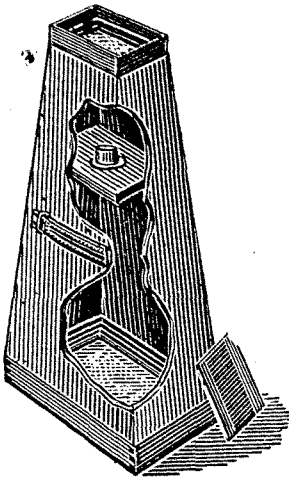


Fig. 109. — Agrandisseur dit cône rigide.

On se sert de cet appareil comme d'un châssis-presse. On y place le papier sensible, dans le laboratoire, puis on le porte au jour ou devant une lampe électrique; on ouvre le volet, puis, l'exposition terminée, on le reporte dans le laboratoire, pour en extraire le papier impressionné.

L'objectif est toujours fortement diaphragmé pour donner net jusqu'aux bords. On a construit des appareils analogues en deux parties, pouvant rentrer plus ou moins l'une dans l'autre, pour obtenir divers rapports d'agrandissements (par exemple 2,  $2 \frac{1}{2}$  et 3); des échelles graduées indiquent le rapport, ainsi que le déplacement à faire en même temps subir à l'objectif. Aujourd'hui, ces agrandisseurs à amplification variable sont généralement à soufflet et sont montés sur une colonne verticale. Certains sont à mise au point automatique.

**Artifices d'exécution.** — Lorsqu'on exécute un agrandissement sur papier à image latente (gélatinobromure ou charbon),

il est prudent de faire un essai préalable en impressionnant sur l'écran un petit morceau de papier sensible que l'on développe ensuite ou que l'on dépouille, afin de vérifier si le temps de pose a été bien calculé. Il est quelquefois nécessaire de renouveler plusieurs fois cet essai, en rectifiant chaque fois la durée d'exposition. Ce n'est que lorsqu'on est sûr de réussir que l'on expose la grande feuille de papier sensible. La pose varie à la fois d'après le rapport d'agrandissement (comme les surfaces sur lesquelles se répartira la lumière, donc comme le carré de l'amplification), l'ouverture de l'objectif (généralement invariable), la puissance de la source, la sensibilité du papier, enfin l'opacité du cliché, qui reste le facteur le plus variable et le plus difficile à préciser si l'on n'a pas de densitomètre.

M. José a proposé, en 1894, un procédé très original, qui évite toute incertitude dans l'évaluation du temps de pose des papiers au gélatinobromure. Avant de démasquer l'objectif, on mouille la couche sensible avec un révélateur à l'hydroquinone ou à l'icongène additionné de glycérine. On voit alors venir l'imagé, absolument comme sur un papier à noircissement direct, et on arrête l'exposition au moment opportun. Comme les noirs du phototype, projetés sur les parties claires de l'épreuve, empêchent de bien juger de son intensité, il faut de temps en temps placer devant l'objectif un verre jaune dépoli. L'épreuve se trouve alors éclairée par une lumière diffuse inactinique, et l'on reconnaît facilement si l'impression est suffisante ou s'il convient de la continuer. Un développement complémentaire est généralement inutile, mais peut quelquefois servir à modifier les caractères de l'image : dans ce dernier cas, il faut avoir soin d'interrompre l'exposition de l'épreuve avant qu'elle ait acquis toute son intensité.

L'amateur possède rarement des cuvettes assez grandes pour développer et fixer les épreuves fortement amplifiées. Il est facile de construire une grande cuvette, en collant des bandes de carton autour d'une planchette et en rendant le tout imperméable en y passant un pinceau enduit d'un vernis gras ou de paraffine en fusion. Mais on peut aussi opérer sans cuvette, en posant l'épreuve sur une planche bien propre ou sur une vitre, et y passant le révélateur à l'aide d'un large pinceau ou d'une éponge douce. Le développement achevé, on lave à grande eau sous un robinet, et l'on passe le fixateur également au pinceau ou à l'éponge.

**Retouche des agrandissements.** — Les images modérément amplifiées n'exigent pas, en général, de retouche proprement dite. Si le cliché a déjà été retouché, ou s'il est sans défaut, il suffira de *repiquer* l'épreuve, comme après un tirage par contact. Mais les grandes épreuves exécutées d'après de très petits clichés nécessitent d'ordinaire une retouche complète. Le moindre défaut imperceptible sur le phototype s'exagère à l'agrandissement, et, même si le cliché est sans défaut apparent, le grain du gélatinobromure se traduit sur l'épreuve agrandie par des lacunes qu'il est presque toujours nécessaire de combler et par des duretés qu'il convient d'adoucir. Aussi les portraits agrandis exigent-ils l'intervention du retoucheur.

La retouche s'exécute soit au crayon, soit au pinceau ordinaire, soit au pinceau à air. Le coloriage, s'il y a lieu, s'exécute comme nous l'avons vu à propos des petites photocopies.

Pour les agrandissements qui doivent être peints à l'huile, on trouve dans le commerce des toiles enduites au gélatinobromure d'argent, beaucoup plus résistantes que les papiers et dont le mode d'emploi est exactement le même. L'image est imprimée assez faible, ne servant que de guide. Le résultat est généralement affreux. Les grandes images peuvent également être mises en couleur au moyen du pastel. L'épreuve, clouée sur une planche à dessin, est d'abord frottée avec un tampon de laine enduit de poudre de pierre ponce, jusqu'à complète disparition de la couche gélatineuse. Après avoir soigneusement épousseté la surface, on étend les couleurs en poudre, soit du bout du doigt, soit à l'estompe, soit au blaireau, suivant l'étendue à couvrir et suivant l'effet à réaliser.

\*  
\* \*

**Projections.** — L'art des projections est connu et pratiqué depuis longtemps (la lanterne magique est décrite par le P. Kircher vers 1660) mais il était resté rudimentaire et d'un usage très restreint, jusqu'à ce que la photographie lui eût donné son véritable essor.

La projection est le meilleur moyen de mettre en valeur les diapositifs tirés de petits clichés. C'est surtout un précieux moyen d'illustration documentaire devant un auditoire, par un conférencier. Ce n'est, en somme, qu'un *agrandissement temporaire*, et les lanternes de projection sont construites de la même manière que les

lanternes d'agrandissement, mais on est moins exigeant sur la question d'étanchéité absolue des joints et parois, et davantage en ce qui concerne la luminosité de l'image.

Pour obtenir de belles projections, il faut une source de lumière à la fois très intense et très blanche. L'acétylène ou les lampes à manchons incandes-

cents<sup>1</sup> suffisent, à la rigueur, dans les locaux exigus où l'on se contente d'une amplification restreinte. L'arc électrique est très intensif, mais demande de la surveillance et du réglage fréquent s'il n'y a un régulateur automatique, assez encombrant et coûteux. Les charbons sont disposés obliquement, de manière à utiliser le maximum de lumière. Le réglage du point lumineux est effectué à l'aide de trois boutons qui per-

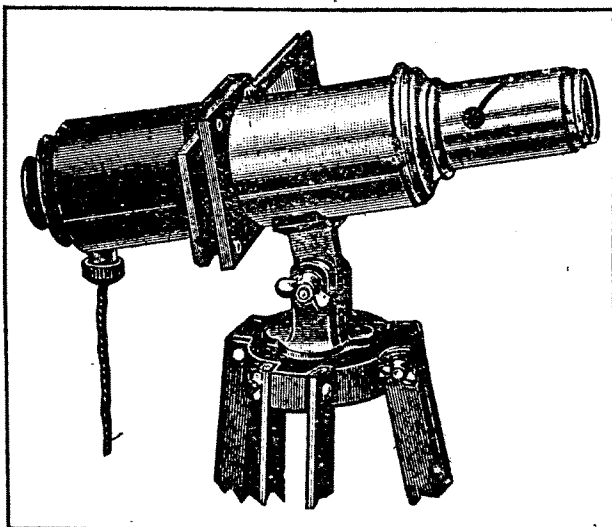


Fig. 110. — Appareil à projection de faible encombrement *le Sirius* (Denraria-Lapierre). Lampe de 75 watts permettant une projection de 3 mètres de côté. La mise au point se fait par la rotation de l'objectif, dont un bouton saillant est engagé dans la fente hélicoïdale visible sur la figure.

mettent de hausser les charbons ensemble ou séparément et de les dévier à droite ou à gauche. On fabrique aujourd'hui des ampoules demi-watt à atmosphère gazeuse, de 200 à 1 000 bougies, où le filament est replié sur une petite surface, et dont l'emploi est autrement simple et commode. Il est préférable de les prendre à bas voltage et fort ampérage. Elles permettent de réduire considérablement les dimensions de l'appareil projecteur (fig. 110).

1. La flamme portant à l'incandescence ces manchons est soit oxyhydrique, soit oxy-acétylénique, soit oxy-éthérique avec carburateur. Dans tous les cas, il faut un tube d'oxygène sous pression avec ses accessoires (mano-détendeur).



Les diapositifs destinés à la projection<sup>1</sup> sont généralement passés dans un cadre ou châssis à mouvement alternatif. Pendant qu'une plaque est en face de l'objectif qui en projette l'image, on en introduit une autre dans le cadre resté à l'extérieur. On pousse alors le châssis, la nouvelle image passe à la projection, pendant qu'on retire la première et qu'on la remplace par une autre (fig. 110). Une petite rampe inclinée amorce automatiquement la sortie du diapositif repoussé, et les doigts saisissent la partie saillante.

Les vues doivent être placées dans le châssis la tête en bas, puisque l'objectif en projette sur l'écran une image réelle *renversée*. Il faut aussi que la face gélatinée porteuse de l'image soit tournée vers l'objectif et non vers l'écran, sans quoi les personnages seraient gauchers et les inscriptions lues à l'envers. Pour éviter ces contretemps toujours désagréables, il est bon de disposer d'un aide qui n'ait qu'à s'occuper de la lanterne et des vues, le conférencier ne pouvant guère le faire correctement tout en parlant. Il aura dû ranger préalablement toutes les vues dans le bon sens, et dans l'ordre convenable; on lui donne le signal du changement par un léger bruit ou un mot, et il doit, *aussitôt* ce changement de vue exécuté, procéder à la mise en place de la vue suivante dans l'autre compartiment du châssis, pour ne pas créer de temps mort, ou « loup », quand on la lui demandera. Ces vues se transportent dans des boîtes à rainures spéciales, avec liste numérotée collée au couvercle; chaque diapositive est doublée d'un verre mince maintenu par une bandelette de papier gommé noir qui encadre le tout. Outre l'étiquette portant le titre, on a collé sur la marge un confetti blanc servant de repère pour indiquer, par sa position, le sens correct.

Les projections peuvent être vues par transparence ou par réflexion. Dans le premier cas, l'écran est placé entre le projecteur et les spectateurs. L'écran transparent est généralement constitué par une pièce de toile sans couture, que l'on mouille immédiatement avan

---

1. Le format officiel (Congrès international de 1889) des diapositifs pour projection, a été fixé à  $8\frac{1}{2} \times 10$  cm., ce qui donne une diagonale de 103 millimètres et exige ce diamètre au condensateur. De plus en plus on prend l'habitude de projeter des diapositives de format courant ( $6\frac{1}{2} \times 9$  ou  $9 \times 12$ ). Même pour les sujets en hauteur, la dimension 100 millimètres doit être l'horizontale. Des caches en papier noir, mis entre la plaque et son verre forment l'encadrement désirable.

la séance. On la tend soit par son simple poids, soit mieux par un laçage dans des œillets. Il existe aussi des écrans à la gélatine, spécialement préparés pour la projection par transparence. L'inconvénient est que l'on aperçoit plus ou moins la source lumineuse à travers l'écran translucide.

Quand le projecteur est placé derrière les spectateurs, la projection se fait par réflexion sur un écran blanc, ordinairement aussi en toile. Il faut, autant que possible, que l'écran soit opaque, car tout ce qui passe à travers est perdu pour le spectateur. Le mieux serait donc de projeter les images sur un mur blanchi. A défaut, on peut tendre sur un châssis une toile à tissu très serré que l'on enduit d'une forte couche de peinture à l'huile à base à blanc de zinc ou de blanc de céruse. Cette peinture doit avoir une souplesse particulière si l'on doit souvent démonter et enrouler l'écran, sans quoi elle se fendille. Quel que soit l'écran, il est évident que la salle doit être aussi peu éclairée que possible; la lumière diffusée par l'écran est largement suffisante pour empêcher tout accident que pourrait causer une obscurité totale.

Ce qui est encore préférable, c'est l'écran métallisé constitué par une surface bien plane recouverte de poudre d'aluminium. Avec cet écran, la projection paraît environ dix fois plus brillante que sur une toile, mais seulement pour les spectateurs placés près de l'axe du faisceau lumineux : pour ceux qui en sont écartés de plus de 30°, la lumière est, au contraire, très diminuée. Ce mode de projection n'est donc réellement avantageux que dans les salles longues et relativement étroites.

On a assez souvent à projeter non des diapositives transparentes, mais des épreuves sur papier, gravures, dessins, cartes postales, etc. ou même de petits objets opaques (monnaies, etc.).

On les éclaire alors non par transparence mais par projection de lumière sur leur face, au moyen de deux ou trois ampoules à réflecteurs; il en résulte que le corps de la lanterne est un peu différent de ce qu'il est pour l'éclairage par transparence. Les objets sont vus naturellement renversés et « gauchers<sup>1</sup> ». Ces appareils ont été appelés *épidiascopes*, ou de divers autres noms impressionnants.

---

1. Un miroir à 45° peut opérer le redressement. Il a de plus l'avantage de permettre de poser l'objet horizontalement (cuves à liquides, etc.).

Pour projeter les images d'objets microscopiques, on se sert d'instruments spéciaux, depuis longtemps appelés « microscopes solaires ». Le diapositif est fixé au porte-objet par deux lames élastiques. L'objectif, à très court foyer, est monté sur un chariot à crémaillère et vis micrométrique pour la mise au point. Comme le condensateur concentre sur l'image une grande quantité de radiations, il est nécessaire d'absorber une partie de la chaleur en interposant une cuve en verre à faces parallèles, que l'on remplit d'eau pure ou mieux contenant très peu de sulfate de fer ou de cuivre, qui arrêtent l'infra-rouge.

Deux des plus intéressantes utilisations de la photographie documentaire en dimensions microscopiques, sont la réduction sur pellicule en collodion de journaux, lettres et dépêches, dont un pigeon voyageur peut emporter le léger poids, si riche en substance (siège de Paris, 1870); — et d'autre part la réduction sur pellicule de petites dimensions, des pages d'un livre tout entier, qu'un appareil de projection très peu encombrant remet en vraie grandeur pour la lecture. Une très riche bibliothèque peut ainsi être emmagasinée en fort peu d'espace, un livre rare peut être réédité à très bon compte en nombreux exemplaires fac-similés, etc. Ce procédé a même commencé à être exploité industriellement (*Photoscopie*).

Les *polyoramas* sont constitués par deux lanternes superposées, dont une même manette referme progressivement un des objectifs pendant que l'autre s'ouvre d'autant : ce qui produit un effet de substitution « fondue » d'une vue à une autre.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- H. FOURTIER, *La Pratique des projections*, 2 col., Paris (Gauthier-Villars), 1892-1893.  
 H. FOURTIER et A. MOLTENI, *Les Projections scientifiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.  
 E. TRUTAT, *Traité général des projections*, Paris (Ch. Mendel), 2 vol.  
 G. MICHEL-COISSAC, *La théorie et la pratique des Projections*, Paris (Bonne Presse), 1901.  
 L.-P. CLERC, *La technique de la Projection*, Paris (Montel).  
 G. MASSIOT, *Les projections scientifiques et amusantes*, Paris (Gauthier-Villars), 1907.  
 ALBER et HÉGÉ, *Le grand Manuel de projections*, Paris (Mazo).

- H. FOURTIER, *Les Positifs sur verre*, 2<sup>e</sup> édition, Paris (Gauthier-Villars), 1907.
- J. BERNARD et L. TOUCHEBEUF, *Petits Clichés et Grandes Épreuves*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
- A. COURRÈGES, *Les Agrandissements photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1901.
- F. GUILLON, *Les Agrandissements*, Paris (Gauthier-Villars), 1901.
- KLARY, *Les Portraits au crayon, au fusain et au pastel obtenus au moyen des agrandissements photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.
- E. TRUTAT, *Traité pratique des agrandissements photographiques, à l'usage des amateurs*, 2<sup>e</sup> édition, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1897-1900.
- E. TRUTAT, *Les Agrandissements sur papier à couches pigmentaires*, Paris (Ch. Mendel), 1909.
- E. WALLON, *Les Agrandissements*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- H. BOURÉE, *Les Agrandissements en photographie*, Paris (de Francia).
- A. DELAMARRE, *Les Agrandissements d'amateurs*, Paris (de Francia).
- A. DELAMARRE, *Les Agrandissements à la lumière artificielle*, Paris (de Francia).
- L.-P. CLERC, *La technique des Agrandissements*, Paris (Montel).
- A. CARTERON, *Traité spécial des Agrandissements photographiques*, Paris (Mazo).
-

## CHAPITRE XXIV

## LA CINÉMATOGRAPHIE

**Analyse du mouvement.** — Les premiers essais de *chronophotographie* (du grec χρόνος, temps, période) remontent à l'année 1878 et sont dus à Muybridge, de San-Francisco. Ces débuts furent très remarquables, malgré l'extrême complication de la méthode employée. Le sujet dont on voulait analyser les attitudes successives se déplaçait sur une piste le long de laquelle se trouvaient disposés, d'un côté un écran blanc exposé au soleil, et de l'autre une batterie de 30 chambres noires munies chacune d'un objectif à grande ouverture et d'un obturateur électrique. Chaque obturateur se trouvait déclenché par l'ouverture du circuit dont faisait partie un fil tendu en travers de la piste. A mesure que le sujet avançait en face des objectifs, les fils se brisaient successivement sur son passage, les obturateurs s'ouvraient au même moment et se refermaient aussitôt, de telle sorte qu'on obtenait une suite de clichés représentant les phases successives du mouvement à analyser. Sur chaque épreuve, le sujet se détachait en noir sur le fond blanc de l'écran. On avait donc, en réalité, non pas des images complètes, mais seulement des silhouettes figurant les différentes attitudes du coureur ou de l'animal soumis à l'expérience. Le matériel nécessaire à ces essais était encombrant et onéreux; en outre, l'emploi simultané de 30 plaques au collodion exigeait un nombreux personnel. Aussi les expériences de Muybridge coûtèrent-elles 300 000 francs. Il n'était d'ailleurs pas question de *reconstituer* l'apparence du mouvement par l'utilisation des clichés ainsi obtenus, mais seulement d'analyser le mécanisme de la marche et de la course par la décomposition et la fixation de ses diverses phases. L. Ducos du Hauron, dans un brevet du 1<sup>er</sup> mars 1864, envisageait l'enregistrement fractionné de ces phases *et leur synthèse*. Mais la lenteur des procédés photographiques alors en usage rendait cette invention inutilisable.

Ces expériences furent reprises quelques années plus tard, avec le gélatinobromure, par le professeur Marey, dont les travaux sur l'analyse de la locomotion chez l'homme et chez les animaux sont restés célèbres. Au début, Marey avait employé un appareil analogue au *revolver astronomique* imaginé par Janssen d'après un projet formel de Faye (1849) pour étudier le passage de Vénus sur le soleil le 8 décembre 1874. Ce revolver imprimait sur plaque daguerrienne une série de 12 images représentant les phases successives du contact, la plaque restant immobile pendant la durée de la pose, pour tourner ensuite de  $1/12$  de tour avant la suivante. A la rapidité près, c'était le principe du cinématographe actuel, où la succession des surfaces sensibles se fait en outre non par rotation, mais par progression en ligne droite indéfinie, grâce à l'emploi, comme support de l'émulsion, du ruban flexible en celluloïd, préparé et employé pour la première fois, semble-t-il, par Ferrier en 1879, avec brevet par Alexandre le 27 avril 1881. Comme les images étaient prises à soixante-dix secondes d'intervalle, l'expérience de Janssen n'a qu'un rapport lointain avec le sujet que nous traitons ici, et, si nous en faisons mention, c'est que Marey s'est inspiré de la disposition adoptée par l'astronome pour construire son *fusil photographique*. Un mécanisme à répétition permettait d'imprimer successivement 12 images sur une plaque sensible au gélatinobromure accomplissant un mouvement de rotation en une seconde. Ici par contre il n'y avait pas d'arrêt dans la rotation, la surface sensible restait mobile pendant la pose. L'impression de chaque image durait  $1/720$  de seconde. Pour opérer à l'aide de cet instrument, on épaulait, on visait comme avec un fusil ordinaire, et l'on pressait la détente. La reconstitution synthétique du mouvement ainsi décomposé se faisait au phénacosticope, sur *disques zootropiques* de Plateau. L'inconvénient de cette combinaison était de limiter l'analyse à 12 images, d'ailleurs trop petites. Aussi fut-elle bientôt abandonnée et remplacée par la suivante.

L'appareil installé par Marey à la station physiologique du Parc aux Princes était constitué par une chambre noire montée sur un chariot à quatre roues pouvant se déplacer le long d'une petite voie ferrée perpendiculaire à la piste. L'obturateur placé devant l'objectif consistait en un grand disque percé d'une série de fenêtres équidistantes, auquel un poids assez lourd communiquait un mouve-

ment de rotation rapide. La plaque sensible se trouvait ainsi exposée un grand nombre de fois. Pour éviter le voile général qui serait résulté de ce mode d'opérer, un fond rigoureusement noir faisait face à l'instrument. Ce fond était formé d'un large écran de velours noir protégé par un auvent qui le laissait complètement dans l'ombre, tandis que la piste était vivement éclairée. Le sujet se détachait ainsi en blanc sur fond noir. Une échelle métrique, alternativement blanche et noire, fixée au sol, indiquait les distances parcourues; et comme, d'autre part, la vitesse du disque obturateur était exactement déterminée, il était facile de connaître le temps pendant lequel un espace donné avait été franchi, ainsi que la durée de tel ou tel mouvement. Le sujet qui se déplaçait le long de la piste était ainsi photographié un grand nombre de fois, sur la même plaque, en ses diverses attitudes. Pour les mouvements lents, dans le but d'éviter la superposition et la confusion des images, le sujet était revêtu de noir, à l'exception de quelques lignes blanches le long du cou, du bras, du tronc, de la jambe, ou même seulement de quelques boutons brillants correspondant aux principales articulations et qui, impressionnant seuls la plaque, suffisaient pour marquer l'aspect général de chaque attitude.

Cette méthode n'est évidemment applicable qu'aux sujets qui se déplacent dans une direction perpendiculaire à l'axe optique. Pour les sujets qui s'approchent de l'objectif ou qui s'en éloignent, la décomposition de leur mouvement doit être enregistrée sur des plaques rapidement substituées l'une à l'autre, et le problème n'a été complètement résolu que par les appareils cinématographiques qui seront décrits plus loin. Mais dès 1889 et 1890 Marey avait employé divers dispositifs un peu délicats pour faire arrêter un instant la pellicule à chaque instantané pris. A ce point de vue, le *Kinétographe* d'Edison, d'un an postérieur (1894), marquait une véritable régression. C'était une chambre noire à l'intérieur de laquelle une longue pellicule sensible se déroulait *sans arrêt* au foyer d'un objectif périodiquement démasqué par un obturateur très rapide. La pellicule développée et fixée servait à obtenir une suite de petits diapositifs également disposés le long d'un ruban transparent. Ces photocopies reconstituaient la scène que l'on avait photographiée, lorsqu'on les faisait passer derrière un oculaire périodiquement découvert par un obturateur. L'instrument destiné à cette reconstitution du mou-

vement portait le nom de *kinéscope*. La pellicule positive s'y déroulant d'un mouvement continu, il fallait, pour que son déplacement ne fût pas sensible à l'observateur, que la durée de visibilité restât extrêmement courte, environ  $1/7\,000$  de seconde. Dans ces conditions, pour que les images parussent se succéder sans interruption, il fallait en faire passer un grand nombre, au moins 30 par seconde.

**Synthèse du mouvement.** — Des jouets d'enfants avaient déjà permis de donner l'illusion du mouvement à l'aide d'images dessinées sans le secours de la photographie. Le *thaumatrope*, disque tournant rapidement autour de son diamètre, fusionnait les deux dessins qu'il portait sur ses deux faces; mais cette union, imaginée en 1823 ou 1825 par Pâris, restait statique et ne donnait en rien l'idée d'un déplacement; au contraire, il stabilisait pour l'œil des images qui se déplaçaient. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, entre 1829 et 1833, le physicien belge Plateau avait imaginé le *phénakisticope*, composé de deux disques de carton fixés aux extrémités d'un axe horizontal. L'un des disques était noir et percé d'un certain nombre de fentes étroites. En regard de chacune de ces fentes, le second disque montrait une image représentant l'une des phases d'un mouvement. Ce couple de disques tournant rapidement, l'œil placé devant les fentes avait l'illusion d'un mouvement réel. Le modèle primitif avait 8 fentes.

Le *zootrope* est formé d'un cylindre ouvert à sa partie supérieure et posé sur un pivot vertical. Une bande de papier, sur laquelle sont dessinées 12 attitudes différentes d'un sujet, est placée à l'intérieur du cylindre, dont elle n'occupe que la moitié de la hauteur. L'autre moitié est percée de 12 fentes verticales. On imprime au cylindre un mouvement de rotation rapide, et l'on regarde l'intérieur à travers les fentes. On voit alors le sujet s'animer et exécuter certains gestes ou certains mouvements : ce sera, par exemple, un acrobate exécutant des sauts périlleux, un enfant jouant au ballon, des valseurs tournoyant, etc. C'est le phénakisticope où la surface plane des disques se transforme en enroulement cylindrique. L'un est donc à l'autre ce que le fusil photographique sur plaque tournante de Janssen et de Marey est à l'enregistreur sur ruban pelliculaire de Marey et de Démeny. Les Américains lui donnent pour créateur Horner, en 1833.

Le *praxinoscope* dû à Émile Reynaud en 1877, consiste également



en un cylindre tournant, mais sa hauteur est réduite à celle des images. Celles-ci se reflètent dans des miroirs disposés au centre de l'appareil, en nombre égal à celui des images. En dirigeant le regard vers les miroirs, le spectateur voit s'animer le sujet représenté sur la bande de papier.

D'innombrables variantes de ces dispositifs stroboscopiques ont été créés, ou plutôt baptisés, vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle.

Les dimensions de ces appareils ne permettent pas de reproduire des scènes bien variées. Les images représentent un mouvement décomposé en 12 phases au plus, qui reviennent, toujours les mêmes, à chaque tour. Seul celui de Reynaud (malgré quelques essais de Molteni) pouvait se prêter à la projection, et assez mal. Mais surtout les vues étaient simplement des dessins à la main, et leur valeur analytique était illusoire.

Muybridge, qui avait inauguré la chronophotographie, fut aussi l'initiateur de la projection animée. En 1882, il réalisait pour la première fois la reconstitution du mouvement analysé par la photographie. Il mettait bout à bout les instantanés d'une course de cheval saisie par ses 30 appareils, et les projetait à travers une sorte de phénakistiscope formé d'un disque de verre portant les diapositifs, et dénommé par lui *Zoopraxiscope*. Dans des séances publiques, données chez le peintre Meissonier et à l'École des Beaux-arts, on avait ainsi vu courir sur l'écran des silhouettes d'hommes et d'animaux. En 1883, il chronophotographiait par 40 appareils en batterie le pas humain, et peu après, Anschütz, de Lissa, construisait, avec l'aide de la maison Siemens, des zootropes photographiques dans lesquels chaque image était éclairée seulement pendant un instant extrêmement court, lorsqu'elle passait dans le champ visuel. Cet éclairage intermittent était produit par la décharge électrique traversant un tube de Geissler; les vues avaient été prises au moyen de 24 chambres, sur des hommes et des chevaux, et les résultats étaient remarquables.

M. Demeny, collaborateur de Marey, disposait autour d'un disque 24 images chronophotographiques et les faisait successivement passer devant un objectif. C'était le dispositif Muybridge. Demeny, comme son maître Marey, ne cherchait dans la chronophotographie qu'un procédé analytique pour décomposer un mouvement en phases constitutives et consécutives fixées instantanément, « un moyen

de disséquer le temps », comme dit très bien M. Tranchant. La reconstitution zootropique ou phénatiscopique par Muydrige et Anschütz ne portait que sur une très brève collection; celle du Kinétographe d'Edison était destinée à un seul observateur et surtout viciée par le déroulement *continu* du film.

Cet inconvénient a été évité en donnant à la pellicule un mouvement saccadé et en ne la démasquant que lorsqu'elle est immobilisée. Il suffit alors, pour procurer une sensation lumineuse continue, grâce à la persistance des impressions rétinienne, de faire passer 15 images par seconde. Cette combinaison avait été utilisée d'abord par Marey et Demeny. « Je me servis, écrit le premier<sup>1</sup>, des bandes ou pellicules transparentes sur lesquelles j'avais obtenu l'analyse du mouvement; je les fis passer dans un chronophotographe projecteur où elles étaient entraînées par des rouleaux, mais où certains organes les arrêtaient assez longtemps pour qu'elles reçussent, par derrière, un éclairage suffisant. » Le brevet de ce *chronophotographe* est de juin 1893; le déroulement de la pellicule était arrêté jusqu'à 20 fois par seconde par la pression d'une pièce freinante, mue par un électro-aimant, plus tard par une came. D'autre part, Marey dans son livre *le Mouvement* (Masson, 1894) prévoyait la projection de ce film : « Chaque image peut donc être projetée sur un écran pour les besoins d'une démonstration publique... [elle] peut donner lieu à une série de projections successives se succédant à intervalles de temps si courts, que le spectateur voit le mouvement se reproduire avec toutes ses phases » (p. 123). C'est là, textuellement, tout le cinéma moderne, prise et projection; mais... Marey ne l'a qu'indiqué, sans l'exécuter en ce qui concerne la partie projection. Ou plutôt il l'a tentée, mais n'a pas poursuivi, à cause du manque de fixité des images. En 1894, M. Gaumont construisait, sous les noms de *biographe* et de *bioscope*, l'un pour l'analyse, l'autre pour la synthèse du mouvement, les appareils imaginés par M. Demeny. Le biographe exécutait une suite continue de 80 images et même davantage, avec une vitesse de 8 à 20 images par seconde, et le bioscope reconstituait la scène photographiée, en montrant successivement toutes ces images. Comme le dit M. Michel Coissac, en 1893-94 les chercheurs tenaient tous les éléments en mains. Parmi ces cher-

1. MAREY, *La Chronophotographie*, p. 25.

cheurs il faut citer l'Américain Francis Jenkins, les Français Bouly (créateur du mot *cinématographe* dans son brevet du 12 février 1892) et Grimois-Sanson.

L'année suivante, MM. Lumière montraient<sup>1</sup> les premières projections animées, obtenues à l'aide de leur *cinématographe* (de *κίνημα*, mouvement). Dans cet appareil, chaque période correspondant à la prise ou à la vue d'une image, a une durée de  $1/15$  de seconde. La pellicule reste immobile pendant  $2/15$  de seconde, et emploie à se déplacer le dernier  $1/15$ . Pendant sa phase d'immobilité, l'objectif est ouvert; pendant sa phase de déplacement, la lumière est au contraire interceptée par un secteur plein qui tourne devant l'objectif.

Le cinématographe, rapidement perfectionné, a obtenu dès ses débuts un succès qui n'a fait que s'accroître, si bien qu'il constitue actuellement le plus en vogue de tous les spectacles.

On a fabriqué sous divers noms (*Kinora* Lumière, *Mutoscope*, etc.) des reconstituteurs de mouvement, consistant en une série de photographies tirées sur papier et superposées en un bloc ou carnet, qu'on effeuille rapidement en faisant pression obliquement d'un doigt contre le bord : le défilé successif des vues sous le regard donne l'impression du mouvement reconstitué, mais ce défilé est terminé au bout de quelques secondes.

\*  
\* \* \*

**Prise des vues cinématographiques.** — Les figures 111 et 113 représentent des appareils ou *cameras* pour la prise des vues cinématographiques. La pellicule sensible à impressionner est enroulée sur une bobine enfermée dans une boîte-magasin surmontant la chambre noire. La pellicule est une bande dont la longueur atteint jusqu'à 120 mètres et plus suivant les modèles; les grandes œuvres cinématographiques étant réalisées en un grand nombre de séances

---

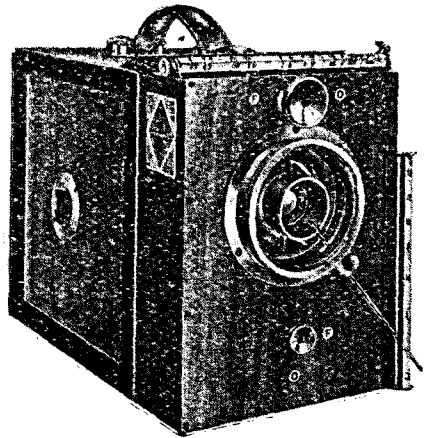
1. La toute première séance devant assistants comporta la projection d'un seul film (*sortie des ouvriers des Usines Lumière*), devant la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, à Paris, le 22 mars 1895; les suivantes eurent lieu à Lyon les 10 et 12 juin de la même année, puis à Paris (*Revue générale des Sciences*) le 11 juillet, etc. Enfin la première séance de projection en spectacle payant eut lieu au Grand Café, boulevard des Capucines, le 28 décembre 1895. Les films avaient 17 mètres de longueur, et leur projection durait 3 à 5 minutes.

sur des bandes distinctes que l'on regroupera et collera bout à bout suivant le plan définitif du scénariste, une bobine n'a généralement pas besoin d'avoir plus de quelques dizaines de mètres.

Le film, en celluloïd jadis, l'est généralement encore aujourd'hui pour le négatif seulement. Il est standardisé dans le monde entier (les fabricants en sont d'ailleurs fort peu nombreux) : 35 millimètres de largeur, dont deux marges de 5<sup>mm</sup>,5, laissant une image de 24 millimètres sur 18 de haut, avec 1 millimètre d'intervalle entre deux images successives. Les marges portent 4 perforations de chaque côté par image, chacune de 2<sup>mm</sup> × 3<sup>mm</sup>; la distance entre centres de deux perforations consécutives est de 19 millimètres. Leur exécution doit être très précise, et se fait par une machine emporte-pièce fort étudiée. Le film, de conservation limitée à quelques mois, se vend en boîtes plates de fer-blanc; des chargeurs spéciaux permettent de l'introduire en plein jour, au moins dans certains appareils.

Des appareils d'amateurs emploient des films de format plus réduit, suffisant pour les petits écrans convenant à une séance en public restreint; les uns ont 16 millimètres de large, sur des longueurs de 50 ou 100 pieds (15<sup>m</sup>,25 ou 30<sup>m</sup>,50), et sont surtout employés par les appareils américains. D'autres n'ont que 9<sup>mm</sup>,5 sur 20 mètres de long, et ont été créés pour le *Pathé-Baby*. La perforation est non pas latérale, mais centrale, à raison d'un trou entre deux images.

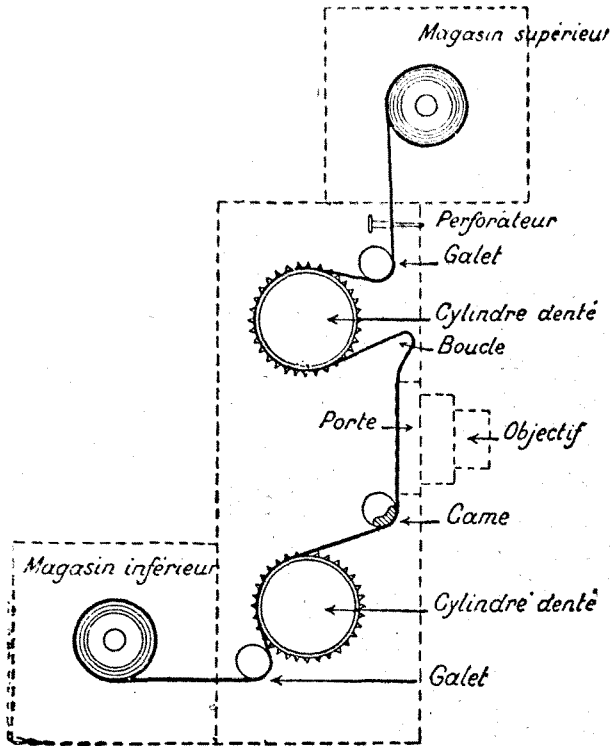
Ces perforations régulièrement espacées viennent s'adapter à des cylindres dentés reliés à une manivelle, de manière à assurer



Cliché A. Debric.

Fig. 111. — Appareil de prise de vues cinématographiques pour reporters et explorateurs, type *Interview* (modèle C). Malgré sa simplicité et sa réduction, il emploie 120 mètres de film et comporte compteur, niveau, parasoleil, iris, objectifs amovibles, obturation variable, cadrage, caches, repérage d'interruptions de vue, mise au point, etc.

l'entraînement régulier de la couche sensible. L'objectif, de très grande luminosité ( $f/3,5$  en moyenne), est toujours un anastigmat, avec dispositif de mise au point. Pour pouvoir prendre des « gros plans » ou des détails lointains sans déplacer l'appareil, celui-ci en porte



Cl. Gaumont.

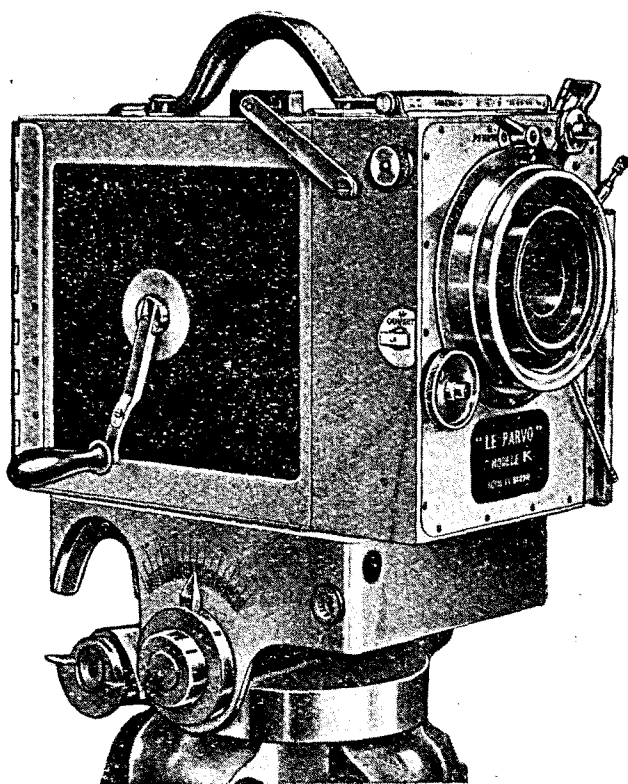
Fig. 112. — Schéma du chromo négatif dans l'appareil primitif de Lumière.

2 ou 3, parfois plus, de différentes focales, mis au point d'avance et se remplaçant instantanément par la rotation d'une tourelle-revolver sur laquelle ils sont montés. Un obturateur, constitué par deux secteurs opaques se recouvrant, laisse périodiquement pénétrer la lumière pendant que la pellicule est momentanément arrêtée. La surface impressionnée passe ensuite sur une seconde bobine, dans la boîte-magasin qui se trouve placée à la partie inférieure arrière de l'appareil. Au-dessus de la manivelle, un viseur, constitué par

une véritable chambre noire, reproduit exactement et très clairement l'image que l'on cinématographie.

L'appareil étant placé bien de niveau sur un pied à trois branches, on règle la mise au point, suivant la distance du sujet principal. Comme la distance focale de l'objectif est très courte, toutes les images sont nettes à partir de quelques mètres. L'objectif porte un diaphragme iris pour le cas où l'on veut lui donner une assez grande profondeur de champ; il n'embrasse d'ailleurs qu'un angle assez faible, sa focale étant supérieure à la diagonale de chaque vue. Il

est pourvu d'un parasoleil. Des viseurs, des compteurs de longueur débitée, indicateurs de vitesse, enregistreurs de tours, plates-formes à double mouvement (bascule et rotation) et maints autres accessoires, complètent cet appareillage parfois très coûteux. Citons



Cliché A. Debric.

Fig. 113. — Un appareil moderne de prise de vues : le *Parvo* Debric, créé en 1908. Les magasins débiteur et récepteur de film ne sont pas superposés, mais à droite et à gauche de la camera, sur le même axe. Contenance 120 mètres. Commande à la main ou par moteur électrique. Dispositifs pour fondus, pour marche arrière, pour visée continue pendant la prise, etc.

encore le « dissolvreur » qui découvre ou referme progressivement le champ embrassé, le moteur qui peut assurer le dévidage de la pellicule si on ne l'entraîne pas par la manivelle à main, etc.

Le mécanisme d'entraînement du film par ses perforations est resté en principe celui de Lumière en 1895 : deux goujons ou griffes, commandés par cames et biellettes, pénètrent dans les perforations,

emmènent le ruban entre les glissières d'un couloir pendant 19 millimètres, puis se retirent en le laissant immobile pendant que l'obturateur découvre l'objectif et que les griffes remontent jusqu'à leur point de départ pour s'enfoncer dans de nouvelles perforations, et ainsi de suite. Seuls des détails de tracé ou de commande varient suivant les brevets. Ces tractions répétées 15 fois par seconde en moyenne fatiguent les bords perforés de la pellicule, et finissent par les déchirer, après quelques centaines de passages, ce qui n'est pas le cas pour les négatifs. Mais pour les bandes positives le dispositif est un peu différent. Dans les modèles récents de *Pathé-Baby*, l'effort local de traction est diminué par une double griffe prenant deux perforations à la fois.

La bobine, relativement lourde, ne s'accommoderait pas d'à-coups semblables dans son déroulement : celui-ci est continu, et le film a un peu de « mou » avant de pénétrer dans le couloir, une ondulation ou boucle se formant ou diminuant à chaque mouvement, ainsi qu'à la sortie du couloir. Des galets servent de guides, deux cylindres à goujons pénétrant dans les perforations assurent l'entraînement uniforme. Les deux bobines modifient peu à peu (grâce à un entraînement à jeu libre) le rapport de leurs vitesses respectives, puisque celle qui se vide diminue peu à peu sa circonférence tandis que la réceptrice augmente la sienne. Dans les appareils primitifs, les deux bobines occupèrent chacune un magasin annexé à l'appareil proprement dit; en 1908, M. Debrie imagina de les loger toutes deux dans la caisse même de l'appareil, chacune d'un côté du mécanisme et avec l'axe commun, ce qui faisait suivre un trajet particulier à la pellicule (fig. 111, 113).

On règle la vitesse de l'obturateur, qui peut donner des poses variant de  $1/40$  à  $1/300$  de seconde, suivant la rapidité des mouvements à enregistrer, en faisant plus ou moins se recouvrir les deux secteurs de l'obturateur; on saisit alors la manivelle de la main droite et l'on tourne avec une vitesse de deux tours par seconde environ dans le sens des aiguilles d'une montre et sans jamais revenir en arrière. La régularité du mouvement est nécessaire, mais elle s'acquiert rapidement. Le viseur permet de s'assurer constamment que le sujet prendre est bien dans le champ de l'objectif, ce champ se trouvant reproduit en vraie grandeur sur la glace dépolie du viseur. La plateforme à deux mouvements permet de suivre tout sujet qui se déplace

**Développement et fixage.** — La bande impressionnée est enroulée, en spirale plate, couche en dessus, autour d'une planchette ou d'un cadre de nickel ou de bois paraffiné que l'on plonge dans une cuve plate verticale assez grande contenant la quantité nécessaire de révélateur. M. J. Ducom indique la formule suivante comme la plus fréquemment appliquée au développement des bandes cinématographiques, que l'on traite préalablement\* par un désensibilisateur (p. 193) :

Eau . . . . .	2 000 cc.
Métol. . . . .	3 gr.
Hydroquinone. . . . .	5 à 7 —
Sulfite de soude anhydre . . . . .	60 —
Carbonate de potassium. . . . .	40 —
Bromure de potassium . . . . .	2 —

Ce bain est versé dans des cuves contenant environ 150 à 200 litres. On y développe successivement plusieurs séries de vues, en y ajoutant de temps en temps un peu de bain neuf. Quand les négatifs ont acquis l'intensité voulue, le cadre est retiré de la cuve, lavé à l'eau courante et immergé dans un grand récipient contenant une solution d'hyposulfite additionnée de bisulfite de soude.

La méthode adoptée pour le développement conduit souvent à des négatifs ou trop durs ou trop faibles : on y remédie en affaiblissant la pellicule ou en la renforçant à l'aide des correctifs habituels.

Après lavage, la pellicule ne doit pas être mise directement à sécher, car elle s'enroulerait irrégulièrement et serait trop cassante. Il faut, au préalable, la passer dans :

Eau . . . . .	15 litres.
Alcool à 95°. . . . .	2 —
Glycérine. . . . .	0,5 —

Pour la dessiccation, la pellicule était enroulée sur un tambour ajouré formé de deux disques reliés, en cage d'écureuil, par des baguettes en bois arrondies, la gélatine en dehors. Aujourd'hui, le film suit un long trajet en zigzag sur deux séries de supports, après essorage préalable. On accélère l'opération par une ventilation forcée, et aussi par l'air chaud, ou par la centrifugation du cadre pour les petits films.



**Tirage des positifs.** — Les films d'amateur, destinés le plus souvent à ne fournir qu'un seul exemplaire *ad usum auctoris*, ont une émulsion facile à transformer en positif par inversion au permanganate ou au bichromate et second développement (p. 445). Les autres serviront de clichés<sup>1</sup> pour tirer autant de bandes positives qu'il en faudra pour l'exploitation.

Ces films ont une émulsion spécialement adaptée au tirage en positif; ils sont toujours en matière ininflammable (acétocellulose et analogues), et leur perforation est très légèrement plus courte que celle du négatif, qui a subi un léger retrait au séchage. Les deux bobines étant superposées dans un magasin étanche, les deux bandes descendent superposées, entraînées par les cylindres à goujons et guidées par des galets, et passent ensemble dans le couloir de l'appareil nommé *tireuse*, le négatif vers l'extérieur. Elles défilent ainsi devant une fenêtre par où pénètre la lumière d'une lampe; ce mouvement est continu, la griffe à démarrages n'ayant ici rien à faire. Au sortir du couloir, chacune des deux va se rembobiner dans un magasin distinct. Les opérations suivantes sont les mêmes que pour le négatif, sauf que le bain révélateur est établi pour l'émulsion positive.

Selon la densité du négatif (ou l'effet de clarté générale qu'on désire réaliser) pour chaque scène, l'impression doit pouvoir varier; on le fait non en allongeant ou en raccourcissant la pose, mais en faisant varier l'éclat de la lampe. Ces variations de lumière sont commandées automatiquement, à chaque changement de scène, par un bande spéciale perforée ou encochée de façons différentes.

Le traitement — de la désensibilisation au séchage et embobinage — de la bande négative ou positive, est accompli, pour les grandes entreprises cinématographiques, dans de vastes chambres équipées pour assurer, automatiquement et avec le minimum de temps et de main-d'œuvre, le passage dans tous les bains, les lavages, essorage et séchages.

Le collage des bandes (les cadres à développer n'en admettant qu'50 mètres) se fait avec une dissolution de celluloïd dans un mélange

---

1. Le véritable négatif original, constitué par le collage de nombreux bouts découpés dans la série des bandes prises au cours du travail et classés dans un ordre censé logique, n'est jamais utilisé directement : on en fait un ou plusieurs négatifs contre-types, et lui-même est précieusement conservé comme matrice.

d'acétone et d'acétate d'amyle<sup>1</sup>, appliquée sur le bout gratté pour enlever la gélatine. Les perforations devant garder leur intervalle de 19 millimètres, on les engage dans un petit châssis-presse pourvu de quelques goujons de repérage qui pénètrent dans les trous des deux bandes et assurent leur espacement; le volet de ce châssis se referme et fait pression jusqu'à séchage complet.

Nous ne pouvons évidemment parler ici ni des conditions de prise de vue des scénarios, ni de l'établissement des titres intercalés, ni des truquages (surimpressions, substitutions entre deux vues, prises de vues espacées avec modifications apportées pendant l'intervalle, fondus, ralentis, accélérés, etc.). On trouvera ces détails dans les ouvrages spéciaux indiqués en fin de chapitre. Soulignons que la lumière naturelle est presque toujours accompagnée, même hors du studio, de celle de projecteurs, plafonniers, herses et sun-lights à arc, à fortes ampoules survoltées ou à lampes à vapeur de mercure. Les titres, bien qu'immobiles, sont cinématographiés comme le reste sur une certaine longueur, suffisante pour que leur projection dure le temps nécessaire à leur lecture.

**Projection.** — L'appareil de projection n'a pas un mécanisme essentiellement différent de celui pour la prise de vues, et l'on peut s'étonner qu'un très petit nombre seulement aient été étudiés pour servir successivement aux deux opérations. Il comporte évidemment en outre une « boîte à lumière » qui éclaire fortement par une petite fenêtre la pellicule dans son couloir; et les bobines qui débitent et reçoivent le film n'ont pas besoin, comme les magasins du négatif, d'être étanches à la lumière. La source est un arc ou une ampoule à projections (p. 547) de grande puissance, la vue étant couramment agrandie 50 000 fois en surface<sup>2</sup>. Nous renvoyons à la p. 550 pour la question des écrans et des cuves à liquide.

---

1. Pour ceux en celluloïd (nitro-celluloses) : poids égaux d'acétate d'amyle et d'acétone.

Pour ceux en acétocellulose : acétate d'éthyle et acétone 200 grammes chacun; ajouter 60 centimètres cubes d'acide acétique et 3 centimètres cubes d'acétate d'amyle.

2. La surface de chaque vue est  $18 \times 24 = 432$  millimètres carrés. Or un écran ayant 10 mètres carrés de surface utile est de dimensions simplement moyennes, voire modérées. Celui de la Galerie des Machines, à l'Exposition de 1900, mesurait 15 mètres sur 21 : le film était donc projeté sous un agrandissement de 850 fois en diamètre, plus de 700 000 fois en surface.

L'organe débiteur de pellicule par saccades répétées 15 fois par seconde, n'est généralement pas ici une griffe, trop brutale, mais mé

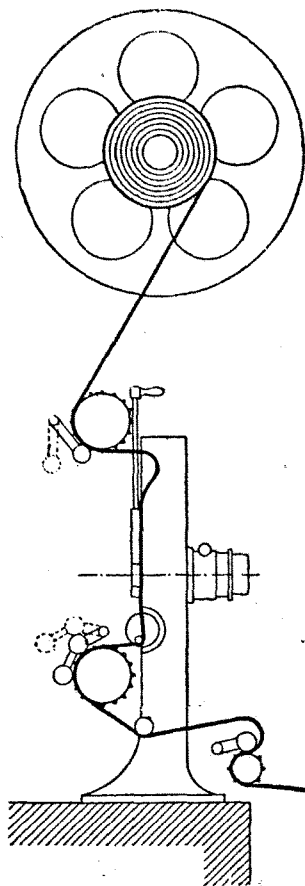


Fig. 114. — Schéma du trajet du film positif dans l'appareil projecteur. Remarquer les galets le pressant, au bout de bras articulés, sur les cylindres-guides à pointes.

par un dispositif à traction progressive entraîné par le rouage depuis longtemps connu en horlogerie sous le nom de *Croix de Malte* à cause de sa forme, et qui, sans pièce à mouvements alternatifs, assure des rotations coupées d'arrêts égaux. La boucle non tendue de film que la rotation continue des deux bobines forme en deçà et au delà du couloir lors du déroulement, permet aux arrêts et reprises de ne porter que sur une portion très réduite et très légère du ruban. Néanmoins, l'effort exercé sur les marges perforées 15 fois par seconde reste assez brutal pour qu'elles sont assez faciles à réparer, mais s'y ajoute les rayures de la surface du film sur les bobines, les galets et les glissières du couloir. Même

avec un opérateur soigneux et un appareil bien entretenu, une bande ne peut servir plus de quelques centaines de fois si l'on veut une projection convenable. On a essayé jusqu'ici, des bandes en métal poli très mince, incomparablement plus résistantes, et qui reflètent la lumière au lieu de transmettre.

L'obturateur est à plusieurs secteurs alternativement opaques et évidés, ce qui répartit mieux les alternances de lumière et d'obscurité.

L'obturateur est à plusieurs secteurs alternativement opaques et évidés, ce qui répartit mieux les alternances de lumière et d'obscurité.

curité, et supprime à peu près l'effet de scintillement. La rotation est naturellement commandée par le mécanisme même d'entraînement saccadé.

Les inconvénients évidents de ce dernier ont fait proposer bien des systèmes de cinématographes à déroulement *continu*. Pour que l'image reste nette et immobile sur l'écran, il faut évidemment compenser le mouvement de la pellicule par une déviation de l'image en sens contraire, qui en annule le déplacement. Mais les miroirs ou prismes déviateurs employés ont une masse qui s'oppose au déplacement rapide et précis qu'on doit leur donner. Malgré quelques ingénieux dispositifs, aucun ne s'est encore révélé comme étant une solution réellement au point.

La lampe continuant inutilement à brûler pendant l'éclipse due à l'obturateur, une notable économie (plus la suppression de cet obturateur) serait obtenue si la lampe pouvait s'éteindre complètement et se rallumer à plein 15 fois par seconde, ce que l'on n'a encore pu réaliser.

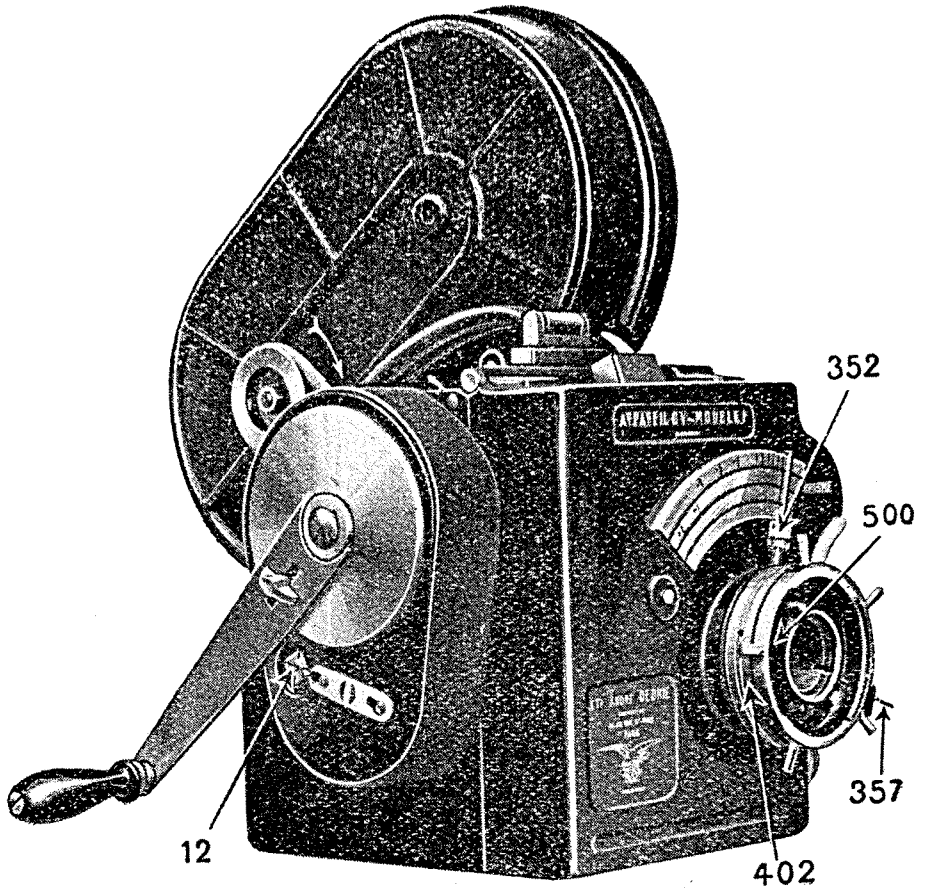
Le film une fois achevé de projeter doit être réembobiné par mouvement contraire, sa fin se trouvant maintenant la première à sortir du magasin. Une enrouleuse à engrenages multiplicateurs assure rapidement cette opération indispensable<sup>1</sup>. Le film de projection peut être formé par le tirage de plusieurs négatifs successifs, et former ainsi des bobines très volumineuses, représentant plus d'un kilomètre de pellicule.

Les risques d'incendie résultant de l'emploi du celluloïd à proximité d'une lampe de projection ont imposé des précautions assez rigoureuses, qui ont été maintenues pour la plupart malgré l'emploi de films incombustibles. La préfecture de police de Paris et un grand nombre de villes exigent que les bobines contenant les films soient non point placées dans les rouets évidés représentés sur les figures précédentes, mais bien enfermées dans des boîtes métalliques, ou *carters* pare-feu. En outre, les spectacles cinématographiques ne sont autorisés qu'à la condition expresse d'isoler de la salle l'appareil de projection, qui doit être enfermé dans une cabine à parois métalliques avec extincteurs et portes étanches.

---

1. Le passage d'une bande se déroulant à l'inverse du sens de prise peut produire des effets très surprenants, qui ont été utilisés pour des épisodes comiques ou fantastiques, mais dont on n'a certainement pas tiré tout le parti possible.

La cadence normale de la projection est de 15 ou 16 images à la seconde. On ne peut diminuer sensiblement ce nombre sans rendre les périodes d'éclipse assez longues pour devenir perceptibles à l'œil.



Cliché A. Debric.

Fig 115. — Le cinématographe G. V. (brevets Labrély), pour prise de vue extra-rapide (jusqu'à 240 par seconde) et projection au ralenti, la vu mettant 16 fois plus de temps à passer. En haut, le magasin pour 120 mètre de film. 12, arbre de commande à vitesse normale; 342, mise au point hélicoïdale; 357 et 402, diaphragmes et leur commande.

mais on a pu — si l'éclairage et l'objectif le permettent — augmenter le nombre de vues prises par seconde en accélérant la rotation, et le projeter ensuite au rythme normal. Si l'on a pris 36 images par seconde

et qu'on en projette 12 dans le même temps, un mouvement ayant une seconde de durée réelle en met trois à être exécuté, et le temps semble s'écouler trois fois plus lentement. Si, de plus, au tirage de la positive on a tiré deux ou trois fois consécutives chaque image du négatif, chaque phase est vue deux ou trois fois plus longtemps, et au total le mouvement dure six ou neuf fois plus que dans la réalité. Les prises à très grande vitesse exigent des appareils spéciaux, ou même (projectile pris au vol) des dispositifs d'éclairage instantané et intensif, sans obturateur, sur quoi nous ne pouvons insister ici. M. Bull a réalisé de véritables merveilles dans ce genre.

Au contraire, des vues prises à petit nombre par seconde et projetées à raison de 16, donnent une impression d'accélééré et de saccadé (vu le petit nombre de phases successives) fréquemment constatées dans les vues d'actualité, pour lesquelles l'opérateur a reçu la consigne de consommer peu de pellicule pour ces scènes bientôt périmées. On peut même pousser la chose à l'extrême en prenant vue par vue (1/2 tour de manivelle) une série de phases très espacées, comme un végétal qui croît, ou la succession de calques qui formera un dessin animé.

Divers essais de cinématographe en relief (genre stéréoscopique) et en couleurs (par trichromie) ont été tentés. Les résultats n'ont jusqu'ici qu'un intérêt technique, et ils ne produisent que des effets tout à fait insuffisants pour être tolérés par le public ordinaire. Celui-ci ne s'est guère montré plus sensible aux remarquables essais (du Dr Comandon en particulier) sur la chronophotographie faite au microscope.

L'alliance du cinématographe et d'un appareil sonore (phonographe bien synchronisé ou dispositif à cellules photoélectriques et lampes amplificatrices) est un problème tout spécial, résolu depuis peu d'années seulement, et qui n'est presque pas du domaine de cet ouvrage.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- E.-J. MAREY, *Le Mouvement*, Paris (Masson), 1894.  
 L. GASTINE, *La Photographie animée*, Paris (Gauthier-Villars et Masson), 1896.  
 L. GASTINE, *La Chronophotographie*, Paris (Gauthier-Villars et Masson), 1897.  
 E.-J. MAREY, *La Chronophotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

- E. TRUTAT, *La Photographie animée*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- E. MUYBRIDGE, *Animals in motion*, London (Chapman et Hall), 1899.
- J.-L. BRETON, *La Chronophotographie*, Paris (L. Geisler).
- R.-L. DONNADIEU, *La Photographie animée*, Paris (Ch. Mendel).
- J. DUCOM, *Le Cinématographe scientifique et industriel*, Paris (L. Geisler), 1911.  
Nouvelle édition, A. Michel, 1924.
- K.-W. WOLF CZAPEK, *La Cinématographie*, 2<sup>e</sup> édition, Berlin (Deutsche Verlagsgesellschaft), 1911.
- E. COUSTET, *Traité pratique de Cinématographie*, 2 vol., Paris (Ch. Mendel), 1914.
- F.-A. TALBOT, *Moving Pictures, how they are made and worked. Revised edition*, London (William Heinemann), 1912.
- E. COUSTET, *Le Cinéma*, Paris (Librairie Hachette), 1921.
- J. HENRI-ROBERT, *La pratique de la Cinématographie d'amateurs*, Paris (Montel).
- G. GRONOSTAYKI, *On tourne*, Paris (de Francia).
- G. MICHEL-COISSAC, *Histoire du cinématographe*, Paris (Gauthier-Villars), 1925.
- HÉMARDINQUER, *Le Cinéma sonore*, Paris (Eyrolles), 1930.
- A. TURPAIN, *Le Cinématographe, son histoire, ses progrès*, Paris (Gauthier-Villars), 1924.
- L. LOBEL, *La Technique cinématographique*, Paris (Dunod), 3<sup>e</sup> édition, 1927
-

## CHAPITRE XXV.

LA MICROPHOTOGRAPHIE <sup>1</sup>

**Premiers essais.** — Dès la découverte du daguerréotype, le Dr Donné et Léon Foucault l'appliquèrent à la reproduction amplifiée des objets microscopiques (janvier 1840). Dès la séance historique du 19 août 1839, Arago dans son rapport publié à l'Académie des sciences avait désigné la micrographie comme l'une des premières sciences appelées à bénéficier de l'inscription daguerréotypique. La photographie fournit ainsi le moyen de fixer ces images fugitives que l'on aperçoit dans le microscope, jusqu'aux moindres détails qu'il est difficile de dessiner avec exactitude. La plaque sensible n'est pas sujette aux mêmes illusions et aux mêmes défaillances que l'œil de l'observateur; aussi l'épreuve microphotographique constitue-t-elle un témoignage irrécusable et présente un degré de certitude que nul ne saurait suspecter. Elle a d'ailleurs permis, ces temps derniers, de pousser l'analyse plus loin que notre organe visuel n'est capable de le faire, de révéler ainsi l'invisible et d'en fixer l'image. Toutefois l'on doit reconnaître que l'œil peut, grâce à son pouvoir d'accommodation, tirer parti de détails imparfaitement nets que la photographie ne rend presque pas.

L'appareil dont on se servait primitivement pour les reproductions microphotographiques n'était autre que le *microscope solaire*, appareil de projection fondé sur le même principe que la lanterne magique. Mais ici, vu l'étalement de la lumière sur une surface considérablement plus grande que la préparation, l'éclaircissement de cette dernière doit être extrêmement intense : avant la découverte

---

1. Ce terme pourrait désigner plus justement la photographie d'un objet en dimensions extrêmement réduites; c'est-à-dire exactement le contraire de ce que l'on veut signifier. M. L. SUDRE a indiqué comme véritable terme exact le mot *mégalmicrophotographie*. Nous proposerions personnellement le vocable *photauxanographie* (du verbe *auxanéin*, ἀυξάνειν, agrandir).



de la lumière électrique, la lumière solaire était concentrée par deux lentilles formant condensateur sur l'objet à reproduire, dont un objectif projetait sur un écran l'image très amplifiée. D'autre part l'objectif était formé de lentilles très petites et de très courte focale, afin de réduire le plus possible la distance qui devait le séparer de l'écran.

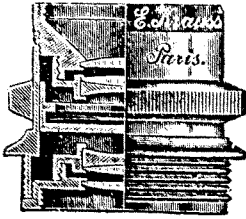


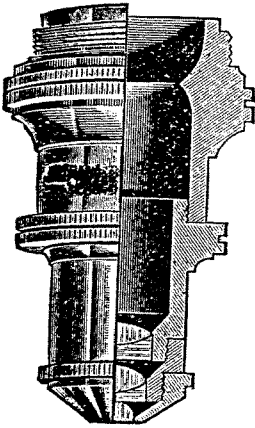
Fig. 116.  
Microplanar.

Après avoir mis au point, la plaque sensible était substituée à l'écran.

Actuellement, cette combinaison est rarement employée, et l'on se sert presque toujours de l'instrument que les physiciens désignent sous le nom de *microscope composé*.

On se sert toutefois encore de l'unique objectif, spécialement étudié pour cela (*microplanars* et *microtessars* de Zeiss), véritables anastigmats de petite taille et de courte focale donnant un champ relativement grand et une certaine profondeur de champ, si l'on ne cherche pas un grossissement dépassant 20 ou 25 diamètres.

**Emploi du microscope composé.** — Bien que cet appareil



Cl. Krauss.

Fig. 117. — Objectif  
du microscope  
composé (coupe).

d'optique soit universellement connu, rappelons très brièvement qu'il est constitué par la combinaison de deux groupes de lentilles convergentes montés aux extrémités d'un tube métallique. Les lentilles disposées à proximité de l'objet à observer forment l'*objectif*, et donneront de l'objet une image réelle et renversée déjà agrandie, et formée dans l'air plus ou moins loin de l'objectif selon la distance de celui-ci à l'objet. Celles qui se trouvent placées du côté opposé, là où l'observateur applique son œil portent le nom d'*oculaire*; celui-ci servira de loupe grossissante pour observer la première image. L'objet, placé entre deux lames de verre, est éclairé par transparence à l'aide d'un miroir adapté à un support articulé, et la mise au point s'effectue au moyen d'une crémaillère et d'une vis micrométrique permettant de faire varier la distance entre le tube et l'objet à observer.

Cette mise au point doit être d'autant plus précise que l'objectif est plus puissant, c'est-à-dire à courte distance focale<sup>1</sup> : le centième de millimètre devient insuffisant quand on opère avec des objectifs à immersion, et les mécanismes modernes des *statifs* (montures), à excentriques, permettent de monter ou de descendre le tube de 1/500 ou de 1/1 000 de millimètre.

La *platine* qui supporte la préparation est, pour les grands instruments, mobiles dans les deux sens par deux pignons à crémaillère. Nous parlons un peu plus loin de l'éclairage. Le tube est en deux parties coulissantes, ce qui permet, en l'allongeant plus ou moins, de faire varier le grossissement indépendamment des objectifs et oculaires. Faisons observer que les meilleures images ne sont obtenues (sauf s'il s'agit de faibles objectifs) que pour une longueur de tube déterminée, les aberrations ne pouvant se trouver corrigées à la fois pour toutes distances.

Les objectifs se changent instantanément par la simple rotation du *revolver* sur lequel 2, 3 ou 4 sont vissés.

Les lentilles n'en étant généralement achromatisées que pour l'observation visuelle ne conviennent pas bien à la photographie, à moins d'avoir recours à un éclairage monochromatique par l'interposition d'un verre coloré ou d'une cuve à liquide (v. p. 427) entre la lampe et le miroir : ce filtre n'a d'ailleurs pas besoin d'avoir des faces bien planes ni parallèles. En lumière blanche, l'image mise au point pour l'œil de l'observateur ne serait plus nette sur la plaque, le foyer des rayons ultra-violetts ne coïncidant pas avec celui des radiations visibles. Il faut donc que l'objectif ait été achromatisé de la même manière que les objectifs photographiques, afin qu'il n'y ait point de *foyer chimique* distinct. Il convient d'ajouter que la plupart des microscopes actuellement construits par les grandes maisons optiques satisfont parfaitement à cette condition par la

---

1. Les objectifs faibles ont 12 à 35 millimètres de focale, les moyens 6 à 12, les forts 3 à 6. Les plus puissants n'ont que 1<sup>mm</sup>,5 à 3 millimètres de distance focale, et sont à *immersion homogène*, c'est-à-dire que leur lentille antérieure (ou *frontale*) trempe dans une gouttelette d'huile de cèdre placée sur le couvre-objet et ayant la réfringence du verre. Il est à observer que plus un objectif est puissant, plus ses lentilles sont de petit diamètre (jusqu'à 1/2 mm.) et plus il est près de toucher la lame de verre, de sorte que l'emploi en exige beaucoup de soin et d'attention.

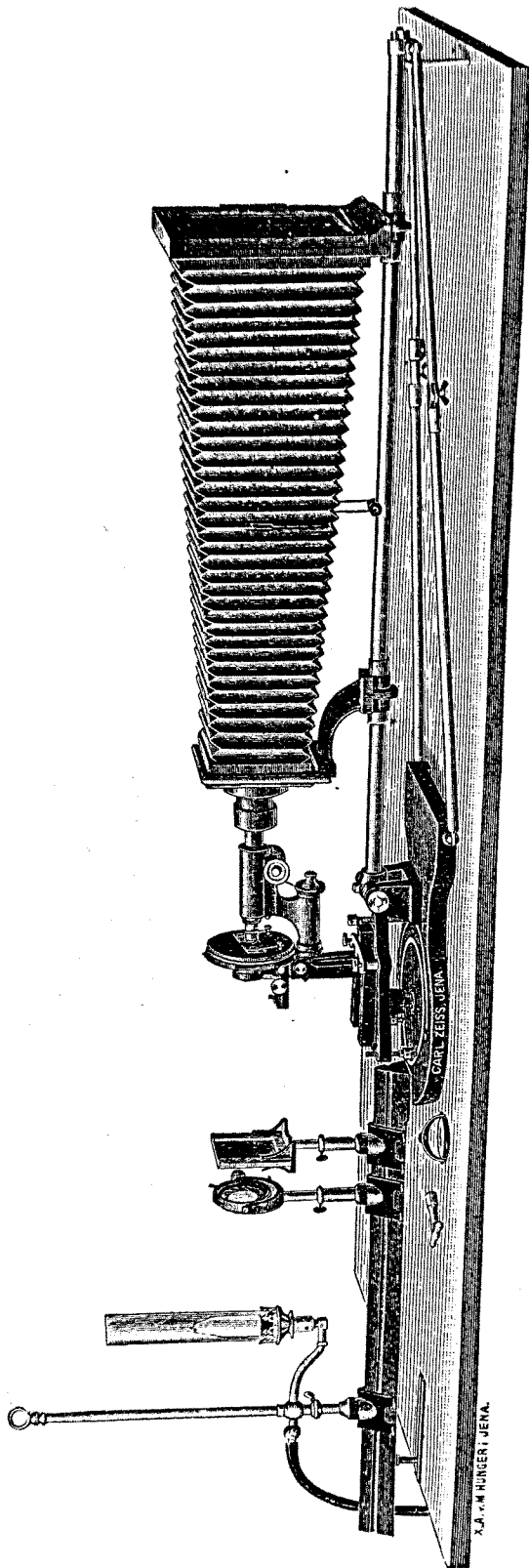


Fig. 118. — Appareil microphotographique (disposition horizontale).

création d'objectifs *apochromatiques*, fort coûteux (certains ne comportant pas moins de 40 lentilles).

On utilise le microscope de quatre manières ; soit avec l'objectif seul, soit avec l'oculaire et l'objectif sans autre pièce optique, soit en remplaçant cet oculaire par une lentille divergente, soit enfin avec le microscope complet (objectif + oculaire) allié à l'objectif d'une chambre photographique. Dans les trois derniers cas, il faut disposer d'une chambre noire à châssis et à soufflet (si l'on veut des grossissements variés) que l'on adapte au sommet du microscope au moyen d'un raccord facile à établir mais bien étanche à la lumière venant du dehors. Un simple manchon d'étoffe noire peut faire l'affaire, mais il est indispensable que l'ensemble microscope chambre noire forme un tout insensible aux vibrations : la table

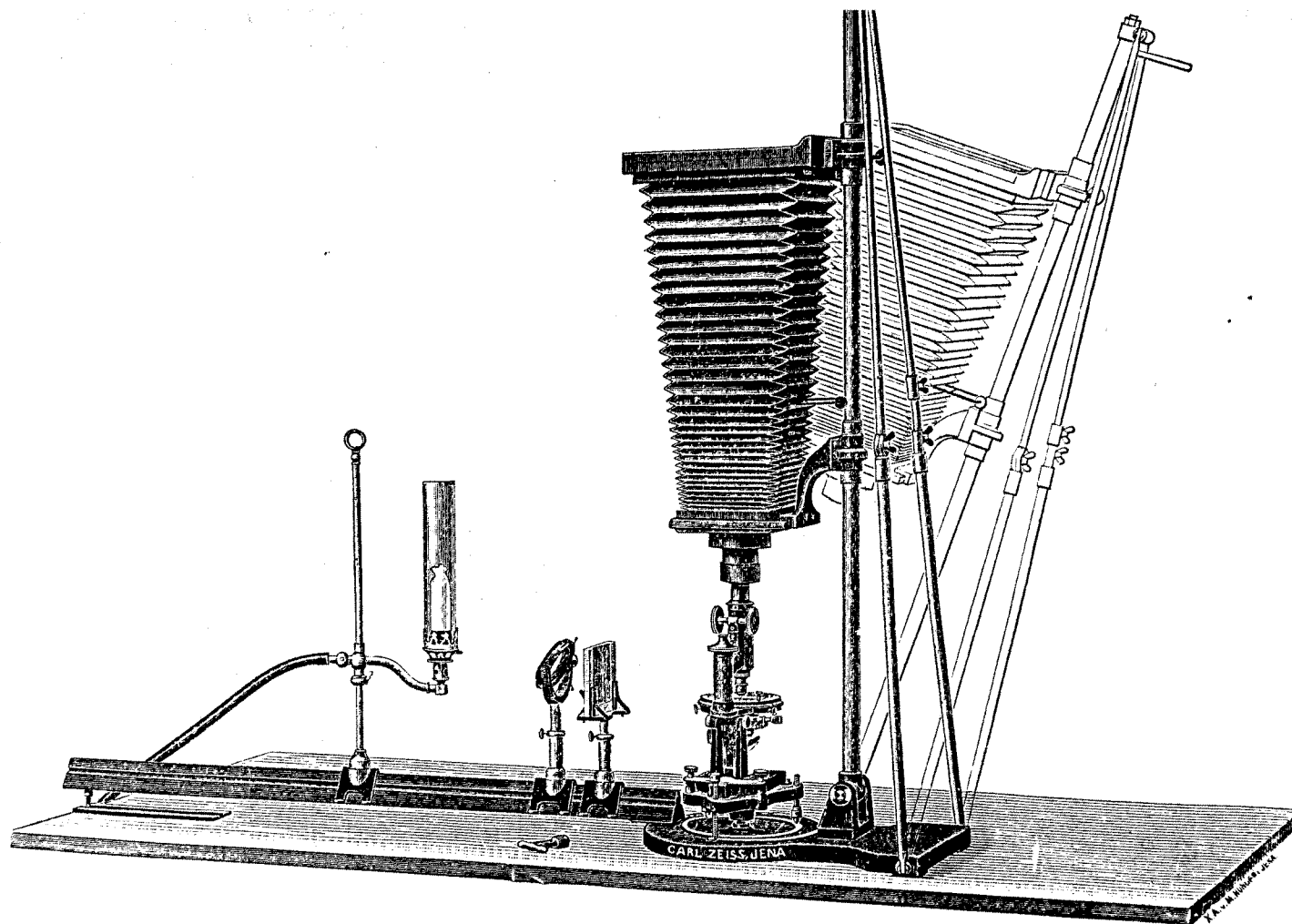


Fig. 119. — Appareil microphotographique disposé verticalement ou obliquement.

supportant cet équipage (dont les figures 118, 119 donnent une idée) doit être d'une stabilité parfaite.

Dans le premier cas (objectif seul employé), la plaque peut être posée (gélatine en dessous) sur le sommet du tube, ceci à la lumière rouge, et le tout coiffé d'une boîte opaque; le diamètre de l'image sera évidemment celui du tube, c'est-à-dire de 3 à 4 centimètres. Si c'est une chambre qui est montée sur le tube (et il est facile d'en fabriquer soi-même une en bois léger ou en carton), le tirage de la chambre sera plus long pour un plus fort grossissement à obtenir : pour avoir une image de plus en plus grande, il suffit de rapprocher l'objectif de l'objet et de l'éloigner de la plaque; mais on ne gagne en amplification qu'aux dépens de la netteté, comme nous l'avons dit. Nous avons aussi parlé des *microplanars* spéciaux pour la photographie, ayant 2 à 5 centimètres de focale. On ne dépassera pas le grossissement de 100 diamètres avec un objectif seul.

Dans le 2<sup>e</sup> cas, on remplace l'oculaire (convergent) par une lentille concave (Foucault, 1844), qui augmente la divergence du cône lumineux sortant de l'objectif, et donne ainsi une image plus grande ou permet, à égalité de grossissement, de diminuer la longueur de l'ensemble. Cette combinaison est en somme celle qui constitue le *téléobjectif* pour la photographie au loin (p. 64). Elle est relativement peu employée. Il est très désirable que la lentille divergente soit elle aussi achromatique, à moins d'opérer en lumière bleue ou violette.

Si le microscope est muni de son oculaire normal (3<sup>e</sup> cas), l'image sera également plus grande pour le même éloignement de la plaque sensible, ou le tirage plus court à grossissement égal. Cette combinaison, qui réduit l'installation au minimum d'encombrement, et n'utilise que l'outillage ordinaire, a encore l'avantage de faciliter l'application alternative de l'observation visuelle et de la reproduction photographique<sup>1</sup>. Le sujet à étudier est d'abord placé, comme

1. Il semble au premier abord que le microscope qui est au point pour l'œil normal, ne peut l'être pour la photographie, puisque cette dernière reçoit une image réelle alors que l'œil voit dans l'oculaire une image virtuelle. En fait, un *très léger* changement dans la mise au point augmente suffisamment l'écart entre l'oculaire et l'image réelle formée par l'objectif pour que cette image soit en deçà du foyer oculaire. Elle est alors reprise par l'oculaire qui en donne une projection réelle, agrandie et renversée par rapport à ce qu'était d'abord l'image, c'est-à-dire finalement *redressée* comme

d'habitude, entre deux lames de verre, sur le porte-objet. On l'examine, en mettant l'œil à l'oculaire, et, lorsqu'on y découvre quelque détail intéressant dont on tient à conserver l'image, on n'a qu'à ajuster la petite chambre noire au microscope, sans déplacer l'objet. On met au point en regardant le verre dépoli, et l'on expose la plaque sensible.

Il est évident que l'oculaire doit être achromatisé pour projeter les radiations bleues violettes (chimiques) dans le même plan que celles (jaunes) qui ont servi à l'œil à mettre au point. Les oculaires visuels étant calculés pour donner sans aberrations des images virtuelles<sup>1</sup>, ne donnent ici que de médiocres résultats, à moins de se limiter à un champ restreint. On a donc calculé et construit des oculaires spéciaux, dits à *projection*, beaucoup plus satisfaisants. Un tirage permet même de faire varier l'écartement de leurs lentilles selon que la plaque sera plus ou moins écartée de l'oculaire, en vue d'obtenir un grossissement plus ou moins fort; cela en vue de conserver toujours le maximum de corrections. Il grossit généralement de 2 à 6 fois l'image réelle primitive.

Enfin Vogel dès novembre 1862 a utilisé (4<sup>e</sup> dispositif) la combinaison d'une chambre à objectif photographique et d'un microscope : ce dernier, une fois mis au point pour un œil normal et au repos, donne par conséquent une image qui est perçue nettement par un œil accommodé pour l'infini : ce que voit l'œil dans ces conditions, l'objectif photographique mis au point sur l'infini le voit aussi. Il suffira donc, la chambre photographique étant au point pour un objet très éloigné, d'en placer l'objectif au-dessus de l'oculaire et à peu près au contact, là où était l'œil, avec la seule précaution de centrer parfaitement ces deux pièces optiques — et, comme toujours,

---

l'objet : alors que l'œil mis à l'oculaire voit l'objet à l'envers. La théorie de la vision dans l'oculaire, et même dans la loupe, est d'ailleurs singulièrement plus compliquée que ne le laissent entendre les traités de Physique.

1. Pour les faibles amplifications, l'oculaire de Huygens — le plus répandu — est satisfaisant; pour de plus fortes, le Ramsden est préférable (ses deux lentilles ont leurs faces convexes tournées l'une vers l'autre, et le diaphragme n'est pas placé entre elles). Comme pour les objectifs, les plus puissants sont à lentilles de petit diamètre, plus courts, et désignés au catalogue par les numéros les plus élevés. Les oculaires *compensateurs*, établis pour être employés avec les objectifs apochromatiques, donnent des résultats meilleurs, vu leur achromatisme.

d'éviter toutes vibrations et rentrées de lumière extérieure<sup>1</sup>. Il est désirable que l'oculaire soit corrigé pour la projection, les deux objectifs bien achromatiques, et, pour plus de sûreté, l'éclairage monochromatique. On dépasse, dans ces conditions, le grossissement de 2 000.

Ce procédé a été « redécouvert » plusieurs fois par divers auteurs de bonne foi (Fagel, 1877; Thomas et Bellieni, 1905). Il supprime la modification de la mise au point et permet de laisser le microscope réglé pour l'examen visuel. Il est ainsi extrêmement facile de passer alternativement de l'étude visuelle à l'opération photographique, et *vice versa*.

L'inconvénient de l'oculaire est que ses lentilles absorbent une plus ou moins grande quantité de lumière. Il faut alors augmenter le temps de pose ou recourir à un éclairage beaucoup plus intense. En outre, pour éviter toute réflexion sur les parois intérieures du microscope, réflexions qui ne se produisent pas lorsqu'on se sert de l'objectif seul, il est nécessaire d'interposer un diaphragme vers l'extrémité du tube. Un autre moyen d'empêcher ces réflexions déterminées par les rayons marginaux et dont l'effet est de donner une image confuse et une tache centrale, est de remplacer le tube ordinaire par un tube plus large. C'est pour ce but que la maison Zeiss construit des microscopes dont le tube a 49 millimètres de diamètre intérieur. A sa suite tous les constructeurs tendent, depuis quelques années, à employer des tubes courts et de gros diamètre qui seuls permettent d'utiliser tout le champ des objectifs de grande longueur focale, tels que les *microsummars* (Leitz), les *microplanar* (fig. 116) et autres anastigmats.

**Eclairage.** — La lumière diffuse, généralement suffisante pour l'observation directe, est rarement appliquée à la microphotographie, parce qu'elle nécessite une pose trop longue. Le plus souvent, on utilise une source de lumière artificielle, d'autant plus intense qu'il s'agit d'obtenir un grossissement plus fort. Jusqu'aux plus forts grossissements, les lampes électriques à incandescence

---

1. Si le microscope peut s'incliner jusqu'à l'horizontale, l'ensemble sera beaucoup plus stable, en général, que si le tout est en hauteur. On peut aussi relier la chambre horizontale au microscope vertical, par l'intermédiaire d'un miroir ou prisme à 45°. Le simple retrait ou basculement de celui-ci permet de mettre l'œil à l'oculaire pour revenir à l'observation visuelle.

courantes suffisent (les lampes blanc-émail, paraissant opaques au jour, sont les plus recommandables à cause de la surface lumineuse très homogène qu'elles présentent). Il ne faut pas oublier que, pour intense que doive être l'éclairage, il sera concentré sur une surface infime, très inférieure à 1 millimètre carré pour les forts grossissements. L'arc minuscule de certaines lampes (*pointolites*) donne des résultats parfaits à cause de sa brillance et de son aspect ponctiforme, mais pour bien l'utiliser il faut un réglage délicat de sa position par rapport au miroir ou condensateur.

L'objet est ordinairement éclairé par transparence : la lumière s'y trouve concentrée à l'aide d'un miroir concave disposé au-dessous du porte-objet. Pour les fortes amplifications, on y ajoute un condensateur, groupe de lentilles supplémentaires qui s'adapte sous le porte-objet<sup>1</sup>. Les préparations destinées à la micrographie (coupes de tissus animaux ou végétaux, microbes, etc.) sont très souvent colorées, de manière à détacher plus nettement certains détails sur le fond transparent. Suivant la couleur employée à cet effet, il sera parfois nécessaire d'avoir recours aux plaques orthochromatiques, combinées avec un écran coloré.

Certaines substances sont trop opaques pour se prêter à l'éclairage par lumière transmise. Même réduites en coupes aussi minces que possible, elles ne présenteraient pas encore la diaphanéité nécessaire. C'est le cas, notamment, pour les métaux et pour certains minéraux, qui exigent l'emploi d'*objectifs illuminateurs*. Le faisceau lumineux pénètre d'abord dans le tube du microscope par une ouverture latérale. Un prisme à réflexion totale le dirige vers l'objectif, qui le concentre sur l'objet.

Quel que soit le mode d'éclairement, il faut veiller à ce que la lumière arrive régulièrement sur toute la surface à impressionner. On s'en assurera en examinant le verre dépoli, sur lequel la projection devra présenter une surface circulaire uniformément brillante. La mise au point s'effectue d'abord approximativement, en modifiant le tirage de la chambre, ce qui change le grossissement;

---

1. Si la lumière n'est pas colorée comme il est dit ci-dessous, il y aura grand avantage à employer un condensateur achromatique. « Si le choix de l'objectif et de l'amplificateur est de première importance pour obtenir une bonne image, leurs qualités seraient annihilées par un éclairage défectueux » (GALLICE).



puis d'une façon beaucoup plus précise en manœuvrant la crémaille du microscope et enfin la vis micrométrique.

Si le foyer optique ne coïncide pas avec le foyer chimique, on y remédie en faisant usage de lumière monochromatique. A ce effet, on interpose sur le trajet des rayons lumineux un verre teinté ou, ce qui est préférable, une cuve en verre à faces parallèles rempli d'un liquide coloré, tel que l'acide picrique, le bichromate de potasse le sulfate de cuivre, etc. Il est à observer que les détails les plus fins tels que les stries de certains *tests* (carapaces de Diatomées, etc.) seront plus nets dans la lumière bleue ou violette que dans la jaun ou orangée, de longueur d'onde plus grande.

Le temps de pose est de l'ordre de quinze à soixante secondes pour de faibles grossissements, de cinq à quinze minutes pour de fort (ampoule de 50 bougies).

**Limites du grossissement.** — Nous avons dit que le microscope ne peut dépasser comme grossissement vraiment utilisabl 2 000 ou 2 500 quand on y ajoute l'oculaire. Pour obtenir de grossissements supérieurs, il faut avoir recours à des disposition spéciales.

En effet, le pouvoir du microscope a des bornes strictement limitée par la nature même de la lumière : si l'on essaye de les franchir, on n gagne en amplification qu'au détriment de la netteté, et, loin de fair apparaître des détails plus fins, on n'obtient que des images de plu en plus confuses. C'est qu'en réalité l'image de chaque point lumineux fournie par un instrument d'optique même supposé parfa n'est pas un point, mais bien une tache circulaire entourée d'anneau concentriques, d'ailleurs très petits. Si l'on pousse l'amplificatio jusqu'à mettre en évidence cette structure complexe, les images de divers points contigus s'enchevêtrent et cessent d'être distincte. Toutefois, la photographie a ici un nouvel avantage sur l'œil humain. Ces taches, ces anneaux concentriques, n'ont pas tous les même dimensions : ceux qui proviennent des radiations rouges sont plu larges que ceux des jaunes; ceux-ci à leur tour sont moins resserr que les verts et que les bleus, proportionnellement aux longueur d'ondes des radiations correspondantes (V. le tableau de la page 480). Les plus étroits, pour l'observation visuelle, sont ceux qui sont form par les rayons violets. Il suit de là que la limite de résolution de fines structures peut être poussée d'autant plus loin qu'on les éclai

par des rayons de plus petite longueur d'onde. Ainsi s'explique l'utilisation des rayons ultra-violets, que notre œil ne voit pas, mais qui impressionnent la plaque photographique ou rendent lumineuses certaines substances dites *fluorescentes* (esculine, quinine, fluorescéine, etc.).

La réalisation pratique de la microphotographie en lumière ultra-violette présentait de sérieuses difficultés, heureusement résolues, en 1904, par le Dr A. Köhler, d'Iéna. Les lentilles du microscope étudié par von Rohr et construit par Zeiss, sont composées de quartz pur fondu, le verre ordinaire étant peu transparent pour l'ultra-violet. Elles n'ont d'ailleurs à être corrigées que de l'aberration sphérique, l'application d'un éclairage monochromatique rendant tout à fait négligeable l'aberration de réfrangibilité. Les rayons ultra-violets sont produits par une étincelle électrique qui jaillit entre des électrodes de cadmium. La mise au point s'effectue sur un écran fluorescent que l'on examine à l'aide d'un système optique en cristal. Le liquide à immersion pour l'objectif est de la glycérine étendue. Les lames porte-objet et couvre-objet ne sont pas en verre ordinaire, mais en verre *Uviol* ou en quartz. Enfin pour arrêter le moins possible l'ultra-violet, on a été jusqu'à faire le vide dans le tube du microscope, et à utiliser des plaques sensibles sans gélatine, opaque à l'ultra-violet (Schumann). Duclaux et Jeantet ont employé aussi des plaques enduites d'huile de vaseline, qui devient fluorescente.

Cette méthode permet de pousser le grossissement jusqu'à 3 600 diamètres. Le pouvoir résolvant atteint le double de celui que donnerait, sous les radiations visibles, un objectif d'égale ouverture numérique. En outre, les radiations ultra-violettes révèlent l'existence de détails que la lumière ordinaire ne ferait pas soupçonner, même si le grossissement était suffisant, parce qu'un grand nombre de préparations organiques fraîches ou fixées accusent des différences de transparence considérables suivant les radiations qui les éclairent, et se comportent, en lumière ultra-violette, absolument comme des objets différemment colorés, bien qu'elles soient incolores en lumière blanche. Toutefois, la petitesse de la longueur d'onde donne une importance particulière aux moindres franges d'interférence.

\*  
\* \* \*

**Ultramicroscopie.** — Un autre moyen de voir l'invisible est l'*ultramicroscope* créé, en 1903, par deux Allemands, Siedentopf et Zsigmondy, et particulièrement étudié en France par MM. Cotte et Mouton. Ce mode d'investigation est fondé sur ce fait qu'un objet extrêmement petit peut devenir visible, sous la triple condition d'être lumineux, de se détacher sur un fond obscur et d'être suffisamment éloigné des autres points lumineux. Ce n'est pas l'objet lui-même qu'on voit, mais le halo lumineux qui se forme autour de lui par *diffraction* : de même nous voyons non pas les étoiles mêmes — le diamètre apparent de l'astre proprement dit étant des centaines de milliers de fois trop petit pour former une image appréciable par les éléments nerveux de notre rétine — mais un complexe de taches lumineuses formant une surface apparente suffisamment vaste. Les particules *ultra-microscopiques*, inférieures en diamètre à une demi-longueur d'onde, donc d'un quatre-millième de millimètre et au

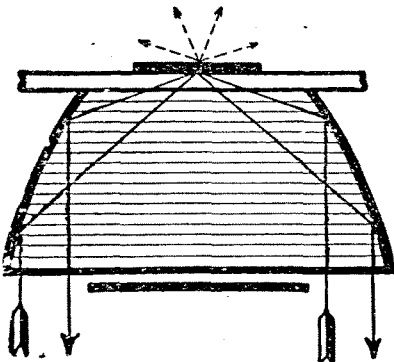


Fig. 120. — Condensateur-réfecteur parabolique à fond noir (par écran central de Wenham).

dessous, deviennent le siège de ces perturbations optiques, qui indiquent la présence d'un corpuscule diffractant.

Dans l'*ultramicroscope* Siedentopf-Zsigmondy construit par la maison Zeiss, une lampe à arc de 30 ampères éclaire les objets microscopiques, non plus parallèlement à l'axe optique mais perpendiculairement à cette direction, ou très obliquement. La figure 120 montre de quelle manière les rayons lumineux sont dirigés vers le porte-objet par un condensateur parabolique dans le cas où le faisceau

lumineux est envoyé dans l'axe du tube et non perpendiculairement. Aucun rayon lumineux direct ne pénètre dans le tube du microscope, et les objets les plus menus apparaissent nettement, brillants sur fond obscur, à la façon des poussières.

suspension dans l'air au milieu d'une chambre où pénètre un rayon de soleil<sup>1</sup>.

Un assez grand nombre de dispositifs à centre obscur et à bords éclairants ont été imaginés (Zeiss, Nacet)... Leur réglage et leur emploi comportent des détails qui n'ont pas leur place ici.

Le D<sup>r</sup> Comandon a utilisé cette combinaison pour cinématographe, à raison de 32 poses par seconde, des êtres prodigieusement petits, tels que ceux qui vivent dans le sang des animaux, organismes que l'on n'avait pu jusqu'ici étudier qu'après les avoir colorés et par conséquent tués. L'ultramicroscope rend ainsi des services inespérés aux biologistes, en leur permettant d'observer vivants divers microbes qui échappaient auparavant à leurs études. Conjugué avec le cinématographe, qui donne l'illusion parfaite de la réalité, le nouvel instrument a révélé au public un nouveau monde, le monde des infiniment petits.

#### OUVRAGES A CONSULTER

- GALIPPE et BEAUREGARD, *Guide pratique des travaux de micrographie*, Paris (Masson), 1888.
- H. VIALLANES, *La Photographie appliquée aux études d'anatomie microscopique*, Paris (Gauthier-Villars).
- H. VIALLANES, *Microphotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1886.
- KAISERLING, *Lehrbuch der Mikrophotographie*, Berlin, 1903.
- L. MATHET, *Le Microscope et son Application à la photographie des infiniment petits*, Paris (Ch. Mendel).
- F. MONPILLARD, *La Microphotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- F. MONPILLARD, *Macrophotographie et Microphotographie*, Paris (G. Doin), 1926. Cet ouvrage se termine par une bibliographie très complète.
- NEUHAUSS, *Lehrbuch der Mikrophotographie*, Halle (Kapp), 1907.
- R. ZSIGMONDY, *Colloids and the Ultramicroscope*, New-York (John Wiley and Sons), 1909.
- M. LANGERON, *Précis de Microscopie*, Paris (Masson et C<sup>ie</sup>), 1914, 2<sup>e</sup> édition, 1916.

---

1. Il y a d'ailleurs lieu de distinguer le véritable *ultra-microscope*, qui fait intervenir les phénomènes de diffraction, s'applique à des objets souvent inférieurs au dix-millième de millimètre et n'en donne pas le contour, et le simple *éclairage rasant sur fond noir*, employé pour détacher en une auréole lumineuse des objets incolores.

- HIND and KANDLES, *Handbook of Photomicrography*, London (Routledge), 1913.
- A. COTTON et MOUTON, *Les Ultramicroscopes*, Paris (G. Masson), 1906.
- GUILLET et PORTEVIN, *Précis de Métallographie microscopique*, Paris (Dunod), 1917.
- G. CARTAUD, *La Métallographie microscopique*, Paris (*Rev. génér. des Sciences*, 1902).
- R. NEUHAUSS, *Anleitung zur Mikrophotographie*, 2<sup>e</sup> édition, Halle a. S. (W. Knapp).
- W. BAGSHAW, *Elementary Photomicrography*, London (Haffé et Son), 1911.
- J.-E. BERNARD, *Practical Photomicrography*, London (Arnold), 1911.
- G. GALLICE, *L'Optique du Microscope et la Mégalophotomicrographie*, Paris (Mazo), 1924.
-

## CHAPITRE XXVI

## LA PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE

**Généralités.** — Le rapport que François Arago lut à la Chambre des députés, à l'époque où l'invention de Niepce et de Daguerre allait devenir l'objet d'une récompense nationale, faisait déjà prévoir le progrès qui allait en résulter dans l'étude des autres : « La préparation sur laquelle M. Daguerre opère est un réactif beaucoup plus sensible à l'action de la lumière que tous ceux dont on s'était servi jusqu'ici. Jamais les rayons de la lune, nous ne disons pas à l'état naturel, mais condensés au foyer de la plus grande lentille, au foyer du plus large miroir réfléchissant, n'avaient produit d'effet physique perceptible. Les lames de plaqué préparées par M. Daguerre blanchissent au contraire à tel point sous l'action de ces mêmes rayons et des opérations qui lui succèdent, qu'il est permis d'espérer qu'on pourra faire des photographies de notre satellite. C'est dire qu'en quelques minutes on exécutera un des travaux les plus longs, les plus minutieux, les plus délicats de l'astronomie. »

Ces prévisions sont aujourd'hui amplement réalisées; mais, en 1839, l'enthousiasme du public et du monde savant pour la nouvelle découverte pouvait seul les justifier. La lenteur des premiers procédés s'aggravait, en effet, de l'impossibilité de différer le développement de l'image latente, et la reproduction de la plupart des astres était à peu près impossible à réaliser d'une manière utile à la science.

Il est vrai que, quelques mois à peine après la découverte de la photographie, J.-W. Draper, en Amérique, réussissait à prendre un daguerréotype de la lune; mais ce n'était là qu'une image bien petite et fort peu détaillée, sans aucune valeur documentaire. Malacarne, à Venise, en exécutait plusieurs en 1845. Ce n'est qu'en 1849 que W.-C. Bond, directeur d'Harvard College, obtenait la première

reproduction daguerrienne de la lune vraiment satisfaisante et dignes de figurer à l'Exposition de 1851.

Quant à la photographie solaire, elle remonte à l'éclipse du 8 juillet 1842 : peu avant la disparition totale de l'astre, Majocchi, à Milan, exécutait un daguerréotype sur lequel se montrait nettement le mince croissant lumineux. La première photographie complète du soleil fut obtenue, en 1/60 de seconde, le 2 avril 1845, par Fize et Foucault. On peut en voir une excellente reproduction en héliogravure dans les *Œuvres complètes* d'Arago.

Avec le collodion, ces mêmes astres furent copiés avec une remarquable perfection; on photographia aussi les plus brillantes étoiles et il devint même possible de fixer quelques-uns des principaux détails des disques planétaires, comme les bandes de Jupiter, l'anneau de Saturne et les neiges polaires de Mars. Ces résultats dus principalement à Whipple, à Warren de la Rue, à Airy, à Gruhler, au P. Secchi, à Rutherford, ont été singulièrement dépassés, depuis la création des plaques au gélatinobromure. La fin du XIX<sup>e</sup> siècle marquera, dans l'histoire de l'astronomie, une étape aussi importante que l'application des lunettes et des télescopes à l'étude du ciel. Actuellement, la photographie tend à se substituer de plus en plus aux observations oculaires, et l'adoption de cette méthode s'explique aisément.

La plaque sensible a, sur l'œil humain, une merveilleuse supériorité. Ce que notre œil n'a pas pu distinguer après un instant d'attention, il ne le verra jamais. Que l'on observe à l'œil nu, dans un télescope, s'il s'agit d'un objet trop éloigné ou trop peu lumineux, on ne gagne rien à prolonger l'observation : au contraire l'œil se fatigue et perd de plus en plus sa puissance de pénétration. Il en est tout autrement pour la plaque photographique : ce qu'on appelle « rétine du savant », comme l'a si justement surnommée Janssen, a le don de voir l'invisible, pourvu qu'on lui en laisse le temps parce qu'elle accumule presque indéfiniment l'impression lumineuse de telle sorte que les radiations les plus faibles, en s'ajoutant successivement les unes aux autres, finissent à la longue par y déterminer une réduction suffisante pour être révélée au développement.

Cette propriété caractéristique, si différente de celle de notre organe visuel, suffirait amplement à justifier l'adoption de la photographie dans les observatoires. Mais la plaque sensible a d'aut

titres encore à la faveur croissante dont elle jouit auprès des astronomes : c'est, d'abord, la rapidité avec laquelle elle analyse et fixe les détails les plus minutieux et les plus fugitifs, avantage qui se double du loisir indéfini que laisse ensuite le cliché pour l'étude et les mesures sur l'image : c'est dans le silence et la tranquillité du cabinet de travail que l'on consulte les données recueillies par l'objectif, et souvent des mois entiers d'études et de calculs ne suffisent point à épuiser tous les renseignements condensés sur une seule plaque. Il faut ajouter que le tirage des épreuves permet de répartir ce travail entre de nombreux astronomes, et aussi de diffuser à l'extrême les documents dans le monde.

C'est, ensuite, l'exactitude et la sûreté de ses indications. Un dessin, quelque habile et consciencieux qu'en soit l'auteur, est toujours plus ou moins une œuvre d'interprétation et de mémoire, surtout pour les détails difficilement visibles. On a souvent remarqué que deux astronomes observant tour à tour le même astre dans le même instrument en donnaient des croquis sensiblement différents. Et d'ailleurs, la concordance même des dessins n'est pas une garantie de fidélité, car l'observateur peut être influencé par des jugements antérieurs. La photographie, au contraire, échappe à toutes les influences, physiologiques ou morales, qui peuvent faire dévier la main ou le jugement de l'artiste, et ses témoignages restent toujours susceptibles d'être contrôlés, comme on le fait d'ailleurs le plus possible, par la répétition des poses.

Enfin, l'étude des documents photographiques a, sur l'observation directe, l'immense avantage de pouvoir dépasser le pouvoir de la rétine, insensible à certaines radiations (ultra-violettes), peu sensible à d'autres. Bien que l'atmosphère et aussi le verre des objectifs ainsi que la gélatine des plaques, aient un effet absorbant sur certaines, on a là une extension notable des procédés usuels d'investigation optique. La spectrographie sur plaques s'étend ainsi beaucoup plus loin que la spectroscopie visuelle.

Tout comme pour le microscope, on peut employer, pour la photographie astronomique, quatre procédés : 1° Un objectif seul, à aussi longue distance focale que possible, ce qui a l'inconvénient de donner des instruments très encombrants. Le Soleil ou la Lune, dont le diamètre apparent moyen est également de 31', donnent au foyer une image qui a presque exactement 1 centimètre de diamètre par



mètre de longueur focale. Un verre de besicles n° 48, qui a 48 pouces (1<sup>m</sup>,20) de focale, donne donc une image de 12 millimètres, qui si elle est bien nette (employer, pour annihiler l'aberration chromatique, un verre bleuté par adjonction d'une fine pellicule tendue de cellophane colorée) sera aisément agrandie 3 à 4 fois en diamètre.

2° Un objectif allié à un verre divergent placé derrière lui à une certaine distance : c'est le téléobjectif (p. 64), qui demande beaucoup moins de tirage qu'un objectif seul, à image de même diamètre.

3° Une lunette complète, objectif + oculaire convergent, ce dernier donnant une image réelle et redressée.

4° Un appareil photographique dont l'objectif, réglé sur l'infini, est au contact de l'oculaire d'une lunette, également mise au point sur l'astre pour un œil normal au repos.

Dans ces trois derniers dispositifs, le centrage des diverses pièces optiques doit être parfait, et le tout inébranlable. Sauf le cas de l'instantané rapide (Soleil), il est évident que l'appareil doit être sur une monture qui puisse suivre très exactement le mouvement de l'astre pendant la pose, avec une lunette-viseur comme guide.

**Photographie du soleil.** — La vive luminosité de cet astre et l'extrême pouvoir photochimique de ses radiations, en ont de bonne heure rendu facile la reproduction fidèle et très détaillée. Il n'y a pas à se préoccuper, dans cette application de la méthode photographique, des déplacements occasionnés par le mouvement diurne (mouvement apparent de la voûte céleste, résultant du mouvement réel de la terre), car une pose extrêmement courte suffit pour créer un cliché parfaitement fouillé, même avec un objectif de faible diamètre, et même en employant des plaques très peu sensibles. D'ailleurs, pour avoir des images plus finement détaillées, on a souvent recours au collodion. Les amateurs emploieront avantageusement des plaques diapositives.

A l'Observatoire de Meudon, le soleil est photographié tous les jours, quand l'état du ciel le permet. L'objectif, construit par Prazmowski, n'a que 135 millimètres de diamètre, avec une longueur focale de 2 mètres. L'image qui se forme à son foyer, n'ayant que 2 centimètres de diamètre, est amplifiée par une lentille qui projette sur la plaque sensible un disque solaire dont le diamètre atteint 30 centimètres. Un obturateur rapide réduit le temps de pose à 1/3 000 de seconde : cet instant si bref suffit pour enregistrer toute

les taches, les facules, les lucules et les granulations de la photosphère. Les clichés sont d'ailleurs assez finement détaillés pour supporter une nouvelle amplification. A l'Exposition universelle de 1900 figuraient de remarquables agrandissements exécutés à Meudon. Les plaques au collodion mesuraient 1<sup>m</sup>,50 de côté; c'étaient d'épaisses glaces pesant chacune 38 à 40 kilos. La cuvette, pesant elle-même 193 kilos, contenait 48 litres de bain d'argent pour la sensibilisation. D'autres observatoires sont consacrés spécialement, comme celui de Meudon, à l'héliographie, tel celui de Kodaikanal, dans l'Inde.

La photographie conserve l'image des *taches* noires, groupées en

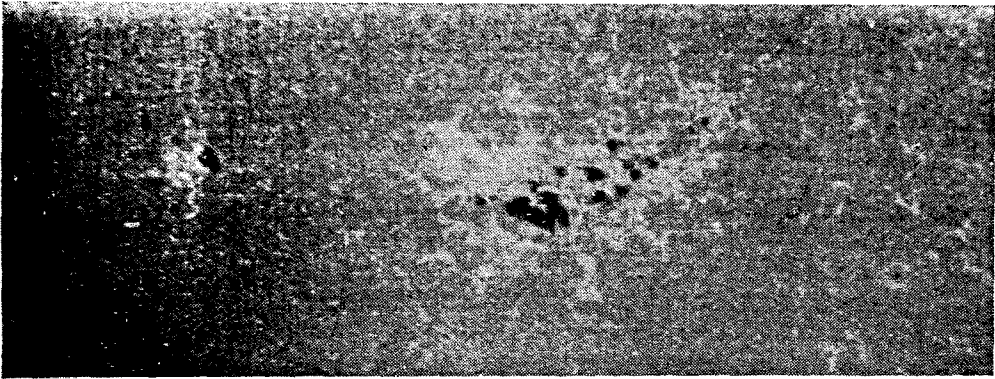


Fig. 121. — Photographie d'une portion du disque solaire voisine du bord. On voit à gauche une tache, plus à droite une plage brillante (facule).

nombre variable et souvent beaucoup plus grandes que la Terre, et des *facules*, régions brillantes de la surface.

La répartition, la périodicité, etc., de ces taches, facules et protubérances, paraît avoir une influence, encore mal débrouillée, sur le magnétisme terrestre, et sur la météorologie de notre globe. L'étude systématique et suivie de la surface solaire présente donc une importance de premier ordre.

Le globe solaire est entouré de couches gazeuses dont l'observation n'était jadis possible que pendant les rares et fugitifs instants des éclipses totales. On apercevait alors, autour du disque noir de la lune, les protubérances roses de la *chromosphère*, autour de laquelle s'étendait la *couronne*, çà et là prolongée par de longues aigrettes blanches, de forme et d'étendue variables suivant les époques.

Actuellement, l'atmosphère solaire est constamment accessible à l'observation par la spectrographie, basée sur un principe découvert en 1868 par Janssen et Lockyer. Si l'on dirige un spectroscopie sur l'un des bords du disque solaire, on distingue deux spectres juxtaposés, très différents l'un de l'autre : celui de la photosphère est une bande brillante coupée de raies noires, tandis que celui des protubérances gazeuses est formé de raies brillantes se détachant sur un fond obscur. Comme la lumière ne pénètre dans le spectroscopie que par une fente étroite, l'éclat du premier spectre est assez

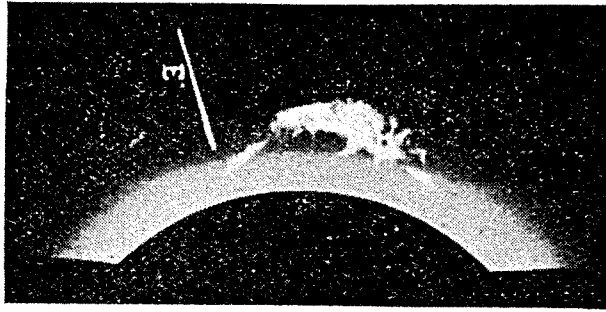


Fig. 122. — Une protubérance solaire photographiée pendant une éclipse totale, qui masque la sphère solaire proprement dite. Ces protubérances éruptives peuvent être beaucoup plus grandes que la Terre.

atténué pour laisser apercevoir le second, dont l'intensité est indépendante de la largeur de la fente, car il est constitué par des radiations concentrées en lignes très étroites. En déplaçant peu à peu l'instrument, il est facile de délimiter les contours des protubérances, en repérant les limites de leur spectre, et de reconstituer leur forme exacte par des coupes successives. En communiquant un mouvement oscillatoire au spectroscopie monté sur une chambre noire, on obtient une image continue des protubérances, dont la photographie enregistre ainsi les variations incessantes. Les appareils combinés à cet effet portent le nom de *spectrohéliographes* : leur emploi se généralise de plus en plus, dans les grands observatoires. Certains de ces appareils fonctionnent sans qu'il soit nécessaire de les déplacer pendant la pose : ils donnent ainsi la reproduction simultanée de l'atmosphère solaire tout entière, simplement en ne laissant agir

sur la plaque sensible que les radiations d'une longueur d'onde strictement limitée. Par les clichés qu'ils fournissent, il est maintenant très facile d'étudier à loisir des phénomènes très importants par la relation qu'ils paraissent avoir avec la météorologie terrestre, et que l'on ne pouvait autrefois qu'entrevoir à la hâte, de loin en loin.

Enfin, signalons que tout récemment M. Bernard Lyot a découvert une méthode permettant de photographier la *couronne* solaire tout entière en dehors des éclipses, c'est-à-dire en tout temps : problème qui avait hanté les observatoires solaires pendant trois quarts de siècle. M. Lyot se basant sur des particularités optiques de l'atmosphère solaire, a pu éteindre les portions de cette atmosphère formant des nébulosités près du bord de l'astre, lesquelles diffusaient la lumière propre, beaucoup plus faible, de la couronne. Il masque pour cela le disque solaire par un écran opaque circulaire, et observe dans l'atmosphère pure et diluée du Pic du Midi (2 860 mètres).

**Photographie de la lune.** — La photographie de notre satellite est devenue, depuis quelques années, une opération relativement facile, du moins lorsqu'on se contente d'images de faibles dimensions, car dans ce cas le temps de pose se trouve réduit à moins d'une seconde, si l'on se sert de plaques extra-rapides. La plupart des grands observatoires ont exécuté de nombreuses reproductions de la lune, et plusieurs amateurs d'astronomie obtiennent même, dans cette voie, des résultats intéressants, bien qu'ils soient loin d'atteindre la valeur du magnifique Atlas que nous devons à la collaboration de Maurice Lœwy et de P. Puiseux. « Je ne crois pas être aveuglé par la fierté patriotique, dit M. H. Poincaré<sup>1</sup>, en déclarant que ces planches sont très supérieures à ce que l'on a fait d'analogue à l'étranger. Ce n'est certes pas à la pureté du ciel parisien ni à la puissance de l'instrument que nous le devons. C'est d'abord à l'habileté des opérateurs, c'est surtout à leur infatigable persévérance. »

L'instrument auquel il vient d'être fait allusion est le grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris, construit en 1889 par M. Gautier. Sur les plaques directement exposées au foyer de la lentille, le disque lunaire a déjà un diamètre de près de 18 centi-

---

1. *Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1908.*

mètres. Bien que le temps de pose ne dépasse pas  $7/10$  de seconde, les grandes dimensions de l'image exigent une compensation rigoureuse des déplacements dus au mouvement diurne. Pour cela, il n'a pas été possible d'utiliser le mécanisme d'horlogerie dont l'équatorial est muni; malgré tout le soin avec lequel il avait été installé, on ne parvenait pas à éviter de fâcheuses vibrations. Il a donc fallu

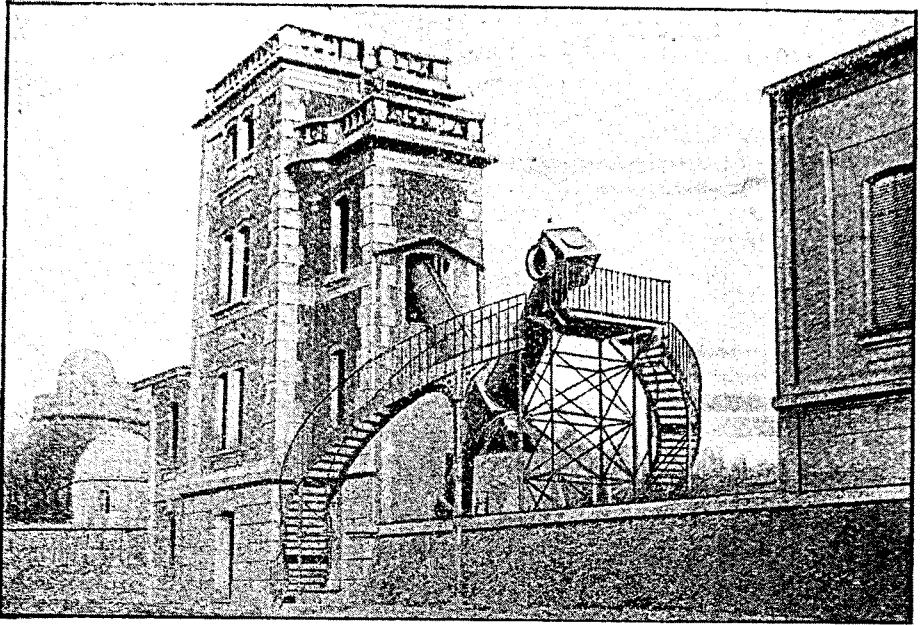


Fig. 123. — Le grand équatorial coudé de 18 mètres de longueur et 0 m. 60 d'ouverture, et son pavillon, à l'Observatoire de Paris. Le poids de la partie mobile est de 12 tonnes.

renoncer à faire mouvoir la lunette elle-même, pendant la pose : ce n'est plus ce poids énorme qui se déplace, c'est le châssis porteur de plaque sensible, légère et plus docile, qui suit exactement, à l'aide de mouvements compliqués, le déplacement apparent de l'astre.

La compensation obtenue de la sorte est si précise que, malgré les déplorable caractéristiques de l'atmosphère couvrant Paris, lorsque l'agitation atmosphérique n'occasionne aucune perturbation, les clichés sont d'une finesse et d'une netteté qui permettent d'amplifier l'image jusqu'à 14 fois son diamètre. On a ainsi exécuté des épreuves sur lesquelles le disque lunaire atteint  $2^m,50$  et où l'on

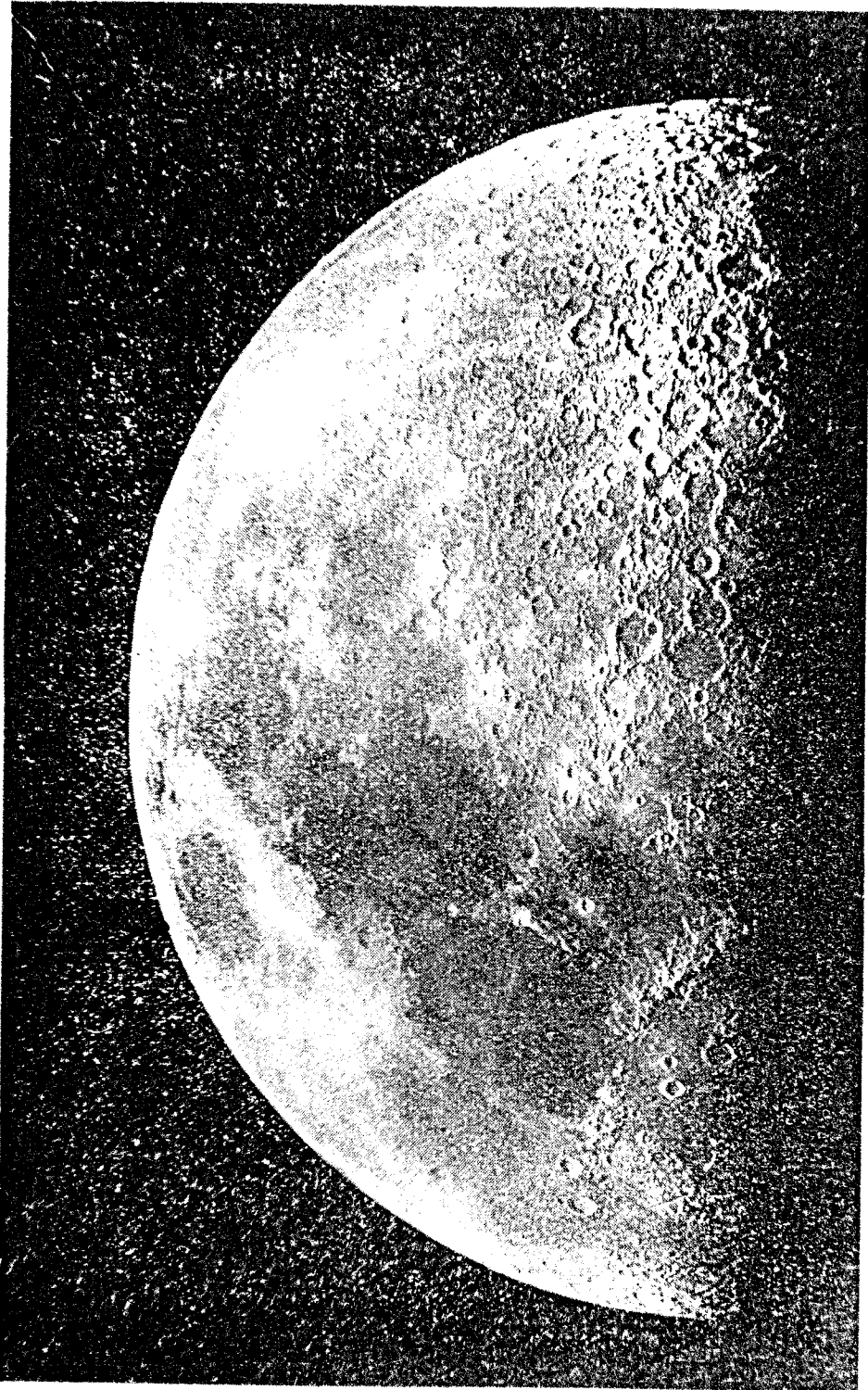


Fig. 125 - Photographie de la Lune au premier quartier (phototypé  
L'Esprit Parisien - 1974). Vue à 0,6° du pôle de la Lune, elle est l'un des  
plus rapprochés de 300 km.

distingue des détails qui, en réalité, ne mesurent pas plus de 400 mètres. Un village, un grand monument même, s'il en existait sur notre satellite, y seraient certainement aperçus. Une réduction de cet atlas (édité en héliogravure) a été éditée en simili par la Société belge d'Astronomie. Depuis, M. Le Morvan a également publié un Atlas en héliogravure dont les planches ont été tirées d'après des clichés choisis dans la collection de ceux de Lœwy et Puiseux.

Malheureusement, les circonstances qui permettent d'arriver à de tels résultats sont extrêmement rares, car les mouvements de l'air, ces bouillonnements, ces vagues tremblottantes que tout le monde a eu l'occasion de remarquer même dans les lunettes terrestres, troublent presque toujours les images photographiques. Ces perturbations échappent à peu près complètement au pouvoir de l'astronome, qui en est réduit à guetter les instants où elles se font le moins sentir. Pour montrer à quel degré leur influence est nuisible, MM. Lœwy et Puiseux faisaient remarquer, en 1898, que pendant quatre années, au cours desquelles ils avaient utilisé toutes les circonstances favorables à l'exécution de leurs photographies, une dizaine de soirées au plus avaient donné des épreuves réellement convenables et susceptibles de supporter un fort agrandissement.

Ce n'est pas tout : même en n'opérant que dans ces rares circonstances favorables, sur dix clichés obtenus il fallait en rejeter neuf, pour ne conserver que ceux dont la netteté était parfaite et qui ne présentaient ni la moindre piqûre ni la moindre tare. Les auteurs de l'Atlas lunaire s'étaient, en effet, interdit toute retouche, de la façon la plus absolue. Ce n'est évidemment qu'à ce prix que l'on peut acquérir un document d'une réelle valeur scientifique.

Du reste, il convient de remarquer qu'un seul cliché parfaitement réussi renferme une abondance de détails que le dessinateur le plus laborieux mettrait plusieurs années à réunir. J. Schmidt avait entrepris, à Athènes, de dresser une carte de la lune : il la commença en 1835 et ne la termina qu'en 1874, après un labeur acharné de trente-neuf ans. En moins d'une seconde, la photographie accomplit aujourd'hui la même tâche, avec plus de sûreté et plus de précision. « D'ici quelques années, dit M. H. Poincaré, nous pourrons savoir si notre satellite est figé dans une définitive immobilité, ou s'il s'y produit de rares changements, comme on l'a affirmé quelquefois, sans en avoir d'autre preuve que la fantaisie d'un dessinateur. »

De nombreux observateurs, en effet, ont signalé à maintes reprises des changements dans la forme de petits cirques ou cratères. Mais il faut évidemment être certain de l'absolue exactitude que pouvaient avoir des dessins précédemment exécutés.

La photographie a permis d'aller plus loin, dans l'étude de la lune, en fournissant un moyen de mesurer les reliefs de son sol, par la stéréoscopie. Notre satellite est animé d'un lent mouvement d'oscillation autour de son centre de gravité : ce balancement est connu sous le nom de *libration*. Il provient principalement de ce que la rotation de la Lune sur elle-même est uniforme, alors que celle de la Lune autour de la Terre ne l'est pas, si en définitive les deux durées s'équivalent. Il en résulte qu'un bord est tantôt en avance et tantôt en retard. On a ainsi l'effet de bascule ou pivotement utilisé (voir p. 508) pour prendre deux vues en relief d'un objet très rapproché. En opérant successivement à deux époques convenablement choisies, on obtient donc deux vues légèrement différentes et qui, examinées dans un stéréoscope, montrent l'astre en relief. Cette méthode avait été appliquée, dès 1851, par Warren de la Rue, mais elle a été reprise il y a quelques années et perfectionnée, si bien qu'elle a permis de calculer la hauteur des montagnes de notre satellite, les dépressions de ses cratères, la profondeur de ses vallées. C'est ainsi que M. Pulfrich, en opérant sur deux épreuves qui lui avaient été communiquées par MM. Lœwy et Puiseux, est parvenu, à l'aide de son stéréo-comparateur (v. p. 530), à dresser des courbes de niveau du sol lunaire, désormais mieux connu que certaines régions de notre propre globe. Il s'agit du moins de la moitié de la surface lunaire, car tout l'autre hémisphère reste perpétuellement invisible pour nous.

Une photographie d'amateur ne peut avoir la prétention de fournir au monde savant des révélations sur la topographie de notre satellite, les clichés des grands observatoires étant forcément bien plus détaillés. Mais lors d'une éclipse, il se peut que le temps n'ait permis la photographie qu'en peu de localités, et les effets d'ombre et de pénombre, très variés sur les plaques à cause des colorations du cône d'ombre, peuvent, s'ils sont bien enregistrés, offrir de l'intérêt. Des essais d'autochromie n'ont jusqu'ici rien donné, vu le peu de luminosité des zones éclipsées. Pour une photographie faite au foyer d'un objectif d'ouverture  $f/8$  à  $f/14$ , la Lune non éclipsée ne demande que  $1/10$  à  $1/40$  de seconde de pose. Avec l'oculaire en place, la pose



est de l'ordre de la demi-seconde, l'appareil doit donc être monté sur lunette-guide équatoriale. Il en est de même pour la combinaison lunette-chambre à objectif, qui peut exiger plus d'une seconde de pose.

Signalons une récréation très intéressante : lorsque la Lune est voisine d'étoiles suffisamment brillantes, on peut photographier tout le champ, puis prendre un nouveau cliché quelque temps après : la Lune se déplaçant parmi les étoiles d'environ un demi-degré par heure (c'est-à-dire de son propre diamètre), la paire de clichés présente un effet stéréoscopique très marqué, qui présente la Lune se détachant en avant du champ des étoiles. Il est indispensable d'employer des plaques anti-halo. On peut de la même façon, et même plus facilement, voir au stéréoscope Jupiter, Saturne ou Mars en relief au-devant du fond étoilé, en séparant les deux prises de vues par un ou deux jours.

Enfin il sera intéressant d'essayer la photographie de la *lumière cendrée* couvrant le disque lunaire lorsqu'il ne présente qu'un très mince croissant.

**Planètes et satellites.** — Appliquée à l'étude de la constitution physique des planètes, la photographie reste, jusqu'à présent, manifestement inférieure à l'observation visuelle. Les images sont ici très petites, car aucun de ces astres ne présente 1' de diamètre apparent, et leur luminosité médiocre ne permet pas l'instantané avec une amplification oculaire. Les mouvements aériens qui troublent et ternissent les images lunaires, prennent ici une importance exagérée, jusqu'à empêcher à peu près complètement de fixer quoi que ce soit des détails découverts sur les disques planétaires. La photographie de Jupiter, de Mars et de Saturne n'est encore pratiquement abordable qu'avec de très grands instruments, installés à une haute altitude, sous un ciel très pur.

Cependant, le peu que nous montrent les photographies des planètes a, sur les dessins antérieurs, l'avantage d'une certitude hors de contestation. C'est ainsi que l'existence des canaux de Mars avait été mise en doute par plusieurs observateurs, qui, ne parvenant pas à les apercevoir, croyaient à un phénomène purement subjectif, à une illusion d'optique. Cette incertitude n'a pris fin que le jour où M. Lowell, réussissant à photographier ces tracés énigmatiques, en a définitivement confirmé la réalité objective.

Mais leur interprétation (tranchées continues pour Lowell, chapelets de taches pour d'autres) ne pourrait être fixée que sur des photographies bien autrement grandes et nettes.

Quant à la forme sphérique des planètes, les opérateurs savent depuis longtemps la mettre en évidence, dans le stéréoscope, à l'aide de photographies exécutées à deux intervalles calculés d'après la vitesse de rotation. Warren de la Rue avait fixé ces intervalles à deux heures pour Mars et à vingt-six minutes pour Jupiter. Deux images de Saturne, prises à trois ans et demi d'intervalle, montrent en relief les anneaux qui entourent le globe planétaire.

La photographie, et particulièrement la stéréoscopie, facilitent singulièrement la recherche des petites planètes qui gravitent entre Mars et Jupiter. Autrefois, la découverte de ces astres exigeait une attention soutenue, une patience peu commune et la faveur d'un hasard assez rare. C'est ainsi qu'en quarante-cinq ans on n'en avait trouvé que 4, puis 200 dans les trente années suivantes. Vers la fin de 1891, Max Wolf, à Heidelberg, se livra à leur recherche au moyen de la photographie : une chambre noire à objectif de longue distance focale est solidement accouplée à une lunette astronomique : celle-ci, montée sur un équatorial, permet de suivre pendant des heures entières que dure la pose, une étoile de la région. Au développement, toutes les étoiles ont marqué de simples points, mais les planètes, s'il y en a, ayant un mouvement propre parmi les étoiles, ont eu le temps, au cours de la pose, de se déplacer un peu entre elles et ont tracé une courte traînée qui se distingue des points. C'est ainsi que Wolf découvrit la 323<sup>e</sup> planète (*Brucia*), et une foule d'autres ensuite. Depuis, la méthode a été perfectionnée; au lieu de régler la marche de l'appareil sur celle des étoiles, on lui donne au contraire celle qu'ont, en moyenne, les planètes recherchées — elles se déplacent lors de leur opposition, d'environ une demi-minute d'arc par heure de pose : ainsi, c'est l'empreinte des étoiles qui devient une légère traînée sur la plaque (1/2 mm. par heure pour les lunettes de la Carte du Ciel), et celle des petites planètes qui se réduit à un simple point, devenu plus visible qu'une traînée puisque la lumière y reste concentrée.

Un second perfectionnement utilise le principe de la stéréoscopie : il suffit de placer dans le stéréoscope deux clichés représentant la même région du ciel, mais pris à un jour d'intervalle. Les étoiles

y occupent les mêmes positions relatives, et leurs images se confondent; mais, si une planète s'est trouvée dans le champ de la lunette photographique, le mouvement propre qu'elle a effectué entre la première et la seconde poses la fait paraître fortement en relief. Depuis que M. Max Wolf, d'Heidelberg, a imaginé cette méthode d'investigation, près de 500 planètes ont été découvertes. L'une d'elles (n° 566, ou 1905 Q. O.), a été baptisée *Stereoscopia*.

La photographie a aussi révélé l'existence de nouveaux satellites gravitant autour de Jupiter et autour de Saturne. Ce sont de très petits corps<sup>1</sup>, qui néanmoins ont pu ensuite être reconnus à l'examen télescopique, à l'exception du X<sup>e</sup> de Saturne, *Thémis*, découvert par M. Pickering le 16 avril 1904, et du IX<sup>e</sup> de Jupiter, non baptisé (Melotto, 21 juillet 1914) : ces deux satellites ne nous sont connus que par les traînées que leur marche a marquées sur des plaques exposées pendant de nombreuses heures dans la direction de Saturne ou de Jupiter. Ces traînées ont permis de calculer les éléments de l'orbite décrite par les minuscules satellites. Mais il est impossible de les voir, parce que leur luminosité, comparable à celle d'une étoile de 18<sup>e</sup> grandeur, est inférieure à la limite de visibilité dans les télescopes les plus puissants. Et il en sera ainsi tant que l'optique n'aura pas accompli de notables progrès.

N'y a-t-il pas là un étrange sujet d'étonnement? Voilà un objet que personne n'a vu et que, probablement, aucun de nos contemporains ne parviendra à distinguer. Mais l'objectif l'a aperçu; la rétine photographique en a gardé l'empreinte, et son témoignage suffit à nous guider. Nous savons, à n'en pouvoir douter, que ce monde invisible existe et gravite autour de Saturne ou de Jupiter; nous en suivons la marche, nous en mesurons les dimensions, comme s'il était à notre portée, et l'analyse des perturbations qu'il exerce sur les autres satellites nous permettra un jour de le peser.

C'est encore par la photographie qu'ont été découvertes de petites planètes d'un intérêt tout particulier : la 433, trouvée par Witt à Berlin le 13 août 1898 et baptisée *Eros*, la seule jusqu'ici connue

1. Les 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> satellites de Jupiter seraient complètement invisibles dans une lunette moyenne de la surface même de cette planète.

entre la Terre et Mars; et, depuis le 22 février 1906 (Kopf, à Heidelberg) 6 planètes plus éloignées du Soleil que Jupiter, et nommées *Achille*, *Hector*, *Patrocle*, *Nestor*, etc. De plus, en 1929 a été trouvée sur des clichés faits à l'Observatoire Lowell, aux États-Unis, une petite planète plus éloignée du Soleil que Neptune, et qui a été nommée *Pluton*. C'est, jusqu'à nouvel ordre, l'astre le plus lointain de tout le système solaire.

**Comètes.** — C'est en 1881 que fut obtenue, à Meudon, la première photographie de comète, mais le premier de ces astres qui ait été découvert par la photographie est la comète de Barnard. Cet astronome aperçut, en examinant un cliché d'une portion de la Voie lactée, exécuté à l'observatoire Lick, le 12 octobre 1892, une traînée lumineuse figurant la queue d'une comète. L'observation visuelle confirma ensuite la découverte photographique.

Depuis cette époque, la photographie révèle, chaque année, le passage de plusieurs de ces masses légères et inconsistantes, dont un grand nombre échappent à l'observation directe. Ici comme pour les petites planètes, c'est l'astre à photographier (comète) dont on suit attentivement la marche à la lunette-guide, stabilisant ainsi son image sur la plaque, tandis que les étoiles avoisinantes y tracent des trajectoires déviées en courtes portions de circonférences. De simples amateurs, avec un appareillage très modeste, peuvent obtenir des résultats fort intéressants, et même faire des découvertes, certaines comètes apparaissant inopinément dans le ciel.

La comète périodique de Halley est revenue à proximité du soleil en avril 1910, ainsi que l'avait fait prévoir la théorie. Les observations à l'œil nu, gênées presque partout en Europe par des mauvais temps persistants, n'ont été favorisées qu'en Amérique. Mais la photographie a permis de fixer l'image de cet astre pendant une assez longue période. Dès le 12 septembre 1909, M. Max Wolf découvrait la comète sur un cliché exposé vers la région du ciel que le calcul avait précisée. Jusqu'au mois de janvier suivant il ne fut pas possible de l'observer au télescope, et l'étude de cet astre demeura limitée aux méthodes photographiques : la plaque sensible en enregistrait les aspects changeants; combinée avec le spectroscopie, elle en faisait connaître la composition chimique, et c'est ainsi que l'on apprit que cet objet encore invisible contenait divers gaz, et notamment du cyanogène.

\* \* \*

**Carte du ciel.** — Les premiers essais de photographie stellaire remontent à 1850 et sont dus à Bond et à Whipple, qui obtinrent sur plaques daguerriennes quelques images d'étoiles de première grandeur, telles que Véga et Castor. En 1865, avec le collodion, Rutherford photographia les Pléiades et entrevit la possibilité de dresser une carte photographique du ciel. Toutefois, cette vaste entreprise ne devint pratiquement abordable qu'après la découverte du gélatinobromure. Son exécution exigeait, naturellement, le concours de plusieurs observatoires situés sous des latitudes différentes, mais l'initiative en est due aux astronomes français.

En 1852, Chacornac s'était proposé de dresser, à l'observatoire de Paris, une carte des régions avoisinant l'écliptique, afin de faciliter la recherche des petites planètes. Cette carte devait être formée, comme on l'avait fait jusque-là, en guettant le passage de chaque astre au foyer de la lunette méridienne. A la mort de Chacornac, Paul et Prosper Henry résolurent de continuer cette œuvre restée inachevée, mais ils ne tardèrent pas à être arrêtés par une difficulté insurmontable. A l'approche de la Voie lactée, les étoiles se présentaient si nombreuses, si confusément compactes, que les mesures les plus minutieuses n'en seraient jamais venues à bout. C'est alors que les frères Henry eurent l'idée de recourir à la photographie, et les résultats de leurs premiers essais furent à ce point satisfaisants, que la plupart des astronomes de toutes les nations se rallièrent au projet d'un travail d'ensemble, à répartir entre les principaux observatoires du monde entier. Réuni pour la première fois en avril 1887, et composé de 56 savants de 16 nations, le Congrès astronomique de la Carte du ciel élaborait définitivement le plan de cette œuvre en 1891. Pour en assurer la bonne marche de l'exécution, un Comité international permanent fut créé et tint en 1891, 1893 et 1900 des Conférences. Il comprenait 11 membres et publiait un Bulletin spécial. C'est l'amiral Mouchez, alors directeur de l'Observatoire de Paris, qui mit sur pied cette œuvre gigantesque, dont une caractéristique était l'homogénéité et l'absolue uniformité à obtenir dans les 18 observatoires. Pour cela, le matériel et les méthodes furent standardisés grâce aux réunions du Comité.

La sphère céleste a été divisée en 18 zones approximativement égales, et le soin de photographier chacune d'elles a été confié à un observatoire distinct. Les observatoires choisis comme étant les plus importants et les mieux outillés sont ceux de Greenwich, Rome, Catane, Helsingfors, Potsdam, Oxford, Paris, Bordeaux, Toulouse, Alger, San-Fernando, Santiago-du-Chili, Tacubaya, La Plata, Rio

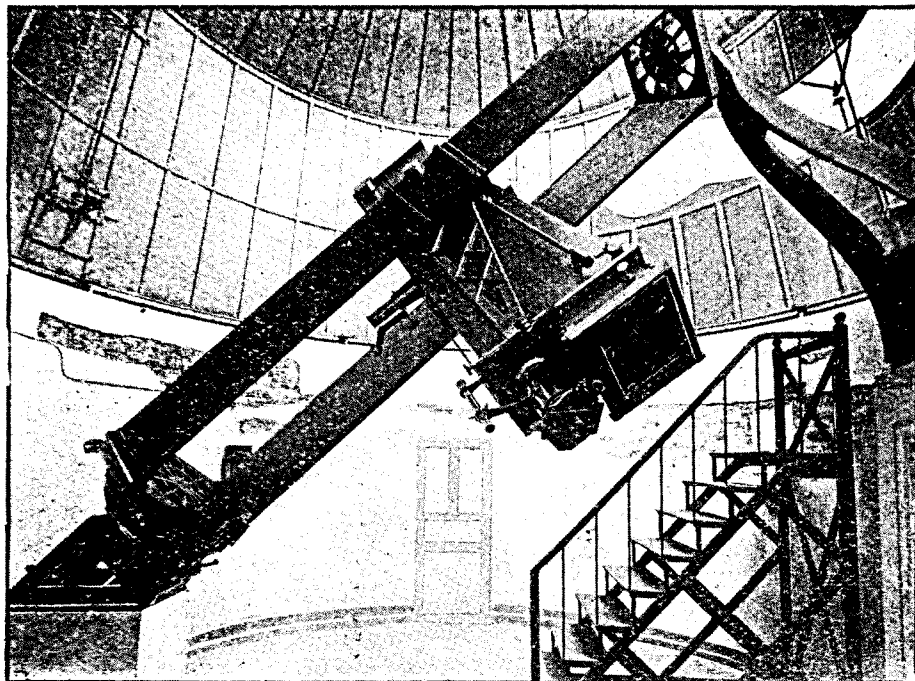


Fig. 125. — Lunette double dans sa monture équatoriale, pour la carte photographique du ciel.

de Janeiro, cap de Bonne-Espérance, Sydney et Melbourne<sup>1</sup>.

L'appareil employé à Paris par les frères Henry a été construit par P. Gautier. L'objectif photographique est formé d'un système de deux lentilles de flint et de crown achromatisées pour les rayons chimiques les plus intenses du spectre et aplanétique pour ces mêmes rayons. Il a 0<sup>m</sup>,33 de diamètre. La lunette a 3<sup>m</sup>,43 de dis-

1. Trois observatoires précédemment désignés dans l'hémisphère austral ne purent assurer l'exécution de leur part de travail, et furent remplacés par ceux de Cordoba, Perth et Montevideo.

tance focale. Une deuxième lunette, juxtaposée à la première, et achromatisée pour l'observation visuelle, fait fonction de guide pour suivre exactement l'étoile occupant le centre du champ visé. L'instrument est monté de manière que l'image d'une étoile se maintienne toujours à la même place, c'est-à-dire en équatorial, et une stabilité exceptionnelle est obtenue par la monture dite *anglaise*, où le pivot polaire est soutenu à ses deux extrémités, ce qui empêche d'explorer les environs immédiats du pôle céleste, lequel ne rentre pas dans les zones attribuées à tous les observatoires sauf deux chargés de ces zones polaires (Greenwich et Melbourne). Le nombre de clichés à faire par chacun est, en moyenne, d'environ 1 200.

La carte du ciel doit être double. Elle comprendra d'abord un atlas où seront relevées, avec leur ascension droite et leur déclinaison, toutes les étoiles jusqu'à la 11<sup>e</sup> grandeur, au nombre d'environ quatre millions. La seconde partie du travail entrepris sera l'établissement de la carte proprement dite, précisant les positions respectives de toutes les étoiles jusqu'à la 14<sup>e</sup> grandeur, au nombre d'environ *trente à quarante millions*. Mouchez pensait que la carte des 15 premières grandeurs, demandant des poses d'une heure, occuperait une douzaine d'observatoires pendant cinq à six ans. Enfin, outre ces deux cartes proprement dites, le travail entrepris comporte la constitution d'un *Catalogue*, liste numérique des coordonnées de chaque étoile, déduites des mesures effectuées au micromètre sur les clichés.

Depuis 1891, les observatoires désignés poursuivent assidûment leur tâche. L'inventaire de l'univers stellaire se complète peu à peu et sera, pour les astronomes de l'avenir, le plus riche et le plus sûr de tous les documents.

Une demi-seconde suffit pour reproduire tous les astres visibles à l'œil nu, dans le champ exploré par la plaque sensible. En treize minutes, et même moins encore si l'on emploie des émulsions très rapides, l'objectif imprime l'image des étoiles les plus faibles que permettent d'apercevoir les télescopes les plus puissants. Si la pose est prolongée plus longtemps, alors nous pénétrons dans le domaine de l'invisible : des millions d'astres dont nous n'aurions jamais pu soupçonner l'existence viennent marquer leur empreinte sur le bromure d'argent et attester leur présence à de telles distances que l'imagination demeure impuissante à s'en représenter la grandeur.

Chacun de ces points fixés sur les clichés est catalogué avec le plus grand soin. Des mesures de haute précision déterminent rigoureusement leurs positions relatives, et la superposition de deux images d'une même région du ciel exécutées à quelque temps d'intervalle met en évidence les moindres déplacements de cette multitude de soleils. Les clichés servant à constituer non le catalogue, mais la carte, portent chaque étoile imprimée trois fois, par trois poses successives de 10 minutes, 5 minutes et 40 secondes, avec très légers décalages : ces minuscules triangles permettent de constater que l'on a bien affaire à une étoile et non à un point défectueux (poussière, etc.) existant dans l'émulsion. Un réseau quadrillé très précis et très finement gravé est imprimé sur le phototype, de manière à conserver le repérage exact des astres malgré les déformations du papier servant au tirage. Le format des plaques, coulées sur glace planée spécialement, est  $12 \times 12^{\text{cm}}$ ; les observatoires ont à en impressionner 22 054 pour la grande carte. Chaque plaque chevauche de  $1^{\circ}$  sur sa voisine.

Une autre application de la photographie aux méthodes classiques de la mesure visuelle des angles, a été d'une part la mise en évidence des mouvements propres des étoiles, jadis considérées comme « fixes »; d'autre part, la mesure de la distance d'un certain nombre de ces étoiles à la Terre ou au Soleil. Parmi les déplacements relatifs des images stellaires constatés par comparaison de clichés pris à un certain temps d'intervalle, les uns résultent des mouvements propres des étoiles, tandis que d'autres ne sont qu'une apparence résultant du mouvement de translation de la Terre autour du Soleil. Par suite de ce mouvement, notre planète se trouve constamment à environ 299 millions de kilomètres de la position qu'elle occupait, par rapport au Soleil, six mois auparavant<sup>1</sup>. Il en résulte un chan-

---

1. Il s'agit donc d'un véritable effet stéréoscopique par déplacement de l'appareil aux deux bouts de la plus longue base dont nous puissions disposer dans l'Univers : le diamètre de l'orbite décrit en un an par la Terre autour du Soleil. Malgré l'énormité de cette base, elle ne représente qu'une bien faible fraction de la distance de l'astre photographié à la Terre, de sorte que l'effet stéréoscopique produit par l'examen simultanément des deux clichés est insignifiant. La comparaison des clichés se fait par des appareils spéciaux (stéréoscope alternatif à scintillation, etc.).



gement de perspective qui se traduit par une modification dans les positions des étoiles les plus rapprochées, tandis que les étoiles les plus éloignées restent au même point. Le calcul a permis d'en déduire les distances réelles de plus de 300 étoiles.

D'autres changements de perspectives stellaires enfin sont dus au mouvement de translation du système solaire, qui se meut tout entier vers la constellation d'Hercule. La comparaison d'un grand nombre de clichés a permis de calculer la vitesse avec laquelle le Soleil et son cortège planétaire se déplacent : cette vitesse serait de près de 20 kilomètres par seconde.

Enfin, la photographie fixe l'image des nébuleuses, dont la lumière est beaucoup trop faible pour que notre œil puisse les distinguer : sans cesse, de nouvelles créations apparaissent ainsi, et les limites de l'univers visible sont indéfiniment reculées. Là même où les télescopes les plus puissants ne parvenaient pas à percer les ténèbres, en ces endroits déserts que William Herschel qualifiait de « sacs à charbon », la rétine photographique découvre encore des amas d'étoiles et de matière cosmique. Au delà de ces univers inconnus, d'autres n'attendent, pour se montrer à leur tour, qu'une pose plus longue ou une émulsion plus sensible. A mesure que nos procédés vont se perfectionnant, l'objectif sonde de plus en plus profondément les abîmes de l'infini.

Il est évident que, d'une manière générale, la photographie peut se charger d'enregistrer toute mesure angulaire que l'œil effectuerait à l'oculaire-micromètre d'une lunette. Un bel exemple, à joindre à tous les précédents, est la comparaison de deux clichés d'un même groupe d'étoiles, avec dans l'un la présence du soleil (soit pendant une éclipse totale, soit photographié à travers un verre rouge pour supprimer la luminosité du ciel) : la masse de l'énorme globe dévie très faiblement le trajet rectiligne des rayons lumineux partis des étoiles vers la plaque, et celles-ci paraissent donc légèrement déplacées sur l'un des clichés. C'est le fameux « effet Einstein », dont la vérification offre une importance capitale pour la science en général. Les mesures — extrêmement délicates, car la différence est infime — prises sur les clichés lors de l'éclipse totale du 19 mai 1919, ont effectivement coïncidé avec les prévisions d'Einstein.

On peut encore citer les mesures, souvent répétées, des positions de la petite planète *Eros* (voir p. 598), qui nous fournit le meilleur moyen actuellement pour connaître la distance de la Terre au Soleil.

## OUVRAGES A CONSULTER

- Annuaire du Bureau des Longitudes* pour les années 1878, 1887, 1890, 1898, 1901, 1907, 1908, 1910, Paris (Gauthier-Villars).
- G. RAYET, *Notes sur l'histoire de la photographie astronomique*, Paris (Gauthier-Villars), 1887.
- MOUCHEZ, *La Photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la Carte du Ciel*, Paris (Gauthier-Villars), 1887.
- P. PUISEUX, *Sur quelques progrès récents accomplis avec l'aide de la photographie dans l'étude du ciel*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
- E. COUSTET, *L'Astronomie mise à la portée de tous*, Paris (J. Tallandier), 1908.
- A. JARSON, *La Photographie astronomique*, Paris (Ch. Mendel), 1904.
- F. QUÉNISSET, *Manuel pratique de photographie astronomique*, Paris (Ch. Mendel).
- C. LE MORVAN, *Grand Atlas photographique de la Lune*, Paris (G. Thomas), 1921.
- L. RUDAUX, *Comment étudier les Astres*, Paris (Masson), 1908.
- L. RUDAUX, *Manuel pratique d'Astronomie*, Paris (Larousse), 1925.
- Bulletin de la Société astronomique de France* : passim.
- Annuaire astronomique C. Flammarion*, 1927 (*in fine*).
-

## CHAPITRE XXVII

## LA RADIOGRAPHIE

**Découverte des rayons X.** — Lorsqu'une décharge électrique (provenant d'une source non alternative et à haute tension, telle que la machine de Whimshurst) éclate à l'intérieur d'un tube de verre rempli d'air à la pression atmosphérique ordinaire, elle s'y manifeste sous la forme de traits de feu rapides, accompagnés de crépitements caractéristiques. Mais, si l'on y fait le vide, le tube s'illumine dans toute son étendue, et l'étincelle fait place à une lueur continue. Cet effet est particulièrement remarquable dans les tubes de Geissler. Deux fils de platine ou d'aluminium traversent le verre et constituent les *électrodes*, c'est-à-dire les conducteurs qui amènent la charge électrique à l'intérieur. On appelle *anode* le fil relié au pôle positif de la machine qui fournit l'électricité, et *cathode* l'électrode négative. Après avoir introduit dans le tube un gaz ou une vapeur, on y produit un vide partiel, après quoi l'ouverture est scellée au chalumeau.

Le passage de l'électricité à travers le tube de Geissler produit une lueur dont la teinte varie suivant la nature du gaz dont il reste encore quelques traces. La lumière part de l'extrémité de l'anode, en une gaine jaune, et s'arrête à une faible distance de la cathode; une gaine lumineuse violacée entoure cette dernière, dont elle est séparée par un espace dit *espace de Faraday*. Si le vide a été fait après avoir introduit dans le tube une vapeur d'alcool, d'essence de térébenthine ou de sulfure de carbone, la lueur n'apparaît plus uniforme : on aperçoit, dans ce cas, des *stratifications*, c'est-à-dire des raies alternativement brillantes et obscures.

Dès 1875, deux expérimentateurs, Hittorff, à Munster, et Goldstein, à Berlin, avaient reconnu que la lueur produite dans le tube de Geissler était due à un vide imparfait, et qu'elle disparaissait progressivement, à mesure que la raréfaction se faisait plus complète. Ils avaient remarqué, en outre, qu'après la disparition de la

leur intérieure, le verre du tube devenait le siège d'une pâle fluorescence verte.

Ces premières observations étaient restées à peu près inaperçues. Elles étaient déjà oubliées, en 1879, quand Crookes entreprit l'étude méthodique de cet ordre de phénomènes. Il constata que, lorsque le vide se fait d'une façon de plus en plus parfaite dans le tube (jusqu'à atteindre environ un millième de millimètre de mercure, soit à peu près un millionième d'atmosphère), la gaine lumineuse qui entoure la cathode disparaît tout d'abord. La zone obscure va ensuite s'élargissant et gagne de proche en proche jusqu'à la pointe positive. Une à une, les stratifications s'éteignent. Dès que le point lumineux qui termine l'anode s'évanouit à son tour, la fluorescence du verre commence à se manifester : il devient jaune verdâtre pour le verre ordinaire, bleuâtre pour le cristal. Si le vide est poussé plus loin encore, la décharge ne passe plus et le tube s'éteint.

Si l'émission d'électrons n'est pas appréciable dans un tube contenant un gaz peu raréfié, c'est que les molécules prodigieusement nombreuses qui le remplissent arrêtent à chaque instant les électrons, les « bousculent », interrompent et dévient leurs trajectoires<sup>1</sup>. D'autre part si le vide est extrêmement poussé, leur quantité devient trop faible.

Pour Crookes, ce sont les molécules du gaz raréfié à l'extrême qui, repoussées par l'électricité négative de la cathode, bombardent le fond de l'ampoule et font jaillir, par leurs chocs incessants, ces lueurs phosphorescentes dont le point de départ semble bien être le fil négatif. C'est pourquoi il leur donna le nom de *rayons cathodiques*. En arrêtant ce flux de projectiles au moyen d'une lame d'aluminium enfermée dans le tube, l'ombre de cette lame venait se peindre sur le verre.

---

1. Sous la pression normale et à 0° C, le *libre parcours moyen* d'une molécule entre deux chocs est seulement de 158 millièmes de millimètre pour l'hydrogène, et moins encore pour les autres gaz ; les électrons, de dimension bien plus petite, ont le leur *un peu* plus grand. Pour que ce libre parcours moyen soit de quelques centimètres, de manière à aller de la cathode rejoindre l'anode, il faut que la pression tombe à moins d'un cent-millième d'atmosphère. Ces vides sont obtenus, après pompage rapide et sommaire par une pompe industrielle, au moyen de pompes de Gaede, de Holweck, etc. Il faut un chauffage prolongé des parois de verre et des électrodes métalliques pour en extraire, dans le vide, les gaz qui y sont « occlus ».

En 1889, le physicien allemand Henri Hertz vérifia que lorsque la lame d'aluminium est suffisamment mince, elle devient impuissante à arrêter les rayons cathodiques, et que d'autres métaux présentent les mêmes propriétés. Cinq ans plus tard, Philippe Lenard mit à profit cette particularité pour faire jaillir les rayons cathodiques hors de l'ampoule de Crookes. Cette dernière fut percée d'une petite fenêtre fermée par une lame d'aluminium. Les radiations n'étaient ainsi plus arrêtées par les parois de verre et franchissaient facilement la feuille métallique. Les rayons *invisibles* filtrés de la sorte à travers une *vitre opaque* avaient la propriété d'impressionner la plaque photographique et de décharger à distance les corps électrisés. Projetés sur un écran enduit d'une substance fluorescente, telle que le sulfure de zinc ou le platino-cyanure de baryum, ils le rendaient immédiatement lumineux.

Il a été reconnu depuis que ces rayons cathodiques sont un flux d'électrons chargés négativement, et dont la vitesse de projection dépend de la tension du courant appliqué à la cathode : pour 10 000 volts, ils font environ 60 000 kilomètres par seconde, 195 000 pour 100 000 volts, et 260 000 kilomètres par seconde pour 200 000 volts à la cathode, tension qu'une machine de Whimshurst peut aisément donner. Il est intéressant de signaler qu'à de pareilles vitesses la mécanique relativiste d'Einstein commence à présenter des différences sensibles avec celle de Galilée et de Newton. C'est par ce « bombardement moléculaire » qu'on peut déposer sur une paroi de très minces couches de métaux alcalins tels que le potassium (ionoplastie, cellules photo-électriques). Le nombre des électrons émis par seconde dépend notamment du degré de vide.

Cet historique succinct suffit pour montrer que les principales propriétés des rayons cathodiques étaient connues plusieurs années avant que le D<sup>r</sup> W. Röntgen, professeur à Würzburg, se fût occupé de cette question. C'est à lui cependant qu'est généralement attribuée l'invention de la radiographie. Le mérite du physicien bavarois fut en effet de mettre en évidence, grâce à un dispositif habilement combiné, tout le parti qu'il était possible de tirer d'un phénomène considéré jusque-là comme fort curieux, mais sans portée pratique, et de reconnaître les principales propriétés de radiations nouvelles pour les expérimentateurs.

Vers la fin de l'année 1895, Röntgen, ayant excité la décharge

électrique dans un tube de Crookes enfermé à l'intérieur d'une boîte de carton placée elle-même au fond d'un laboratoire obscur, remarqua qu'une plaque fluorescente, laissée par hasard à proximité, s'illuminait. Il pensa d'abord que, quoique invisibles, les rayons cathodiques pouvaient traverser le verre de l'ampoule, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à un diaphragme d'aluminium, et qu'ils franchissaient aussi le carton. Il eut alors l'idée de faire quelques expériences photographiques à l'aide de ces radiations, et il reconnut que ce n'était point des faisceaux cathodiques de Crookes, mais de nouvelles radiations, engendrées par l'énergie de ces derniers venant bombarder la masse métallique d'une *anticathode* chargée positivement par la source électrique à haute tension, dont l'effet était bien supérieur à la simple paroi de verre frappée par les rayons cathodiques, comme source d'émission. Il leur donna le nom de *rayons X*, en raison de leur nature mystérieuse, empruntant ainsi au langage algébrique le signe qui sert à désigner l'inconnu.

L'une de ces expériences démontra à Röntgen que les os de la main sont à peu près complètement opaques aux rayons X, tandis que les chairs, les muscles, les tendons, les nerfs et les artères se laissent facilement traverser. On put ainsi obtenir, pour la première fois, la photographie du squelette d'un individu vivant.

Les rayons X, émis par l'*anticathode* (positive), ne doivent pas être confondus avec les rayons cathodiques de Crookes qui provoquent leur production : ils sont *invisibles* et ne rendent pas le verre lumineux, se propagent avec la vitesse de la lumière (300 000 km. par seconde), et sont, comme elle, constitués par des ondulations ou vibrations, mais bien plus serrées et fréquentes que celles qui constituent la lumière même ultra-violette. Suivant leur nature — on pourrait dire « leur couleur » si l'œil y était sensible — ils ont à peu près de un ou deux dixièmes d'*angström* à 1,2 *angström*. Cette unité est le dix-millionième de millimètre. Rappelons que l'extrême violet visible a une longueur d'onde de 4 000 *angströms* environ, et le rouge extrême 8 000. Les rayons X ont donc, en gros, une texture 10 000 à 50 000 fois plus fine que celle de la lumière visible. Récemment M. Holweck a pu obtenir des radiations faisant la jonction des deux spectres. Ces recherches, toutes postérieures à 1910, ont illustré les noms de Laue, de Friederich, de Knipping, des Bragg, de Moseley, de Siegbahn, de Maurice de Broglie, etc. On a ainsi

montré qu'il y a tout un spectre de rayons X variés et séparables, depuis les *mous* de grande longueur d'onde (de l'ordre de 1 angström), émis par les métaux légers, jusqu'aux *durs* de très courte longueur d'onde, émis par les métaux lourds.

Comme la lumière, ils fournissent des spectres d'émission et d'absorption. Comme elle, ils ne sont pas déviés par l'aimant, mais peuvent être diffractés par des réseaux dont la finesse soit à l'échelle de leur extrême petitesse d'onde : ce qui est le cas des cristaux (hypothèse déjà ancienne de Bravais).

Par contre, les rayons X ne se réfractent pas en traversant un prisme ou une lentille, et c'est pourquoi la photographie par les rayons X, ou *radiographie*, s'obtient par simple projection de silhouettes, forcément de grandeur naturelle, et non par réfraction à travers un objectif. Traversant un grand nombre de corps que nous appelons opaques, parce que nos yeux ne sont pas organisés pour voir à travers leurs molécules, comme le bois ou le carton, les rayons X sont arrêtés par des substances qui sont transparentes pour notre nerf optique. Le cristal est dans ce dernier cas.

**Matériel radiographique.** — Les organes nécessaires à l'exécution des radiographies sont : la source d'énergie électrique, le tube dans lequel les rayons X prennent naissance, et le châssis contenant la plaque sensible (ou l'écran fluorescent si l'on se borne à la radioscopie).

*Générateur d'électricité.* — La tension électrique qui correspond à la production des rayons X moyens est d'environ 10 000 à 60 000 volts, mais on peut avoir besoin de recourir à une gamme plus étendue, provenant de tensions comprises entre 5 000 et 250 000 volts. Ces tensions correspondent à une longueur d'étincelle de 5 à 20 centimètres, à l'air libre. C'est la mieux appropriée aux opérations radiographiques; néanmoins, il est préférable de choisir un générateur d'énergie électrique capable de fournir des étincelles de 30 à 40 centimètres, parce qu'un appareil puissant travaille plus sûrement et plus régulièrement qu'un appareil poussé à son maximum de rendement, et aussi parce qu'il faut prévoir des cas spéciaux (rayons à haute pénétration, ou durs, de quelques dixièmes d'angström, émis par des anticathodes de poids atomique élevé et une tension d'une centaine de milliers de volts).

Les machines statiques, notamment celles de Whimshurst et de

PRODUCTION DES RAYONS X : SOURCES

Topler, ont beaucoup servi dans les premiers temps de la radiographie. Leur construction a d'ailleurs fait l'objet, dans ces dernières années, de divers perfectionnements qui assurent aux flux de rayons X une constance et une fixité remarquables. Malheureusement, elles craignent la poussière et l'humidité, qui diminuent l'isolement et arrêtent parfois la production d'énergie au moment le plus inopportun. Aussi la machine statique n'est-elle, malgré l'avantage de sa simplicité, que l'outil des radiographes qui n'ont pas à leur portée le courant électrique fourni à bon compte par les usines. Comme ce n'est plus guère le cas pour les localités où exerce un spécialiste de la radiographie, et comme le voltage des machines n'est pas encore suffisamment constant, non plus que le débit d'ailleurs insuffisant pour certains cas, la machine de Whimshurst est à peu près abandonnée, son prix devenant d'ailleurs élevé si on la prend à plateaux multiples.

Aujourd'hui, l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'ampoule de Crookes, est la plupart du temps empruntée au courant distribué par les Compagnies d'Électricité; son voltage étant bas (généralement 110 ou 220 volts), on l'élève au moyen d'un *transformateur* qui transforme un courant à basse tension en un courant à haute tension. Le courant *inducteur* ou *primaire* parcourt un fil de cuivre isolé, gros et court, enroulé autour du noyau de la bobine si le transformateur est une bobine de Ruhmkorff, dans laquelle ce circuit est entouré d'un autre enroulement, formé de fil très fin et très long dans lequel prennent naissance les courants *induits* ou *secondaires* à haute tension. Comme chaque courant induit ne dure qu'un instant, il est indispensable que le courant inducteur soit périodiquement interrompu pour être lancé de nouveau. Mais les grandes installations utilisent d'autres transformateurs, à circuit magnétique fermé, où l'interrupteur est inutile du moment que l'alimentation se fait par du courant alternatif, lequel se coupe de lui-même chaque fois qu'il change de sens, ce qui a lieu 40 à 50 fois par seconde. L'inversion périodique du courant est évitée par un dispositif sélecteur mécanique dit contact-tournant, mû par un moteur synchrone.

Les interrupteurs mécaniques des petites bobines fonctionnent de la même manière que le *trembleur* à lame-ressort des sonneries électriques, mais un tel interrupteur est tout à fait inutilisable avec des tubes tant soit peu puissants comme ceux que l'on emploie



couramment, parce qu'ils utilisent des courants relativement intenses (1 à 5 ampères et parfois plus), produisant à chaque rupture une étincelle qui provoquerait bientôt des fusions et soudures des pièces mobiles; la rupture du courant par trembleur n'est d'ailleurs pas assez brusque pour donner des effets d'induction de grande puissance. On le remplace par un interrupteur rotatif à grande vitesse, où une bielle fait émerger et plonger une tige conductrice trempant dans un godet de mercure, ou plus souvent, depuis quelques années, par des interrupteurs à jet de mercure projeté par force centrifuge. Un petit moteur électrique actionne une petite turbine qui projette deux filets de mercure dont le contact établit dans sa rotation des contacts successifs sur des lames fixes métalliques, dans une atmosphère de gaz d'éclairage. Cette combinaison supprime l'emploi d'un liquide isolant, tel que l'alcool ou le pétrole, qui forme à la longue avec le mercure une sorte d'émulsion pâteuse.

Enfin, on utilise, surtout avec les courants très intenses, l'interrupteur électrolytique de Wehnelt. La cuve contient de l'eau acidulée. La borne + reliée au pôle positif du générateur d'énergie électrique communique avec une vis qui se termine, à l'intérieur de la cuve, par une fine pointe de platine. Le pôle négatif est relié au liquide par la borne — et une lame de plomb. Le passage du courant a pour effet de déterminer sur la pointe de platine une chaleur intense qui vaporise immédiatement la couche liquide qui l'entoure. Cette gaine de vapeur interrompt aussitôt le courant. La cause de l'échauffement cessant, la vapeur se condense, le courant passe de nouveau, et le phénomène de caléfaction recommence. Les interruptions produites dans ces conditions sont extrêmement brusques et se succèdent à raison de 1 500 par seconde environ. L'interrupteur électrolytique convient principalement aux grandes bobines; il est d'un emploi plus facile, plus commode et plus sûr que l'interrupteur au mercure.

Mais, comme nous l'avons dit, l'emploi du courant alternatif industriel et de transformateurs sans aucune pièce mobile autre que le sélecteur tournant, permet d'établir des postes de rayons X de toute puissance et d'un fonctionnement absolument régulier. Le courant transformé a élevé son voltage jusqu'à quelques dizaines de milliers de volts ou même plus de 100 000, son intensité a baissé d'autant : quelques milliampères suffisant en radioscopie, et de

l'ordre d'un ampère en radiographie, parfois plus. On voit que la puissance mise en jeu est, pour un appareil important, de l'ordre de 100 kilowatts; il suffit généralement de prévoir une alimentation moindre, mais admettant une surcharge de 100 à 200 p. 100 pendant une fraction de seconde.

Chaque fois que le courant primaire s'inverse (ou que, coupé, il se rétablit dans la bobine à interrupteur), le courant secondaire ou induit s'inverse aussi<sup>1</sup>. Les tubes de Crookes pour la plupart font eux-mêmes fonction de « soupape » ou kénotron, les électrons ne pouvant quitter la cathode incandescente lorsque celle-ci devient chargée positivement, mais les tubes dits à gaz auraient leurs deux pôles alternativement émetteurs et seraient mis hors d'usage. C'est pourquoi, comme nous l'avons dit, on les monte avec un redresseur de courant fonctionnant synchroniquement avec le changement de sens.

Dans les bobines de Ruhmkorff, le courant d'ouverture et celui de rupture ont des valeurs très différentes, de sorte que l'un est pratiquement sans action et qu'on peut parler du pôle positif et du pôle négatif de la bobine. Il est toutefois prudent, avec certains tubes, de monter une soupape kénotron n'admettant qu'un sens. Les premiers montages sont dus à Villard.

*Tube.* — L'appareil dans lequel les rayons X prennent naissance est constitué en principe par une simple ampoule de verre dont l'air a été raréfié jusqu'à tomber à une pression de l'ordre du millimètre de mercure, et dans laquelle pénètrent deux tiges métalliques, servant d'anode et de cathode. La cathode émettrice était en aluminium, concentrant son faisceau d'électrons sur l'anode inclinée à 45° pour réfléchir le flux latéralement (tube *focus*). En réalité, les tubes actuellement employés sont un peu plus compliqués. Il faut distinguer les tubes à gaz, à vide modéré, et les tubes à vide poussé, où l'émission cathodique n'est pas provoquée par le potentiel électrique, mais par une incandescence auxiliaire.

Dans les premiers, l'anode est généralement double, c'est-à-dire composée de deux tiges distinctes, que l'on relie ensemble quand il s'agit de diminuer la résistance intérieure, suivant le degré de vide

---

1. On voit que l'émission des rayons X n'est jamais continue, mais *discontinue*, ou *éruptive*.

et l'effet à obtenir. La plupart des tubes applicables à la radiographie sont donc *biamodiques*. Ils sont, en outre, munis d'un *régulateur du vide*. Le degré de vide réalisé dans le tube est, en effet, d'une très grande importance. A mesure que la raréfaction augmente, le

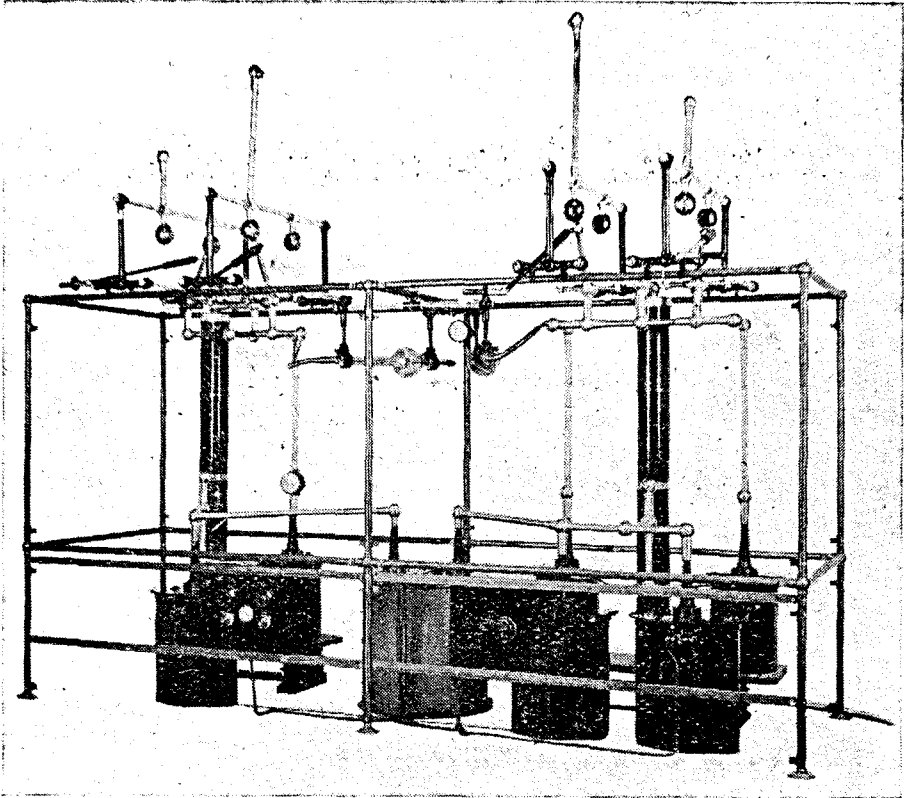


Fig. 126. — Générateur *Pulsatrix*, pouvant débiter dans l'ampoule un courant pulsatoire de 300 000 volts, utilisé en particulier pour la radiothérapie profonde (traitement des cancers).

(Établissements Gaiffe-Gallot-Pilon.)

passage de l'électricité est de plus en plus difficile, et il faut augmenter la tension du courant induit pour vaincre la résistance intérieure. Quand le vide est poussé très loin, on dit que le tube est *dur* : il produit alors des rayons d'une force de pénétration extrême, traversant même des métaux comme l'aluminium ou comme l'acier peu épais mais il exige une machine donnant des étincelles plus longues. Les

tubes très durs sont peu employés en radiographie, bien qu'ils permettent des poses très courtes, parce que les rayons principaux qu'ils produisent s'accompagnent de l'émission rayons « secondaires » d'où résulte la formation d'un voile dont on n'est pas encore parvenu à se débarrasser. Nous dirons plus loin que ces tubes à vide poussé peuvent fournir des rayons simplement mi-durs, et sont très employés (tubes Coolidge). La longueur d'onde diminue de  $1/10$  d'angström par 12 350 volts d'augmentation de potentiel (la tension de 12 350 volts correspond à 1 angström).

Les tubes *doux* ou *mous* sont ceux où le vide est plus imparfait. Ils offrent peu de résistance au passage de l'électricité et n'exigent qu'une tension relativement peu élevée, par exemple 5 000 volts, mais n'ont qu'un faible pouvoir de pénétration, et sont absorbés, ou arrêtés, même par des viscères mous. Il est à remarquer que le degré du vide augmente spontanément par le seul fonctionnement du tube : la décharge électrique y détermine l'absorption ou *adsorption* des molécules gazeuses qu'il contient, par les parois de verre et les pièces métalliques intérieures, si bien qu'à la longue un tube primitivement mou finit par devenir dur, puis par ne plus laisser passer le courant. Dans un tube de dureté moyenne, le gaz résiduel est à une pression d'environ  $1/200$  à  $1/300$  de millimètre de mercure.

Divers moyens ont été proposés pour amener les tubes au degré de vide convenable. Quand le tube est bianodique, on augmente la résistance en n'utilisant qu'une seule anode; on la diminue, lorsque le tube est devenu trop dur, en reliant ensemble les deux anodes. On peut régénérer un tube devenu trop résistant en le passant légèrement sur une flamme : sous l'influence de la chaleur, une partie des gaz absorbés par occlusion se dégage et diminue le vide. Si, au contraire, le vide est insuffisant (à la suite d'un échauffement qui a dégagé le gaz occlus) il suffit d'inverser pendant quelques instants le sens du courant : la cathode sert d'anode, et réciproquement, et l'excès de gaz est réabsorbé. Toutefois, ces modes de régénération ne donnent de bons résultats qu'un certain nombre de fois. Aussi a-t-il fallu chercher autre chose.

Le procédé primitivement employé consistait à introduire dans le tube, pendant sa fabrication, une matière capable de laisser échapper, sous l'influence de la chaleur, une très petite quantité de gaz qui compense l'excès de raréfaction produit par les décharges électriques.

Tel est, par exemple, le tube de Zehnder, auquel est soudée une ampoule contenant du charbon absorbant, qu'il suffit de chauffer pour libérer une petite quantité de gaz.

Crookes a utilisé la potasse caustique pour la régénération des tubes. Cette potasse est placée au fond d'un petit réservoir. Quand le tube est trop vidé, on chauffe lentement ce réservoir sur une lampe à alcool. Lorsque, au contraire, le vide est insuffisant, on l'augmente en inversant le sens du courant pendant quelques instants. On a encore employé du carbonate de calcium placé dans une annexe de l'ampoule, et qu'une dérivation du courant échauffe, lorsque le potentiel s'élève trop, en le décomposant partiellement, ce qui libère du gaz carbonique.

M. Ch.-Ed. Guillaume modifie la raréfaction au moyen d'une anode supplémentaire terminée par une lame de palladium : en la chauffant ou en la prenant pour anode, on restitue ou on enlève à l'atmosphère intérieure du tube une minime quantité de gaz, de manière à obtenir le vide le plus favorable.

L'*osmo-régulateur* de M. Villard est basé sur la propriété que possède l'hydrogène de traverser une paroi de platine chauffée au rouge. Quand le tube est trop résistant, on chauffe avec un bec de Bunsen le tube de platine soudé à l'ampoule : l'hydrogène de la flamme passe à travers le tube de platine par osmose, et pénètre dans le tube, qui devient ainsi moins résistant. Quand, au contraire, le tube est trop mou et possède, par conséquent, un excès de gaz, on coiffe le tube de platine d'un manchon de même métal, de plus grand diamètre, qui l'isole du contact de la flamme tout en laissant circuler l'air : par osmose encore, les gaz sortent du tube, et le vide convenable se rétablit.

Pour les grandes intensités, l'interrupteur de Wehnelt est généralement relié à un tube bianodique avec anode à large surface refroidie par l'eau. On verse dans le récipient entourant l'anode de l'eau jusqu'aux deux tiers de sa hauteur. Pendant le fonctionnement du tube, l'eau se trouve portée à l'ébullition; la vapeur se condense au sommet, et retombe en bas. L'anode, en contact direct avec l'eau, reste à 100°, et cette température relativement basse permet de soumettre le tube à de fortes décharges (Muller). Signalons, enfin, le tube double du D<sup>r</sup> Guilloz (fig. 127) avec deux cathodes et deux anticathodes en chrome platiné, pour la radiostéréoscopie.

Dans ces tubes à gaz, la cathode concave est en aluminium, qui comme tous les métaux à poids atomique faible est très émetteur d'électrons. L'anticathode frappée par eux s'échauffe considérablement, jusqu'à incandescence<sup>1</sup> et même risque de fusion; de plus, la théorie montre que les hauts rendements comme les faibles longueurs d'onde (rayons pénétrants) seront obtenus par des métaux à très haut poids atomique, c'est-à-dire radio-actifs; l'uranium serait le meilleur (Dauvilliers) s'il n'était trop fusible; le thorium est trop coûteux. On emploie le platine, le palladium, mais aujour-

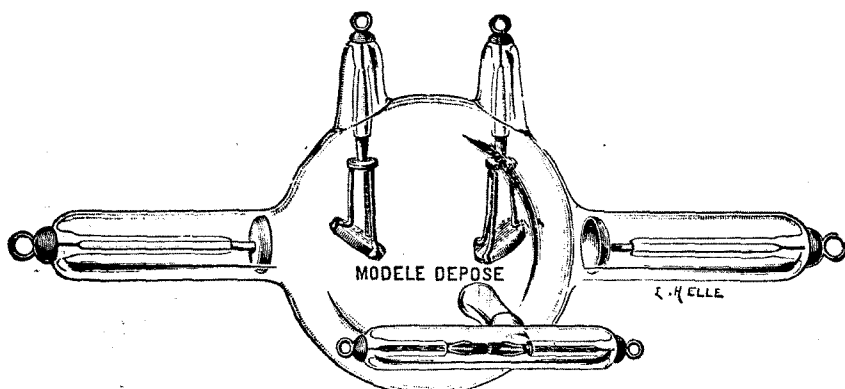


Fig. 127. — Tube radiostéréoscopique.

Cl. Ducretet

d'hui surtout le tantale, le tungstène et le molybdène, du moins pour la surface proprement réfléchissante, le reste du bloc anticathodique pouvant être moins réfractaire. La surface de cette « pastille » oblique est très réduite, moins par économie que pour avoir une source étroite donnant une silhouette bien nette s'il s'agit de radiographie à courte pose. Au contraire, pour la radiothérapie où la durée du travail est plus longue et où l'échauffement deviendrait excessif, l'anticathode a une surface plus large (jusqu'à 1 cm<sup>2</sup>)

On construit actuellement enfin des tubes démontables, à électrodes interchangeable et montés en permanence sur pompe entretenant le vide voulu; le réglage se fait, en outre, en rapprochant plus ou moins les électrodes (Hadding). Ces tubes sont à enveloppe métallique, avec fenêtre en mica, cellophane ou aluminium. Le principe est dû à un imprimeur français, J. Voirin.

1. Aussi les rayons X ne se produisent-ils qu'avec un rendement extrêmement faible, évalué à 1 ou 2 p. 1 000 de l'énergie mise en jeu.

\*  
\* \*

Dans les tubes précédents, le vide ne doit pas être très poussé, puisque le passage de la décharge s'opère par l'intermédiaire des gaz résiduels, dont la conductibilité varie suivant leur degré de raréfaction. Le tube imaginé en 1913-14 par W. D. Coolidge est

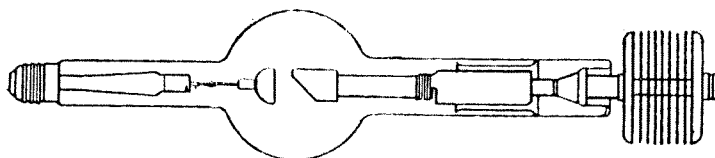


Fig. 128. — Tube Coolidge.

fondé sur un principe tout différent. Le vide y est poussé si loin que, même à des tensions supérieures à 100 000 volts, l'électricité ne pourrait pas franchir la distance qui sépare les électrodes : c'est ainsi que le tube ne doit donner aucune lueur si on fait passer la décharge sans avoir chauffé la cathode. On supplée à l'absence de résidu gazeux par une émission d'*électrons*, corpuscules qui se dégagent de la cathode quand celle-ci est portée à l'incandescence : c'est l'effet *thermoïonique* découvert par Edison, et si employé dans les lampes à grille de T. S. F. A cet effet, la cathode est formée d'un fil de métal

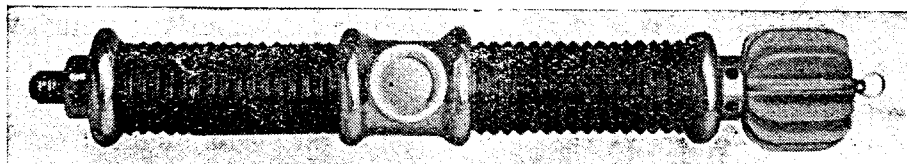


Fig. 129. — Tube (type Coolidge) *Roburix*, dans son enveloppe blindée, avec les ailettes de refroidissement à l'anticathode.

(Établissements Gaiffe-Gallot-Pilon.)

peu fusible, relié à une source d'électricité à basse tension, par exemple à un transformateur du courant d'alimentation, ou bien à un petit accumulateur. Le pouvoir de pénétration des rayons X ainsi émis ne dépend que du voltage aux bornes de l'ampoule; il ne varie donc

pas, tant que la tension reste constante. La figure 128 représente un tube Coolidge construit en France par les Établissements Gaiffe, Gallot et Pilon. La cathode est creuse, et dans sa cavité se loge une spirale en fil de tungstène, soutenue par deux tiges de molybdène. Ce filament est porté à  $2\,500^{\circ}$  environ par courant auxiliaire (2 à 5 ampères sous 5 à 10 volts). L'emploi d'accumulateurs pour le chauffage assure une température et une émission très constantes. L'anode, faite d'un gros bloc de tungstène, est infusible; le ballon chauffe beaucoup et doit être de grandes dimensions (tubes pour radiothérapie). Dans les tubes de diamètre réduit, l'anticathode ne comporte qu'une pastille de tungstène, enchâssée dans un

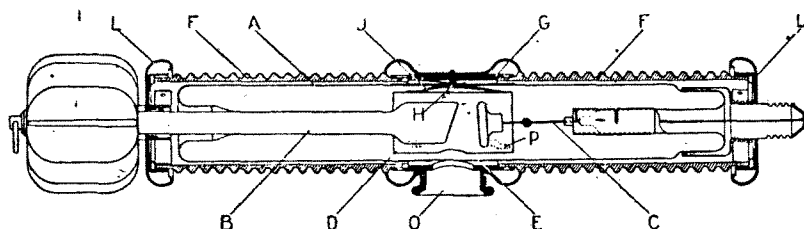


Fig. 130. — Coupe du tube Roburix.

A : paroi de verre, continue d'une extrémité à l'autre du tube. B : anticathode. C : cathode. D : cylindre métallique. E : cylindre de plomb. F : manchons de la gaine opaque aux rayons X. G : manchon métallique central. H : trou du ressort. J : lame de molybdène. L : capuchons de la gaine. O : fenêtre du tube. P : patins supports du manchon G.

bloc de cuivre continué par une tige qui se prolonge à l'extérieur du tube par un radiateur à ailettes, dont la large surface assure la dissipation de la chaleur produite par le bombardement cathodique. Il n'utilise que quelques milliampères.

Il est à remarquer que le filament cathodique émet des électrons dans toutes les directions autour de lui : on l'entoure d'une cupule cylindrique ou hémisphérique portée comme la cathode au potentiel négatif, ce qui attire les électrons et les concentre sur l'anode. Cette cupule, indispensable pour éviter le rayonnement des erreurs à la longue par l'opérateur, est bien visible sur la figure 129, où elle entoure tout le tube sauf une fenêtre.

La bobine de Ruhmkorff n'est qu'une médiocre source pour le Coolidge; il est préférable de l'alimenter par courant industriel sur transformateur statique. La bobine est au contraire préférable avec



les tubes à gaz. Le tube Coolidge ne laisse passer le courant que dans le sens voulu, de sorte qu'il peut fonctionner sur courant alternatif. En 1918 on créa des soupapes à cathode incandescente pouvant redresser du courant à très haute tension et charger des condensateurs ce qui transforma complètement le matériel radiologique (générateurs et tubes) et permit des effets pénétrants encore inconnus.

Un autre avantage de ce tube est son extrême souplesse et la facilité avec laquelle on en obtient à volonté des rayons X plus ou moins pénétrants, puisqu'il suffit de faire varier l'incandescence, c'est-à-dire la température, du filament émetteur. En réduisant le chauffage, on exécute de bonnes radiographies des tissus mous; en l'élevant, au contraire, on arrive à analyser la structure des corps les plus opaques (radiométallographie).

« Le Coolidge Standard supporte, dans l'air, une tension de 120 000 volts. Immergé dans un bain d'huile et spécialement évacué il tient 200 000 volts. On construit d'ailleurs des tubes Coolidge à cols très allongés qui peuvent supporter 250 000 volts dans l'air. Il semble que ce soit à peu près la limite pratiquement utilisable » (J. THIBAUD).

Le vide y est poussé aux environs du millionième de millimètre de mercure.

**Procédés radiographiques.** — On peut utiliser, en radiographie, des plaques ordinaires, et d'ailleurs on n'en employait pas d'autres à l'époque où les rayons X venaient à peine d'être découverts. Mais le temps de pose qu'elles exigent est généralement trop long, et il est presque toujours plus avantageux d'avoir recours aux émulsions spécialement réservées à cette application. Ainsi, les plaques radiographiques Lumière ou Jouglé sont remarquables par leur sensibilité et par la gradation de teintes qu'elles permettent d'obtenir. La couche sensible en est très épaisse. La plupart des fabricants de plaques radiographiques les livrent dans des boîtes où elles sont empaquetées séparément, de manière à en faciliter l'emploi, au besoin en plein jour sans châssis.

L'emploi du châssis n'est pas en effet indispensable : il suffit d'enfermer la plaque dans une feuille de papier noir, imperméable à la lumière et empêchant même au jour l'émulsion de se voiler, tout en se laissant facilement traverser par les rayons X. Pour éviter que ces rayons occasionnent un voile accidentel pendant le réglage

des appareils, on n'a qu'à protéger la plaque à l'aide d'une feuille de métal ou même d'un carton épais. La suppression du châssis s'impose, d'ailleurs, dans certaines opérations : ainsi, les dentistes ont quelquefois à radiographier une mâchoire, afin de vérifier l'existence d'une dent encore invisible ou de préciser la position d'une racine. Dans ces cas, on se borne à envelopper de papier noir paraffiné une très petite pellicule sensible, que l'on introduit dans la bouche à étudier.

La plaque est disposée, gélatine en avant, aussi près que possible de l'objet à radiographier, placé entre la surface sensible et le tube, de telle sorte que les rayons X en projettent la silhouette sur l'émulsion. Derrière la plaque, en contact avec le verre, on met assez souvent une feuille de plomb, destinée à arrêter les rayons X de retour, comme l'a indiqué M. A. Buguet en 1897. L'emploi de cet écran n'est pas indispensable pour les poses courtes avec des tubes peu pénétrants, mais il est nécessaire dans les poses avec tubes à grande pénétration.

L'opérateur se protège d'ailleurs contre les radiations émises autour de l'ampoule, par des écrans de plomb, très opaques ou absorbants pour les rayons X : ce métal étant à poids atomique élevé (207) est très imperméable. Il est à observer que, frappé par les rayons X, il devient lui-même émetteur de radiations L (d'environ 1 angström) et même K, beaucoup plus pénétrantes ( $\lambda = 0,14$  angström) si le tube est sous potentiel dépassant 88 000 volts<sup>1</sup>. Aussi l'écran de plomb (3 à 5 mm. d'épaisseur) ne doit pas être en contact avec la peau, mais séparé d'elle par de l'air et une feuille d'aluminium de 1 millimètre, puis de caoutchouc, bois ou celluloïd.

Pour utiliser complètement l'activité photochimique des rayons durs et semi-durs, Heinz Bauer conseille d'ajouter aux émulsions destinées à la radiographie du verre au plomb très finement pulvérisé ou toute autre substance absorbant les rayons X, ou bien encore

---

1. Cette émission de rayons « secondaires » par un corps frappé par les rayons X, est un phénomène général. Ainsi le corps humain traversé par les rayons X irradiera dans toute sa masse des radiations diffuses qui créeront une zone floue noyant beaucoup de détails. Leur abondance varie suivant la durée de la pose et suivant la longueur d'onde des rayons X. On réduit leur production en limitant par un diaphragme dans une lame de plomb, le champ irradié.

d'étendre l'émulsion sur des plaques de verre au plomb. La maison Schleussner, de son côté, coule ses émulsions radiographiques sur verre blanc opale spécial : ces plaques donnent des images très claires et sont très sensibles.

La durée du temps de pose dépend non seulement de la sensibilité de l'émulsion, mais aussi du degré d'opacité du sujet et de la force de pénétration des rayons X, celle-ci variant elle-même, comme

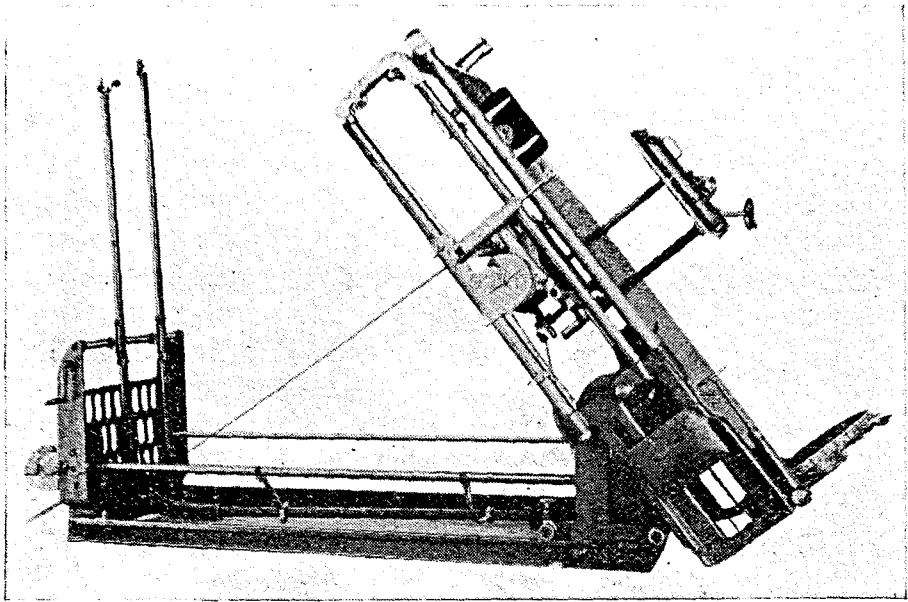


Fig. 131. — Table à inclinaison variable Gaiffe-Gallot-Pilon, permettant l'examen, la radiographie ou la röntgenthérapie sous toutes les incidences. Les mouvements sont produits par un moteur électrique. Ce modèle permet en particulier la téléradiographie.

nous l'avons vu, avec le vide et la tension. Elle est généralement comprise entre une fraction de seconde et plusieurs secondes. On peut toutefois la réduire encore en faisant usage d'un *écran renforceur*. Dès 1895, Röntgen avait observé que la lame de verre et la gélatine des plaques sensibles devenaient fluorescents sous l'action des rayons X. Ce phénomène a été utilisé pour réduire les temps de pose en appliquant contre l'émulsion un écran fluorescent aussi plan que possible. La plaque est tournée le verre vers l'objet et l'ampoule.

Le Dr Van Heurk a fait usage d'écrans aux sels d'uranyle et de plaques en verre chargé d'oxyde d'uranium. Les Drs Winkelmann et R. Straubel ont employé le spath fluor. M. Ducretet a indiqué les lames en feldspath préparées par MM. F. Bapterosses et le verre connu sous le nom d'*agate*. Mais il est bien plus simple de préparer des feuilles de carton sur lesquelles on colle des substances pulvérisées fluorescentes et émettant des rayons secondaires K sous le choc des rayons X. Ces rayons secondaires divers, aussi bien que la lumière fluorescente visible, ajoutent leur action actinique à celle des rayons X sur la plaque. L'action renforçatrice est très faible pour les rayons les plus mous, mais augmente avec leur dureté. Une courte pose avec rayons de 0,17 angström (près de 100 000 volts) agit bien plus par la fluorescence de l'écran que par les rayons X eux-mêmes.

Les écrans au tungstate de calcium à grains très fins paraissent les plus favorables. Il convient d'ajouter que si l'interposition de ces écrans réduit considérablement la durée de la pose, elle présente l'inconvénient d'altérer la netteté de l'image. On le remarque surtout quand on radiographie des os, qui donnent habituellement beaucoup de détails sur leur structure intérieure : un calcanéum, par exemple, est beaucoup moins net avec écran que sans écran. Cependant, pour les régions épaisses, qui offrent toujours des radiographies un peu floues, la présence de l'écran ne rend pas l'épreuve moins nette, tout en permettant de poser 10 fois moins. Il y a avantage à mettre la plaque « en sandwich » entre deux écrans renforçateurs, dont les textures granulaires se compensent et qui additionnent leurs effets.

MM. Hoffmann et Rossler, de Leipzig, en collaboration avec le fabricant Otto Gehler, ont inventé un nouvel écran renforçateur qui, sous l'action des rayons X, émet une lueur bleue violacée impressionnant très rapidement le bromure d'argent. Il faut épouseter soigneusement la surface fluorescente ainsi que l'émulsion avant de les mettre en contact<sup>1</sup>.

On emploie en radiothérapie (et bien plus encore dans les recherches de laboratoire sur la spectrographie des rayons X) des *filtres* arrê-

1. L'exposition fréquente ou prolongée de ces écrans aux rayons X finit par leur conférer une phosphorescence demi-permanente qui voilerait les plaques ou y transporterait l'image précédemment formée. Il faut donc les laisser au repos suffisamment longtemps.

tant les rayons les plus mous et rendant ainsi plus homogène le faisceau transmis. Ce sont des feuilles d'aluminium, de zinc, de cuivre, etc. d'épaisseurs déterminées, de l'ordre du millimètre en général. Il n'y a ordinairement pas lieu de s'en servir en radiographie.

Pour développer les plaques radiographiques, le Dr Hugo Kulh préconise l'emploi du révélateur au glycin préparé suivant la formule de Pizzighelli :

A. Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Glycin . . . . .	30 gr.
Sulfite de soude . . . . .	100 —
Carbonate de soude . . . . .	20 —
B. Eau distillée . . . . .	1 000 cc.
Carbonate de potasse . . . . .	100 gr.

Au moment d'opérer, on mélange parties égales des solutions A et B.

Autre formule :

Eau . . . . .	p. f.	1 000 cc.
Génol. . . . .		2 gr. 5
Hydroquinone . . . . .		10 gr.
Sulfite de soude anhydre . . . . .		100 —
Carbonate de soude anhydre . . . . .		50 —
Bromure de potassium . . . . .		2 —

(Coefficient de Watkins : 12)

La couche sensible étant très épaisse, le développement doit être poussé jusqu'à opacité presque complète du cliché. Il faut ensuite laver abondamment. Le fixage est effectué dans une solution concentrée d'hyposulfite de soude (300 gr. pour 1 l. d'eau) et doit être suivi de lavages encore plus longs que dans les procédés ordinaires, en raison de l'épaisseur de la couche.

On active ensuite le séchage, en trempant la plaque dans l'alcool pendant cinq minutes.

Le tirage des épreuves radiographiques est effectué suivant les procédés positifs ordinaires, sur papier au citrate ou sur papier au gélatinobromure, ou encore sur plaques diapositives. Si l'épreuve est exécutée sur papier, il y a lieu de faire une distinction sur le sens de la reproduction. Quand le cliché a été exécuté avec écrans renforçateurs, c'est-à-dire verre en avant (vers le sujet) et gélatine en

arrière, l'épreuve tirée par contact offre une reproduction exacte du sujet. Mais quand la plaque est exposée gélatine en avant, alors l'image est inversée, comme si le sujet était observé dans un miroir. Si l'on veut avoir une reproduction redressée, il est facile d'y remédier en exécutant un contretype du cliché radiographique.

La radiographie ne donne, en principe, que des silhouettes, des projections d'ombres sur lesquelles on ne distingue pas la succes-

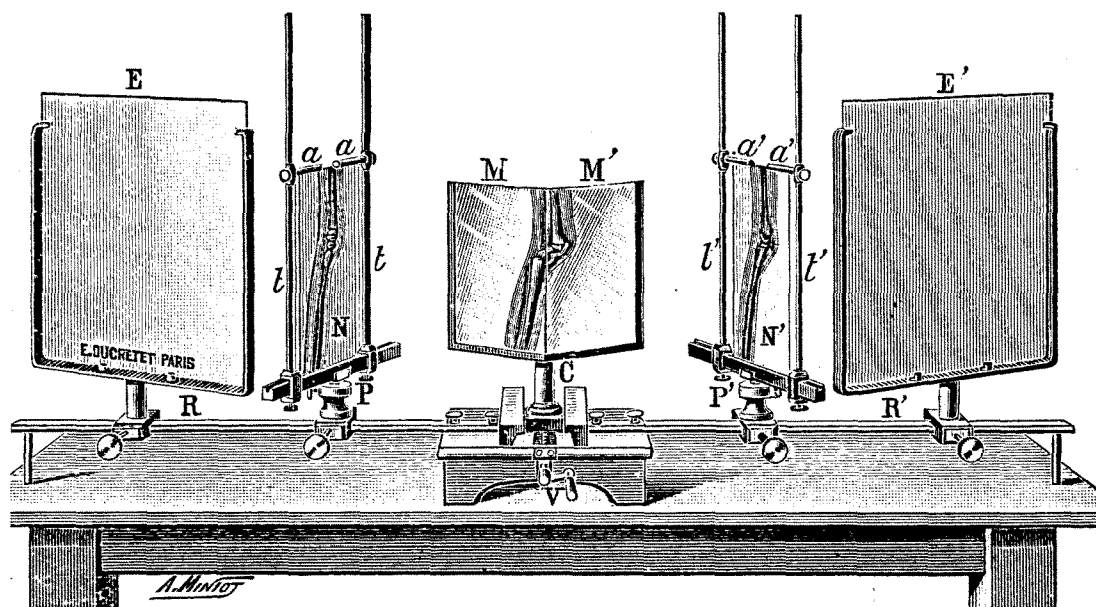


Fig. 132. — Stéréoscope à miroirs.

sion des plans différents et qui ne renseignent par conséquent que très imparfaitement sur la forme exacte du sujet, sur sa structure intérieure et sur la position précise qu'occupe tel ou tel détail. On arrive pourtant à mettre en évidence le relief des objets radiographiés et à localiser l'objet que l'on veut rechercher, en appliquant la méthode stéréoscopique. A cet effet, on peut radiographier le sujet à l'aide d'un tube double (fig. 127) ou exécuter successivement deux clichés en se servant d'un seul tube placé dans des positions différentes pendant les deux poses, mieux encore en le faisant basculer de quelques degrés au-dessus du sujet. Les deux épreuves constituant le couple stéréoscopique sont observées, soit dans un stéréoscope ordinaire si elles sont d'un format suffisamment réduit, soit dans

le stéréoscope à miroirs de D<sup>r</sup> Krouchkoll (fig. 132), simple adaptation de celui de Wheatstone, qui permet d'examiner les radiographies sur verre ou sur papier de toutes dimensions, jusqu'au format  $40 \times 50$ . Les deux miroirs plans en verre argenté M, M' sont disposés à 90° l'un de l'autre et mobiles dans le sens vertical. Leur ensemble est commandé par la vis de rappel V qui les fait mouvoir perpendiculairement à la règle RR'. Les porte-plaques P, P' portent des tiges mobiles *t, t', a a'* entre lesquelles sont maintenues les plaques ou épreuves stéréoscopiques. En déplaçant P et P' sur la règle RR', on arrive rapidement à obtenir la superposition des deux images, lorsqu'on regarde avec un œil dans chaque miroir. Deux écrans blancs mobiles E, E' servent à refléter la lumière sur les images N, N'.

Cette combinaison met en pleine évidence la structure réelle des corps opaques. On aperçoit ainsi, dans leurs véritables dispositions, les organes cachés sous les tissus les plus épais des êtres vivants, que l'on aurait crus à jamais inaccessibles à l'observation directe sans recourir à la dissection. La science moderne, par le concours de l'électricité, de la photographie et du stéréoscope, a singulièrement étendu le champ de nos investigations, et nous lui devons le don de voir l'invisible.

Il faut enfin ajouter que grâce à l'emploi des rayons très pénétrants émis sous haut potentiel par les tubes durs, on peut radiographier non seulement à travers les chairs (chirurgie) ou le bois (douanes, etc.), mais à travers des métaux légers ou peu épais. Une précieuse application de ce principe est faite en métallurgie : l'examen aux rayons durs d'une pièce coulée y décèle en taches claires les soufflures, bulles, criques, pailles et autres vides inclus dans le métal, impossibles à mettre en évidence autrement (ou du moins à localiser), et dont l'existence peut provoquer la rupture de la pièce. La pénétration nécessaire exige des tubes travaillant sous 200 000 et 250 000 volts.

Mentionnons, plus accessoirement, l'expertise des perles naturelles et cultivées, des tableaux d'après la nature des constituants colorants, des fossiles, etc.

## OUVRAGES A CONSULTER

- A. PARSER-MUHLBACHER, *Röntgenphotographie*, 2<sup>e</sup> édition, Berlin (Gustav Schmidt), 1908.
- E. COUSTET, *Les Rayons X et leurs applications*, Paris (Ch. Delagrave), 1914.
- J. THIBAUD, *Les Rayons X*, Paris (A. Colin), 1930.
- M. DE BROGLIE, *Les Rayons X*, Paris (Presses universitaires de France), 1922.
- DAUVILLIERS, *La technique des rayons X*, Paris (Presses universitaires de France), 1924.
- CHANOZ, *La Photographie des Radiations invisibles*, Paris (Doin), 1917.
- H. PILON, *Le tube Coolidge*, Paris (Masson), 1919.
- LOISEL et LOMON, *La Physique des Rayons X à l'usage des médecins*, Paris (Masson), 1925.
- F. WOLFERS, *La Physique des Rayons X*, Paris (Hermann), 1928.
- L. DIOCLÈS, *Téléradiographie et Stéréoradiographie*, Paris (Masson), 1930.
- M. LEBLANC, *La décharge électrique dans le vide et dans les gaz*, Paris (J.-B. Baillière), 1929.
-





# TABLE DES MATIÈRES

---

INTRODUCTION. . . . . V

## LIVRE PREMIER

### MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE

#### CHAPITRE PREMIER. — La chambre noire.

Organes essentiels. — Chambres d'ateliers. — Chambres portatives. —  
hâssis. — Magasins. — Viseurs. — Supports . . . . . 15

#### CHAPITRE II. — L'objectif.

Propagation de la lumière. — Lentilles. — Foyer. — Aberrations et  
erreurs. — Profondeurs de foyer et de champ. — Diffraction. —  
Absorption et réflexion. — Caractéristiques. — Longueur focale. —  
Ouverture. — Angle. — Monture, diaphragmes parasoleil. — Objectifs  
simples, à portraits, aplanats, grands angulaires, anastigmats, à liquides.  
— Téléobjectifs. — Anachromatiques. — Choix et emploi. — Sténopé. 35

#### CHAPITRE III. — L'obturateur.

Notions générales. — Obturateurs à volets, à guillotine, à rideau, cen-  
traux. — Obturateur de plaques. — Mesure de la vitesse. — Rende-  
ment. — Déclencheurs. — Auto-déclencheurs. . . . . 75

#### CHAPITRE IV. — Le laboratoire et l'atelier.

Dispositions générales. — Cabinet noir. — Outillage. — Cuvettes. —  
Laboratoire simplifié d'amateurs. — Contrôle de l'étanchéité. —  
Atelier de pose. — Éclairage. — Accessoires de pose, fonds, écrans. . . 89

## LIVRE II

### L'IMAGE NÉGATIVE .

#### CHAPITRE V. — Le gélatinobromure.

Historique. — Fabrication des plaques. — Supports souples. —  
Plaques orthochromatiques. — Anti-halo. — Conservation et régénération  
des plaques. — Sensitométrie. . . . . 106

## CHAPITRE VI. — L'exposition.

Chargement. — Installation de l'appareil. — Mise au point, télémètres. — Temps de pose. — Photomètres. — Prise du sujet. — Artifices divers. Lumière artificielle . . . . .

## CHAPITRE VII. — Le développement.

Image latente. — Destruction de l'image latente. — Régénération de la plaque. — Généralités sur le développement. — Composition et caractères des principaux révélateurs. — Adurol, Amidol, Chloranol, Créso-phénol, Diamidorésorcine, Edinol, Glycin (*Iconyl*), Hydramine, Hydroquinone, Iconogène, Hydroquinone-iconogène, Métol, Hydroquinone-métol, Métoquinone, Ortol, Oxalate ferreux, Paramidophénol, Paraphénylènediamine, Pyrocatechine, Pyrogallol. — Révélateurs physiques. — Développement contrôlé. — Développement rationnel, ou méthodique (au pyrogallol). — Développement en deux cuvettes. — Développement lent. — Activation par la lumière. — Développement chronométré (coefficient de Watkins). — Développement à durée fixe, à la machine. — Désensibilisateurs. — Développement et fixage simultanés. — Développement après fixage . . . . .

## CHAPITRE VIII. — L'achèvement du phototype.

Fixage. — Durcissement. — Élimination de l'hyposulfite. — Dessiccation. — Correctifs. — Renforçateurs au bichlorure de mercure, à l'iodure de mercure, au ferricyanure d'urane, au ferricyanure de cuivre, à l'argent, au bichromate avec second développement. — Affaiblisseurs au ferricyanure de potassium (Farmer), aux sels de cérium, au persulfate d'ammoniaque, à la quinone, à l'acide chromique, à l'acide permanganique, à l'eau céleste, à l'alun de fer, par second développement. — Vernissage. — Retouche. — Pelliculage. — Insuccès dans le négatif. . .

## CHAPITRE IX. — Procédés au collodion.

Généralités. — Collodion humide. — Collodion sec. — Collodio-bromure. . . . .

## LIVRE III

## L'IMAGE POSITIVE

## CHAPITRE X. — Les photocopies par noircissement direct

Procédés au chlorure d'argent. — Papier salé. — Papier albuminé. — Gélatino-chlorure (citrate, aristotype). — Collodiochlorure. — Emploi de ces papiers. — Tirage. — Marges et vignettes. — Virage à l'or. — Fixage. — Virage-fixage. — Virages sans or. — Virage au platine. — Virages divers. — Papiers auto-vireurs. — Lavages. — Séchage. — Photographies sur étoffes. — Insuccès divers. . . . .

CHAPITRE XI. — Les photocopies par développement.

Développement des papier aristotypes. — Papiers au gélatinobromure. — Virage des papiers au bromure. — Teinture par mordantage. — succès divers. — Papiers au platine. — Papiers aux sels de fer. — dlitypie. — Papier sépia. — Chromatypie au cuivre. — Papiers aux sels uranium. . . . . 273

CHAPITRE XII. — Les procédés pigmentaires.

Invention du procédé au charbon. — Fabrication. — Sensibilisation. Tirage. — Transfert simple. — Dépouillement. — Double transfert. Insuccès. — Charbon sans transfert. — Gomme bichromatée. — ototypie. — Ozotypie à la gomme. — Ozobromie. — Procédé aux cres grasses, Bromoïl. — Procédés aux poudres. — Émaux. — Hydro- pie. — Teinture photographique. . . . . 306

CHAPITRE XIII. — Terminaison et montage des photocopies.

Calibrage. — Montage à la colle. — Satinage. — Montage à sec. — açage. — Retouche. — Coloriage . . . . . 348

CHAPITRE XIV. — Les diapositifs.

Notions générales. — Plaques à tons noirs. — Plaques à tons chauds. Virages. — Plaques aux sels de fer. — Coloriage. — Montage. . . . 362

CHAPITRE XV. — Positifs directs et contretypes.

Positifs directs par réflexion. — Contretypes au gélatinobromure chromaté. — Contretypes par surexposition. — Contretypes par version — Phototégie . . . . . 372

CHAPITRE XVI. — Les impressions photomécaniques.

Historique. — Phototypes. — Photocollographie. — Photolitho- graphie. — Héliogravure au grain de résine, à la trame, rotogravure. — ototypographie au trait. — Similigravure tramée. . . . . 383

LIVRE IV

CHROMOPHOTOGRAPHIE

CHAPITRE XVII. — Le procédé trichrome.

Historique. — Principe. — Pratique de la trichromie. — Sélection des uleurs. — Synthèse par tirage au charbon, par imbibition. — Simili ichrome. — Dichromie . . . . . 419

CHAPITRE XVIII. — Les plaques à filtres colorés.

Invention de la trichromie par éléments juxtaposés. — Fabrication es plaques autochromes. — Exposition. — Traitement normal. — éveloppement méthodique. — Sulfuration. — Insuccès. — Hypersen-

sibilisation. — Reproductions positives et négatives des autochromes. —  
Filtres trichromes à éléments réguliers. — Applications. . . . .

**CHAPITRE XIX. — Les procédés par adaptation.**

Colorations du chlorure d'argent. — Procédés par décoloration. . . . .

**CHAPITRE XX. — Procédés physiques : méthode interférentielle et méthodes par dispersion.**

Historique. — Principe de la méthode interférentielle. — Préparation des plaques. — Exposition. — Développement. — Examen et montage. — Insuccès. — Applications. — Procédés par dispersion . . .

LIVRE V

**APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE**

**CHAPITRE XXI. — La stéréoscopie.**

La notion du relief. — Vision binoculaire, stéréoscope. — Appareils et méthodes stéréoscopiques. — Hyperstéréoscopie. — Plaques auto-stéréoscopiques. — Photographie intégrale. — Photostéréosynthèse. — Anaglyphes. — Projections . . . . .

**CHAPITRE XXII. — La photographie documentaire et topographique.**

Généralités. — Reproductions. — Photographie judiciaire. — Métrophotographie. — Cartographie. — Transmission télégraphique des photographies. — Vues caricaturales. . . . .

**CHAPITRE XXIII. — Agrandissements et projections.**

Généralités. — Agrandissements à la lumière diurne, artificielle. — Agrandisseurs. — Artifices d'exécution. — Retouche des agrandissements. — Projections. . . . .

**CHAPITRE XXIV. — La cinématographie.**

Analyse du mouvement. — Synthèse du mouvement. — Prise des vues cinématographiques. — Développement et fixage. — Tirage des positifs. — Projection. . . . .

**CHAPITRE XXV. — La microphotographie.**

Premiers essais. — Emploi du microscope composé. — Éclairage. — Limites du grossissement. — Ultramicroscopie . . . . .

**CHAPITRE XXVI. — La photographie astronomique.**

Généralités. — Photographies du Soleil, de la Lune, des planètes et satellites, des comètes. — Carte du Ciel . . . . .

**CHAPITRE XXVII. — La radiographie.**

Découverte des Rayons X. — Matériel radiographique. — Procédés radiographiques . . . . .

Librairie DELAGRAVE, 15, rue Soufflot, PARIS (V°).

---

## ENCYCLOPÉDIE MÉNAGÈRE

de cuisine et assemblage. La vie domestique. Recettes de cuisine.

par Mmes SCHÉFER, AMIS et FRANÇOIS

3 volumes (12 × 18,5), reliés, en étui.

---

mille.

## RECETTES DE CUISINE PRATIQUE

par Mmes SCHÉFER et FRANÇOIS

1 volume (12 × 18,5), 394 pages, illustré de nombreuses figures. Broché cartonné.

---

## COURS D'AUTOMOBILE THÉORIQUE ET PRATIQUE

par les Lieutenants CORMIER et BAILLIÈRE

du Service Automobile de l'Armée

Édition entièrement refondue, contenant le nouveau  
code de la route.

91 figures, 26 planches hors-texte, 4 planches en couleurs.

Un volume in-8°, relié toile.

---

## COURS PRATIQUE D'AVIATION

par le Commandant GAMBIER

et le Lieutenant de vaisseau AMET

Un volume in-8°, illustré de 232 figures et photographies.

Broché ou relié.

## Collection professionnelle de l'Ouv

Directeur : **Raoul CAILLAULT**

Chaque fascicule, avec nombreuses illustrations.

### AUPETIT. — **Notions de mathématiques et de sciences élémentaires.**

1. Arithmétique, algèbre, trigonométrie.
2. Mécanique, électricité.
3. Chimie, physique.

### CAILLAULT. — **Ajusteur-Mécanicien.**

1. Vérification, traçage.
2. Ajustage.
3. Trempes. Organes de machines.
4. Perçage, rabotage, mortaisage.
5. Tournage.
6. Alésage, fraisage.
7. Rectification, décolletage.

Les 7 fascicules réunis en 1 volume cartonné.

### DEROUET. — **Mouleur-Fondeur.**

1. Sables, terres et noirs de fonderie.
2. Sables, terres et noirs de fonderie.
3. Moulage à la main.
4. Moulage mécanique.
5. Noyautage. Séchage.
6. Fusion.
7. Renmoulage. Coulée, Ébarbage.
8. Fonderie de cuivre et alliages d'

### BELLIÈRE. — **Forgeron.**

1. Martelage. Étirage. Foulage.
2. Outillage.
3. Soudage.
4. Forgeage et trempe de l'acier.
5. Forge de chaudronnerie.
6. Pilons. Moutons. Presses.

Les 6 fascicules réunis en 1 volume cartonné.

### CAILLAULT. — **Traceur de chaudronnerie.**

1. Épures de développement.
2. Outillage du traceur.
3. Outillage du chaudronnier.

Les 3 fascicules réunis en 1 volume cartonné.

### FRUIT. — **Serrurerie d'art.**

1. Fers, tôles, ornements.
2. Tracé des courbes.
3. Assemblage de serrurerie.
4. Façonnage et soudures.
5. Ornements. Styles.

Album de séries d'exercices. N<sup>o</sup> 1.  
Album de séries d'exercices. N<sup>o</sup> 2.

### AUPETIT. — **Céramique du bâtiment.**

1. Argiles.
2. Briques.
3. Tuiles et carreaux.
4. Carreaux décorés.
5. Matériaux agglomérés.

Les 5 volumes réunis en 1 volume cartonné.

### SAUVANET. — **Aviation.**

1. Notions d'aérodynamique. Organes de l'avion.
2. L'avion en vol. L'hélice. Principaux avions.
3. Matériaux. Détails de construction.
4. Montage, réglage, entretien. Le moteur.
5. Détermination de la puissance. Organes du moteur.
6. Carburant et allumage.
7. Refroidissement. Graissage. Caractéristiques de quelques moteurs.

Les 7 fascicules réunis en 1 volume cartonné.

Librairie DELAGRAVE, 15, rue Soufflot, PARIS (V<sup>e</sup>).

---

## LA LUMIÈRE

par le Professeur A. TURPAIN

Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers

Volume in-8° (20 × 30), illustré de 136 dessins et photographies.  
*ouvelle édition*, broché ou relié.

---

## MOTEUR DIESEL et ses DÉRIVÉS

(Moteurs à boule chaude et moteurs à précombustion)

par F. ECORCHON

Ingénieur Mécanicien principal de la Marine

Un volume in-8° (16 × 25), illustré, broché.

---

## THÉORIE DU GRAISSAGE

par N. CHAMPSAUR

Ingénieur au corps de l'Aéronautique

Un volume (16 × 25), broché.

---

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU GRAISSAGE

par P. WOOG

Un volume (16 × 25), broché.

---

## COURS DE CHIMIE

*Classe de Mathématiques spéciales, candidats aux grandes Écoles.*

par G. RUMEAU

Professeur agrégé au Collège Chaptal

I. **Chimie générale.** Un volume in-8°, figures, broché.

II. **Métalloïdes.** Un volume in-8°, figures, broché.

---

## UTILISATION DE L'ÉNERGIE DES MARÉES EN FRANCE

par G. MOREAU

Doyen de la Faculté des Sciences de Rennes

Un volume in-8°, raisin, illustré de figures, broché.

---



## ***Bibliothèque de l'Ingénieur et du Physi***

---

(Extrait)

Directeur : **H. BOUASSE**  
Professeur à la Faculté de Toulouse

Volumes in-8<sup>o</sup> raisin, brochés ou reliés.

**Optique géométrique élémentaire**  
*(Focométrie. Optométrie)*

**Optique géométrique supérieure**  
*(Caustiques. Rayons courbes. Lentilles cylindriques)*

**Appareils de mesure et d'observati**  
*(Construction. Description. Emploi)*

**Vision et reproduction des formes  
et des couleurs** *(Photométrie. Photographie.*

**Interférences** *(Théorie complète des instruments.*

**Diffraction**

---

**Cristallographie géométrique**

**Phénomènes liés à la symétrie**

---

**Optique cristalline** *(Polarisation rectiligne et elli*

**Optique cristalline**

*(Polarisation rotatoire, cristaux mous).*

---

**Mathématiques générales**

**Exercices et compléments  
de Mathématiques générales**

---

Demander prospectus complet de la **Bibliothèque BOUASS**

# Les Poissons

et

## Le Monde vivant des Eaux

ÉTUDES ICHTHYOLOGIQUES  
ET PHILOSOPHIQUES

PAR LE

**D<sup>r</sup> Louis ROULE**

Professeur au Muséum, Membre de l'Académie d'Agriculture.

---

*Neuf volumes in-8° raisin, illustrés de nombreux dessins dans le texte et de planches en trichromie, d'après les aquarelles d'Angel.*

### En vente :

- Tome I. — Les formes et les attitudes.  
— II. — La vie et l'action.  
— III. — Les voyages et les migrations.  
— IV. — Les œufs et les nids.  
— V. — Les larves et les métamorphoses.  
Chaque volume, broché et relié.

### A paraître :

- Tome VI. — Les poissons des eaux douces.  
— VII. — Les poissons du rivage et de la haute mer.  
— VIII. — Les poissons des abîmes marins.  
— IX. — Les pêches et la pisciculture.

# LA FAUNE DE LA FRANCE

par Rémy PERRIER  
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris

## en tableaux synoptiques illustrés

*Collection complète en onze fascicules. — Chaque fascicule forme un volume très abondamment illustré, de format commode 12,5 × 22, cartonnage souple.*

Parus : II. Crustacés. Arachnides.

III. Myriapodes. Insectes inférieurs.

*Thysanoures. — Collemboles. — Archiptères. — (Ét  
mères. — Perles. — Libellules. — Psoques. — Termites)  
Orthoptères. — Néoptères.*

IV. Hémiptères. Lépidoptères.

V. Coléoptères (1<sup>re</sup> Partie).

VI. Coléoptères (2<sup>e</sup> Partie).

IX. Mollusques. Protocordés (Tuniciers, Amphiox)

X. Vertébrés.

A paraître : I.A. Protozoaires.

I.B. Cœlentérés. Spongiaires. Échinodermes

VII. Hyménoptères.

VIII. Diptères.

---

A TRAVERS BOIS ET PRAIRIE

## FLORE ÉLÉMENTAIRE

pour servir d'introduction à la pratique de la botanique

par FRITEL et CHARPIAT

Un vol. (11,5 × 18) orné de 170 reproductions des plantes les plus communes de France. — Couverture souple.

---

SUR NOS CÔTE

## A MARÉE BASSE

Animaux et plantes du littoral

par LES MÊMES

Un vol. in-16 (11,5 × 18) orné de 162 fig. — Cartonnage souple.

---

16930. — BROADARD ET TAUPIN, Coulommiers-Paris (France). — 8-32.

---