http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Auteur ou collectivité : Fabre, Charles
Auteur : Fabre, Charles (1851-1933)
Titre : Les industries photographiques : matériel, procédés négatifs, procédés positifs, tirages industriels, projections, agrandissements, annexes

Adresse : Paris : Gauthier-Villars, [1904?]
Collation : 1 vol. (602 p.) : ill. ; 25 cm
Cote : CNAM-BIB 8 Ke 436
Sujet(s) : Photographie ; Photographie -- Appareils et matériel
Langue : Français

Date de mise en ligne : 03/10/2014
Date de génération du PDF : 26/9/2017

Permalien : http://cnum.cnam.fr/redir?8KE436

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES INDUSTRIES

PHOTOGRAPHIQUES

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

*Tous les exemplaires des INDUSTRIES PHOTOGRAPHIQUES devront être revêtus de la signature du Fondateur de l'*Encyclopédie Industrielle *et de la griffe du Libraire.*



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Ke 436

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondée par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite

LES INDUSTRIES PHOTOGRAPHIQUES

PAR

C. FABRE

Docteur ès sciences

Auteur du « Traité Encyclopédique de Photographie »

8° Ke 436
t. 30
Février 1904

MATÉRIEL. PROCÉDÉS NÉGATIFS. PROCÉDÉS POSITIFS.
TIRAGES INDUSTRIELS. PROJECTIONS. AGRANDISSEMENTS.
ANNEXES

PARIS

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES, ETC.

55, quai des Grands-Augustins

Tous droits réservés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LES INDUSTRIES PHOTOGRAPHIQUES

Nous étudierons dans ce volume les principales industries photographiques, soit qu'elles aient pour objet la production de l'image photographique, soit qu'elles s'adressent à la construction du matériel ou à la fabrication des produits photographiques.

Ce travail est divisé en cinq parties. La première traite du matériel photographique et des procédés de fabrication de ce matériel.

Dans la seconde partie nous décrivons les procédés employés dans l'industrie pour obtenir les images négatives, tandis que la troisième sera consacrée à la description des procédés dits positifs.

La quatrième partie sera consacrée à la description des procédés de tirage industriel, soit en noir, soit en couleurs.

Enfin le livre V traitera des divers modes de projection des images photographiques ; ces procédés, dont l'emploi ne remonte pas à un très grand nombre d'années, sont très répandus aujourd'hui et ont provoqué la création d'une branche spéciale de l'industrie photographique.

Un appendice, dont on trouvera la composition à la Table des matières, terminera l'ouvrage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PREMIÈRE PARTIE

MATÉRIEL

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIVRE I

CHAPITRE PREMIER

CHAMBRES NOIRES ET ACCESSOIRES; FABRICATION

§ 1. — CHAMBRES NOIRES D'ATELIER

1. Conditions d'établissement des chambres noires. — L'appareil photographique se compose essentiellement d'une chambre noire, munie d'un objectif sur l'une de ses faces et d'une glace dépolie sur la face opposée, c'est sur cette glace dépolie que vient se montrer l'image formée par l'objectif; la glace dépolie est mobile et peut être remplacée par un châssis, sorte de cadre pouvant contenir une surface sensible à la lumière qui devra occuper rigoureusement la place de la glace dépolie.

Les images des objets extérieurs se formant sur la glace dépolie à distances variables de l'objectif, les deux faces de la chambre noire doivent être disposées de telle sorte que l'on puisse faire varier la distance de la glace dépolie à l'objectif.

Dans ce mouvement l'axe de l'objectif doit toujours être perpendiculaire au plan sur lequel se forme l'image; ce n'est que dans quelques cas particuliers que l'on déroge à cette règle. La condition de perpendicularité est assurée en fixant l'objectif à un cadre glissant sur des coulisses constituant la base de la chambre noire : sur cette base

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est assujetti un autre cadre qui porte la glace dépolie et qui est rigoureusement parallèle au cadre porte objectif. Les deux cadres peuvent tous les deux être mobiles (fig. 1) et se fixer en des points quelconques de la base, ou bien l'un des deux est mobile et l'autre fixe : pour faciliter l'examen de l'image il convient de rendre mobile le cadre

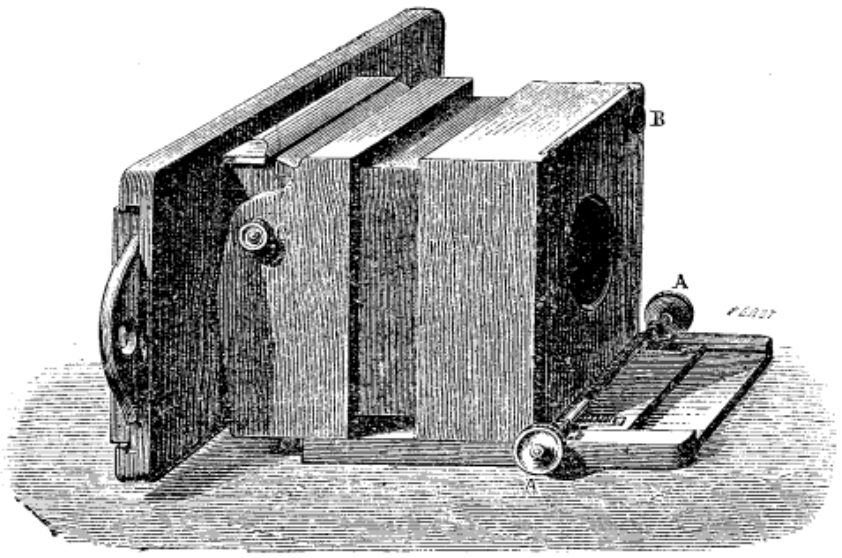


Fig. 1

porte-objectif et de maintenir fixe celui qui porte la glace dépolie. L'opérateur couvre d'un voile noir la chambre noire et peut alors examiner dans une obscurité relative l'image formée par l'objectif. L'opération qui consiste à obtenir l'image de netteté maxima porte le nom de *mise au point*.

S'il s'agit d'effectuer des agrandissements ou des reproductions d'une image transparente, positive ou négative on ajoute aux deux corps précédents de la chambre un troisième corps destiné à porter l'objectif: on obtient alors une chambre dite à trois corps (fig. 2). Ce troisième corps se place alors à la partie antérieure de l'appareil : il est fixé perpendiculairement à un chariot rentrant dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

base de l'appareil, chariot qui est mobile au moyen d'une vis sans fin que l'on manœuvre à l'aide d'une manivelle, tandis que deux pignons assujettis à la base et deux crémaillères fixées au chariot assurent la régularité des mouvements de tout le système. Le corps du milieu et le corps

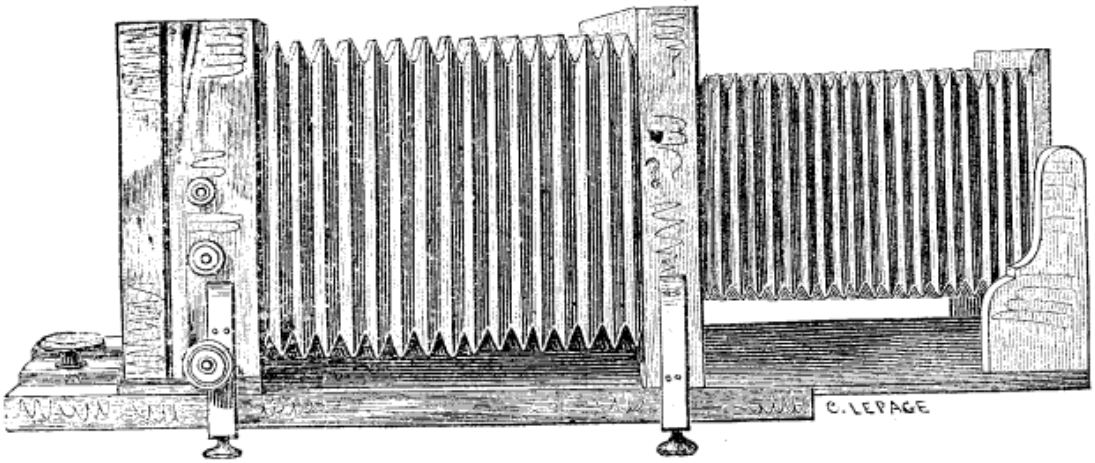


Fig. 2

d'arrière peuvent être déplacés soit à l'aide de vis sans fin, soit plus simplement à l'aide de crémaillères fixées sur la partie supérieure du chariot et de pignons qui attaquent ces crémaillères. C'est ce dernier dispositif qui est adopté dans la plupart des modèles de chambre noire.

Les différents corps de l'appareil sont réunis par un soufflet de forme carrée ou rectangulaire, suivant la forme des corps de la chambre. Dans le but de diminuer le poids et le volume de l'appareil on fait souvent le soufflet en forme de tronc de pyramide à base carrée ou rectangulaire : ce soufflet porte improprement le nom de soufflet conique ; si, au lieu d'être collé directement au cadre porte-objectif, il est fixé à un anneau susceptible de tourner dans le plan de ce cadre, la chambre noire est dite à *cône tournant* ou à soufflet tournant ; ce système a été très employé pour les chambres de voyage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces divers modèles de chambre on cherche à assurer la stabilité des divers corps en les fixant solidement à la base ou au chariot soit à l'aide de vis fixes, soit avec des écrous, si les cadres sont d'une certaine épaisseur, condition favorable à la solidité ; pour les appareils de très petit format (9×12 par exemple), on peut se contenter d'accrocher le cadre à la base à l'aide de vis à tête ronde s'engageant dans une platine à bayonnette (fig. 3) ; mais ce système est, en général, très défectueux sous le rapport de la stabilité.

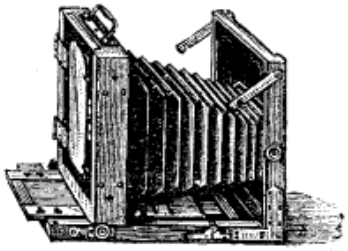


Fig. 3

Quel que soit le type de chambre noire adopté, la perpendicularité de l'axe de l'objectif à la surface sensible, si elle n'est pas établie une fois pour toutes par le constructeur, doit pouvoir être facilement réalisée par le photographe ; chacun des cadres doit se mouvoir régulièrement sur la base de l'appareil, sans temps perdu et sans trop de jeu ; un écrou de serrage doit d'ailleurs permettre d'arrêter les cadres mobiles lorsque la mise au point est réalisée.

Ces conditions de stabilité peuvent être obtenues de façons très différentes suivant l'usage auquel on destine les appareils photographiques ; une chambre noire destinée à faire uniquement des reproductions pourra être très lourde, ce qui ne présente aucun inconvénient pour un appareil fixé à demeure, tandis qu'un appareil de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voyage devra être aussi léger que le comportent les conditions précédentes; pour le photographe portraitiste, travaillant uniquement dans l'atelier de pose, la chambre noire devra être massive et susceptible de recevoir des crémaillères et vis sans fin très précises pour la mise au point des objectifs à grande ouverture. Nous devons examiner en détail la disposition et le fonctionnement de chacun de ces organes.

2. Chambres pour reproductions. — La base des chambres noires pour reproductions est généralement à double tirage; elle est placée sur un ou plusieurs piliers en maçonnerie très solidement fondés dans le sol si l'atelier est dans un rez-de-chaussée; dans le cas d'un atelier placé à un étage supérieur la chambre noire est disposée sur un pied reposant sur des lambourdes fixées au mur et parfaitement isolées du plancher de façon à éviter toute trépidation provenant de celui-ci. La base de la chambre est à coulisses, de longueur variable. On utilise depuis peu de temps pour cet objet des coulisses d'acier, parfaitement dressées et analogues à celles qui sont employées pour les tours de précision, la base porte des deux côtés une graduation en centimètres et millimètres; devant la graduation se placent des repères fixés aux divers corps de la chambre.

La chambre est à trois ou quatre corps; les corps intermédiaires ont pour objet le maintien du soufflet, qui, dans les appareils de grande dimension, tend à entraîner la partie supérieure du cadre auquel il est collé et détruit ainsi la verticalité du plan de la glace dépolie. On peut d'ailleurs obvier en partie à cet inconvénient en disposant, entre le soufflet et la base, des cales de bois sur lesquels repose le soufflet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le corps d'avant porte l'objectif fixé au centre d'une planchette carrée de 5 millimètres d'épaisseur et dont les dimensions des côtés sont 75, 100, 125 et 150 millimètres. Pour les formats supérieurs à 150 millimètres l'épaisseur de la planchette est de 10 millimètres. Les objectifs sont montés au centre de ces planchettes qui se fixent elles-mêmes à l'aide de taquets à la face antérieure du cadre. Il n'est pas utile que la partie antérieure de ce cadre soit montée à coulisses pour excentrer l'objectif; si l'appareil ne sert que pour la reproduction d'objets plans, il vaut mieux que le prolongement de l'axe optique de l'objectif aille passer par le centre de la glace dépolie et par suite par le centre des plaques de divers formats que l'on pourra utiliser.

Le cadre antérieur peut se mouvoir à l'aide d'une longue vis sans fin, manœuvrée par une manivelle à portée de la main de l'opérateur pendant qu'il examine l'image sur la glace dépolie: l'objectif peut ainsi s'éloigner ou se rapprocher du sujet à reproduire pendant que l'immobilité de la glace dépolie facilite l'examen de l'image. Le parallélisme des deux corps est assuré grâce à deux pignons actionnant deux crémaillères fixées au chariot de la base.

Des glissières en bronze empêchent tout mouvement latéral. La graduation de la base permet, dans le cas de reproduction à une échelle déterminée, de trouver immédiatement, au moyen de table spéciales établies pour chaque objectif, la place à laquelle il convient de fixer le cadre porte-objectif et le châssis à glace dépolie.

Les cadres intermédiaires sont disposés pour recevoir des porte-glaces, ce qui est utile dans le cas où l'on veut agrandir ou réduire des images sur verre : il est bon que ces cadres intermédiaires soient établis comme ceux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des châssis servant pour les procédés de phototypogravure (fig. 4 et 5).

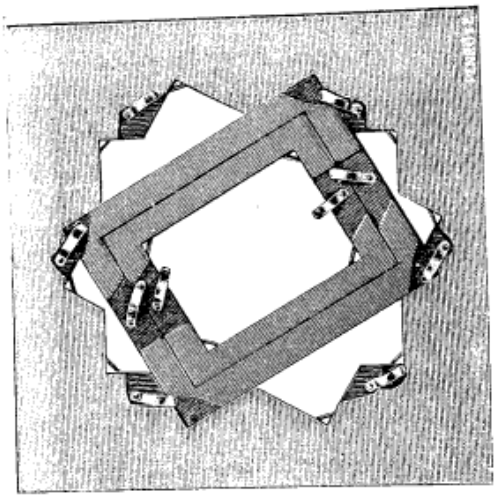


Fig. 4

La partie qui porte la glace dépolie est disposée pour recevoir soit un châssis à rideau permettant de placer

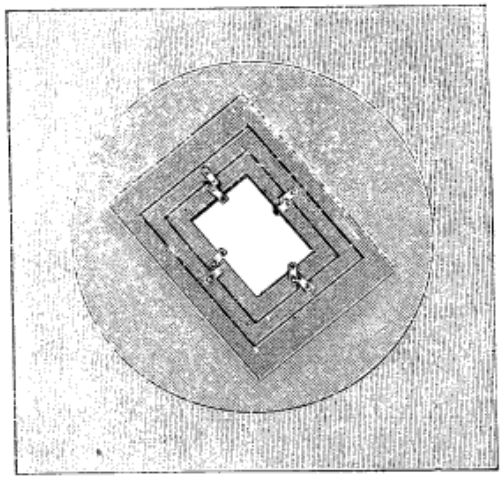


Fig. 5

les glaces de toute grandeur, soit un châssis porte-trame (fig. 6 et 7) permettant de placer à une distance quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conque, mais toujours parallèlement à la glace sensible, la trame utilisée dans les procédés de phototypographie

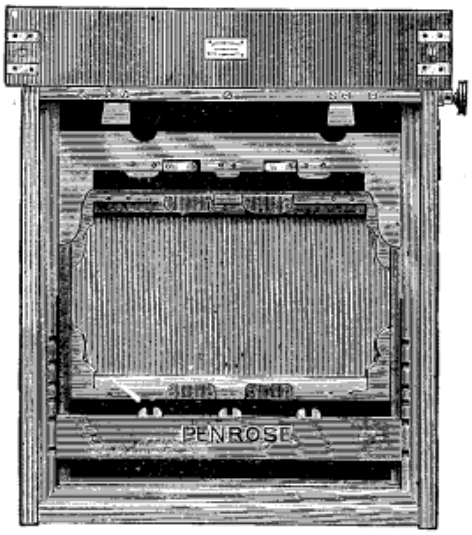


Fig. 6

à demi-teinte. La distance entre les deux surfaces se

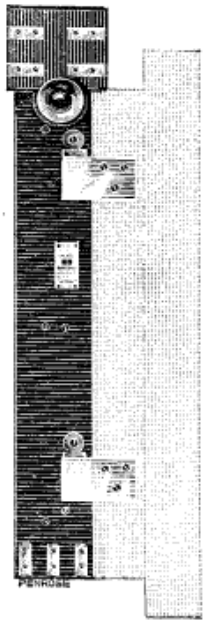


Fig. 7

règle par un volant extérieur ; une plaque indicatrice

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permet d'enregistrer la distance entre la trame et la glace sensible. Le parallélisme est complet dans toute la course de la trame. La mise au point se fait sur une glace dépolie dans le châssis même : au centre de cette glace le contact optique est rétabli sur une surface carrée de 0 m. 025 de côté pour la mise au point de la trame sur l'image aérienne ; on peut ainsi voir l'effet de la trame sur l'ensemble de l'image. Le rideau du châssis est absolument mobile : il sort complètement des glissières et laisse le champ libre.

Le bois de ce châssis est rendu imperméable : une rainure placée à la partie inférieure permet l'écoulement de la solution de nitrate d'argent utilisée dans les procédés du collodion humide.

Dans certaines chambres noires très perfectionnées, le mouvement d'avant en arrière, nécessaire pour une mise au point très exacte, s'effectue à l'aide d'une vis micrométrique permettant de faire avancer ou reculer le cadre arrière qui glisse sur des rails d'acier ou de bronze poli ; le mouvement rapide nécessaire à une mise au point approximative se fait à l'aide d'une vis sans fin.

Tous ces mouvements sont commandés du côté de la glace dépolie, de telle sorte que tout en examinant l'image l'opérateur puisse augmenter ou diminuer la distance qui sépare la chambre noire de l'objectif.

3. Chambre noire pour portraitistes. — La chambre noire destinée à l'atelier du photographe portraitiste doit être plus facilement maniable que celle destinée aux reproductions : tous les organes de l'appareil doivent être construits avec le plus grand soin, car l'emploi d'objectifs à grande ouverture par rapport à la distance focale exige une mise au point très soignée, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

profondeur de champ de ces objectifs étant très faible.

Pour les chambres noires de petite dimension on utilise le modèle à deux corps ; la partie arrière qui porte la glace dépolie (fig. 8) est constituée par deux cadres entrant l'un

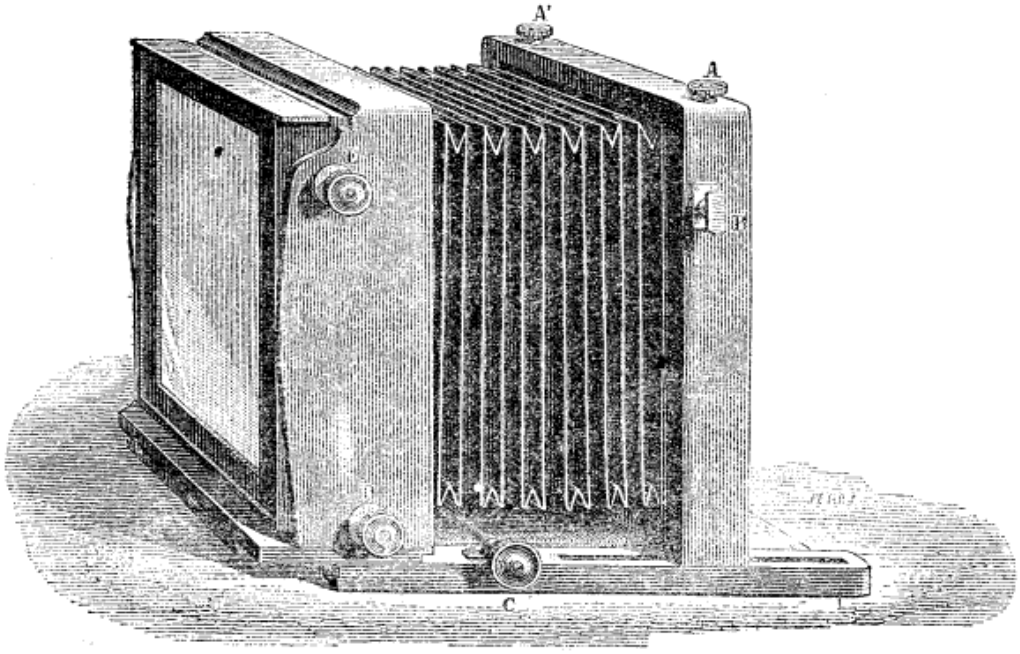


Fig. 8

dans l'autre : le cadre intérieur peut tourner autour d'un axe D ; une vis de serrage E permet de fixer le cadre dans la position la plus favorable pour la mise au point. Ce dispositif, dit *à bascule*, permet d'utiliser la courbure de champ de l'objectif, courbure de champ qui est assez considérable dans les objectifs à portraits : on obtient ainsi une mise au point plus satisfaisante.

Le corps d'avant porte l'objectif fixé à une planchette pouvant glisser entre deux coulisses verticales et permettant de déplacer l'axe de l'objectif, qui peut alors rencontrer la glace dépolie en un point plus ou moins rapproché du centre du cadre postérieur. Ce dispositif permet d'évi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ter l'inclinaison de l'appareil et par suite de l'axe de l'objectif, ou du moins de n'user de cette inclinaison que dans de très étroites limites.

Les châssis à plaque sensible peuvent être soit du modèle à rideau, soit du modèle à coulisse. Pour les formats d'épreuves carte de visite et carte-album, on se sert très souvent du dispositif dit « à multiplicateur » (fig. 9)

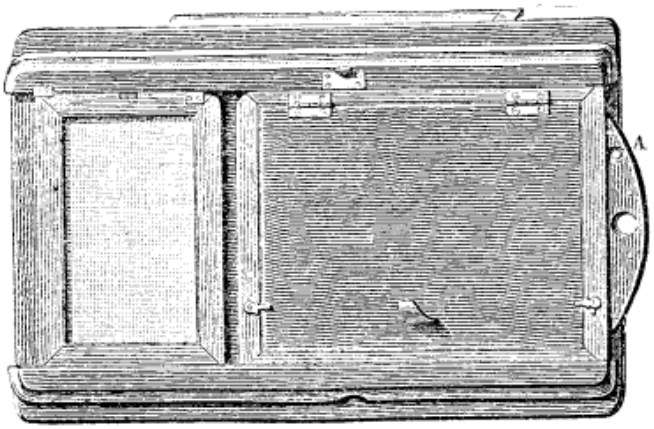


Fig. 9

qui permet d'obtenir deux épreuves sur une glace de format double de celui de l'épreuve définitive : la mise au point étant effectuée, la glace dépolie maintenue entre les rainures dans lesquelles glisse le châssis est poussée à gauche et remplacée par le châssis négatif : la moitié de la glace sensible se trouve alors en face de l'ouverture donnant passage aux rayons qui ont traversé l'objectif ; cette ouverture est de dimension moitié moindre que celle de la glace sensible ; la seconde portion de cette glace est à l'abri de la lumière, grâce à la partie pleine du cadre. La première pose étant effectuée, on enlève la glace dépolie, on pousse le châssis vers la gauche et on effectue la deuxième pose sur la seconde moitié de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque ; on referme alors le volet A ou le rideau du châssis si l'on emploie le châssis à rideau.

Pour le travail de l'atelier, il est mieux d'employer les châssis *simples*, à une seule plaque sensible, que les châssis doubles ; ces châssis, soit à volet, soit à rideau, doivent être en nombre suffisant pour un travail continu ; lorsqu'un châssis a été exposé, on le place à l'une des extrémités de la boîte à châssis qui est fixée au pied de l'appareil.

Les multiplicateurs perfectionnés sont munis de dispositifs permettant l'ouverture du rideau du châssis en même temps qu'on fait glisser ce dernier dans les coulisses du cadre : on n'ouvre donc le châssis que très peu de temps avant l'exposition de la plaque qu'il contient.

Lorsque le modèle est éclairé à contre-jour, il convient d'écarter la lumière directe qui frappe l'objectif ; dans ce but, on dispose sur la planchette porte-objectif une sorte de boîte ne laissant arriver sur la plaque sensible que les rayons lumineux émanant du modèle ou du voisinage immédiat du modèle.

Pour les portraits de grande dimension, on se sert d'une chambre noire à trois corps semblable à celle employée pour les reproductions. Le soufflet antérieur est supporté par la rallonge du chariot ; cette rallonge peut se loger dans la base droite et le soufflet antérieur est alors maintenu dans l'épaisseur du cadre antérieur ; on a ainsi une chambre ordinaire dont le développement est considérable et qui peut être porté au double lorsque la rallonge est complètement tirée. On peut encore augmenter la longueur de l'appareil en adaptant sur le cadre porte-objectif un tronc de pyramide à base carrée qui se fixe par la base inférieure à la place de la planchette à objectif ; cette planchette peut être disposée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la petite base du tronc de pyramide. Lorsque le soufflet antérieur est complètement fermé, on peut, à l'aide d'un dispositif analogue placé à l'intérieur, se servir d'objectifs à foyer très court ou éliminer toute lumière latérale qui tendrait à voiler l'image.

Les planchettes porte-objectif peuvent s'adapter dans l'intérieur du cadre du milieu : c'est au cadre antérieur que se fixent les négatifs ou positifs qu'il s'agit de reproduire ou d'agrandir.

La chambre noire de format carré est celle qui convient le mieux pour les travaux de l'atelier ; le cadre postérieur qui porte la glace dépolie est à renversement de façon à placer cette glace dépolie ou les châssis, soit en hauteur, soit en largeur. Ce dispositif est préférable à celui qui était adopté autrefois et qui consistait à utiliser un châssis de forme carrée dans lequel on pouvait placer la glace sensible soit en hauteur, soit en largeur.

4. Chambres noires de voyage. — Ces chambres noires doivent présenter des qualités toutes différentes de celles que l'on exige des appareils destinés aux travaux de l'atelier : elles doivent être légères pour permettre facilement le transport ; elles doivent se monter et se démonter rapidement et être construites assez solidement pour résister aux causes de détérioration que l'on rencontre trop souvent en voyage.

En donnant aux cadres antérieur et postérieur la forme rectangulaire (fig. 10) et utilisant un soufflet en forme de tronc de pyramide, on obtient un appareil plus léger que s'il était de forme carrée ; dans ce cas le soufflet tourne autour d'un anneau fixé à la partie antérieure de l'appareil : c'est le dispositif connu sous le nom de « cône tournant ». On doit, pour passer de l'obtention d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue en hauteur à l'obtention d'une vue en largeur, dévisser le cadre postérieur fixé à la base mobile sur son

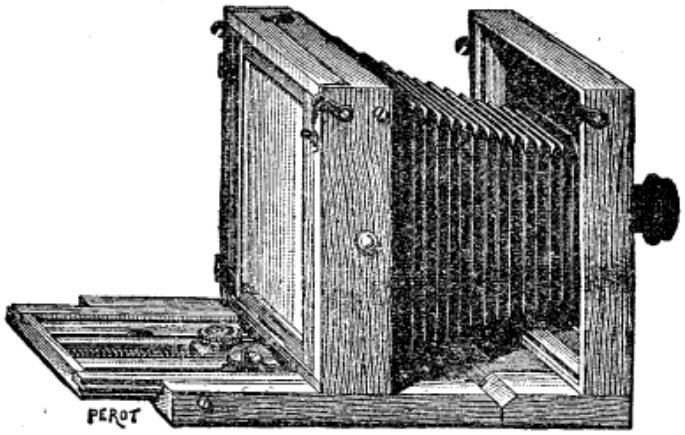


Fig. 10

petit côté et le revisser en fixant le plus grand côté à cette même base ; cette manœuvre exige un certain temps pour s'effectuer.

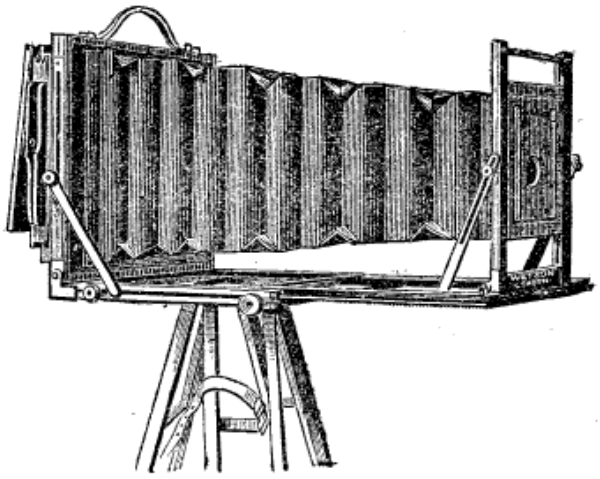


Fig. 11

Aussi préfère-t-on aujourd'hui, malgré la légère augmentation de poids qui en résulte, utiliser les chambres noires de forme carrée (fig. 11) dont le montage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'effectue très rapidement. La planchette carrée qui se fixe au cadre postérieur peut être très rapidement placée dans l'un ou l'autre sens de façon à obtenir une vue soit en hauteur, soit en largeur.

La planchette antérieure peut s'élever ou s'abaisser entre les montants verticaux du cadre antérieur; cette condition est indispensable pour les appareils destinés à obtenir des vues de monuments élevés, tours, clochers, etc. ; en élevant l'axe de l'objectif on fait servir l'instrument pour une dimension de plaque de format supérieur à celui de l'appareil, et par suite l'angle utilisé est plus grand que si l'axe de l'objectif venait rencontrer le centre de la glace dépolie.

La chambre noire destinée à la reproduction des monuments est munie d'un niveau d'eau qui permet d'établir l'horizontalité de la base et par suite la verticalité de la planchette porte-objectif; sous aucun prétexte on ne doit incliner la base de l'appareil à moins qu'on ne veuille redresser le négatif qui, ainsi obtenu, représenterait en droites concourantes des lignes qui doivent être parallèles; ce redressement s'obtient à l'aide d'un appareil spécial.

En utilisant de telles chambres noires avec des objectifs à courts foyers, indispensables dans le cas de manque de recul, il est souvent difficile d'empêcher les plis du soufflet de faire ombre sur la glace sensible; aussi depuis peu de temps construit-on des chambres noires de forme rectangulaire, avec soufflet rectangulaire, ou de forme carrée avec soufflet carré. Les deux corps se fixent sur une base à coulisses ; le cadre antérieur de ces chambres noires présente un dispositif spécial pour les planchettes d'objectif (fig. 12 et 13) ; elles coulissent sur une partie mobile pouvant être déplacée latéralement. Ce dispositif

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permet d'avoir une planchette très grande, et derrière cette planchette une ouverture également très grande.

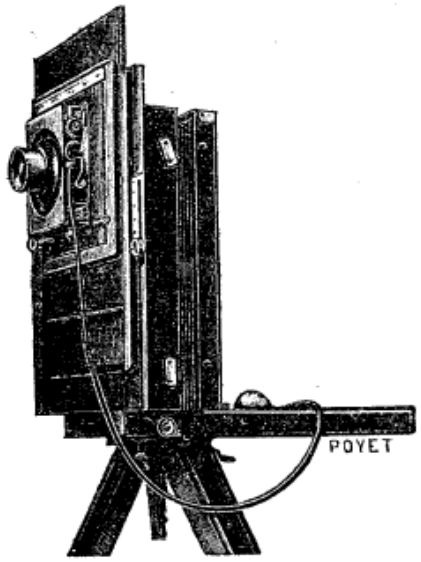


Fig. 12

La chambre étant repliée et la planchette munie de son

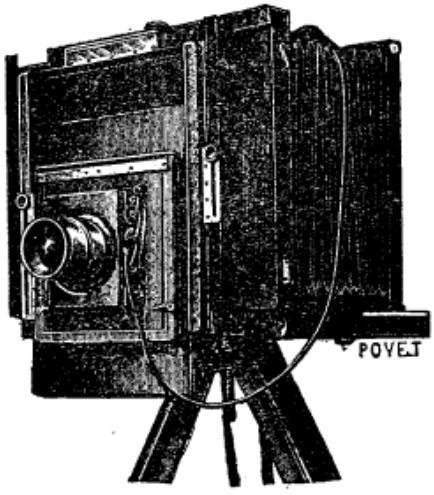


Fig. 13

obturateur se plaçant à l'intérieur n'a que 72 millimètres d'épaisseur pour le format 15 × 21 ; elle forme un bloc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont rien ne dépasse et qui se loge facilement dans un sac ; grâce au soufflet carré, et contrairement à ce qui se passe avec les soufflets coniques, les plus courtes longueurs focales peuvent être employées sans que les mouvements de décentrement soient entravés.

Les châssis employés avec les chambres de voyage sont



Fig. 14

ou à coulisse (fig. 14) ou à rideaux (fig. 15) : l'important est que l'on puisse les manipuler en pleine lumière sans



Fig. 15

que l'on ait à craindre que celle-ci frappe la plaque sensible ; pour les dimensions supérieures au format 18×24 on donne la préférence aux châssis à rideaux. Quel que soit le système adopté les châssis sont disposés pour recevoir deux glaces que l'on place dos à dos à l'intérieur du châssis. Afin d'éviter toute erreur dans l'emploi des glaces il est bon d'employer un dispositif indiquant si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une plaque a été exposée à la chambre noire ou si elle est vierge de toute image ; le plus simple de ces dispositifs consiste en une sorte de charnière (fig. 16) qui s'ouvre en

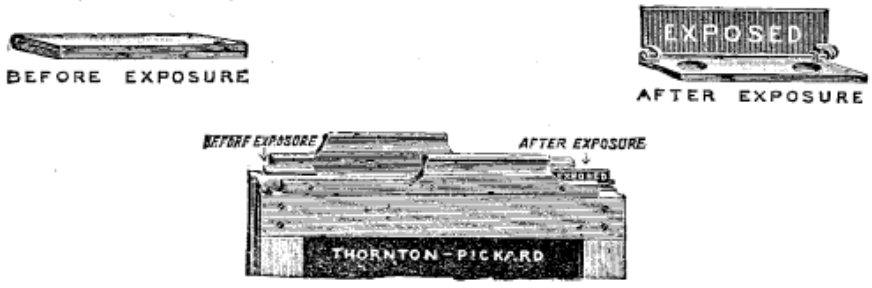


Fig. 16

même temps que le volet du châssis et qui reste ouverte quand on referme celui-ci. Un moyen suffisamment pratique consiste à coller sur le bord du châssis un fragment de papier gommé qui, se déchirant lorsque l'on tire le volet ou le rideau, indique par là même que la plaque a été exposée dans la chambre noire.

Dans les appareils de voyage on remplace les ferrures en bronze et en laiton par des ferrures en aluminium ou en magnalium : ce dernier alliage, composé de magnésium et d'aluminium, présente une densité inférieure à celle de l'aluminium et une résistance comparable à celle du bronze ; il y a donc intérêt à employer cet alliage en remplacement du laiton.

5. Chambres à foyer fixe. — Ces chambres sont spécialement destinées à l'obtention de vues instantanées : l'industrie des journaux illustrés utilise beaucoup ce genre d'appareils dont les types sont extrêmement nombreux et dont l'une des qualités principales réside dans la rapidité de la mise en station.

Ces sortes d'appareils ne nécessitent pas de mise au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point, d'où le nom de chambre à foyer fixe : en général les plaques sensibles sont disposées dans de petits cadres métalliques que l'on place dans une boîte spéciale, permettant le remplacement rapide de la plaque qui a subi l'action de la lumière par une plaque nouvelle. Un très grand nombre de dispositifs permettent d'atteindre ce résultat : l'un des plus simples est celui qui a été adopté dans les photo-jumelles (fig. 17). Ces appareils ont une



Fig. 17

certaine ressemblance avec les jumelles de campagne : de là leur nom. Les plaques sensibles sont disposées dans de petits cadres métalliques empilés les uns au-dessus des autres.

Un bouton, situé sur le côté de la jumelle, termine une tige reliée au tiroir et au moyen de laquelle on peut faire passer celui-ci de droite à gauche et réciproquement. Lorsqu'une glace vient de poser et que tenant l'appareil verticalement, on tire le bouton, la glace reste en place jusqu'au moment où le tiroir est complètement passé dans le compartiment voisin; elle tombe alors au fond de l'appareil. On repousse le tiroir et elle se trouve la dernière du paquet, tandis qu'une glace nouvelle a pris sa place et est prête à poser; un verre rouge permet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de voir sur le dos des châssis quel est le numéro de la glace qui vient de poser. Pour opérer, la jumelle est placée devant les yeux comme si l'on regardait le paysage par le côté de l'objectif ; on examine la vue au travers du verre qui permet de mettre le sujet dans le cadre du viseur, cadre qui n'est démasqué qu'après l'armement de l'obturateur. Il suffit alors de presser le bouton de déclenchement de l'obturateur pour que la plaque soit impressionnée ; on fait immédiatement après le changement de plaque.

Certaines chambres à main permettent d'obtenir une mise au point variable avec la distance du sujet : dans ce cas on obtient cette mise au point en faisant avancer ou reculer l'objectif dans un coulant spécial (fig. 18).

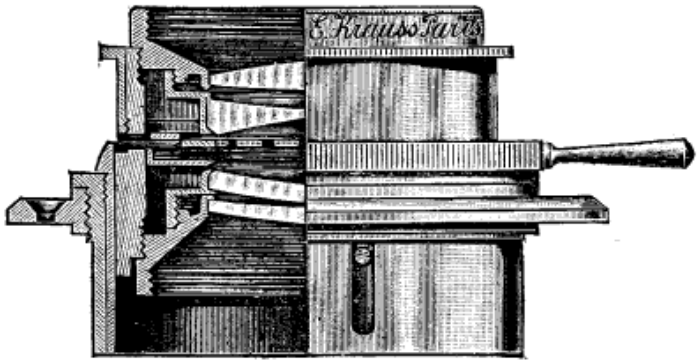


Fig. 18

Lorsque l'objectif est complètement enfoncé dans ce coulant la mise au point a lieu pour les objets situés à l'infini. Il convient que la mise au point soit faite en général non sur les premiers plans, mais sur des plans médians : grâce à la profondeur de champ et à la courte distance focale des objectifs employés dans ces appareils, on obtient ainsi une image dont la netteté est satisfaisante.

Les appareils à main n'ont pas en général de glace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépolie pour la mise au point : cette opération se fait à l'aide du coulant de l'objectif et la mise en plaque du sujet est vérifiée à l'aide d'un viseur qui est constitué soit par une toute petite chambre noire, montée à demeure sur l'appareil, soit par une lentille biconcave dans laquelle on aperçoit, très réduite, l'image du sujet. Si l'appareil est muni du dispositif permettant d'élever ou d'abaisser l'objectif, l'œilleton du viseur est mobile (fig. 19) de façon à fournir une image homologue à celle

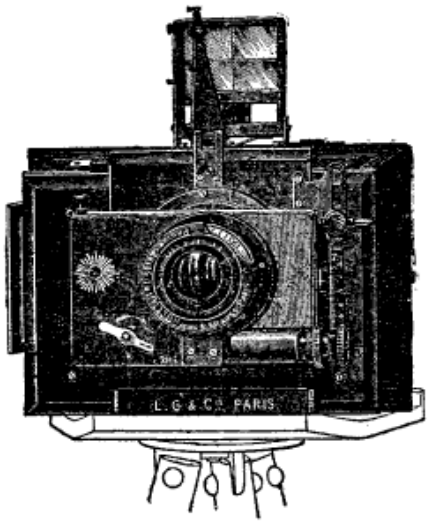


Fig. 19

qui se peint sur la glace sensible ; les graduations spéciales de la planchette porte-objectif et du viseur sont établies de telle façon qu'on puisse rapidement obtenir ce résultat.

A l'aide de ces appareils on obtient soit des vues simples, soit des vues stéréoscopiques ; ceux qui fournissent les plus petites images sont de beaucoup les plus pratiques : ils sont en effet peu encombrants, très vite mis en station et surtout très légers : cette dernière condition est extrêmement importante au point de vue de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

netteté de l'image qui peut supporter alors un agrandissement assez considérable.

Les images fournies par ces appareils sont destinées le plus souvent à être examinées à l'aide du stéréoscope, ou bien le tirage se fait à l'aide d'appareils agrandisseurs spéciaux. Les plus simples de ces agrandisseurs permettent d'amener en un format déterminé (13 × 18 par exemple) une image de petites dimensions (4,5 × 6). Leur construction est basée sur la loi des foyers conjugués (fig. 20).

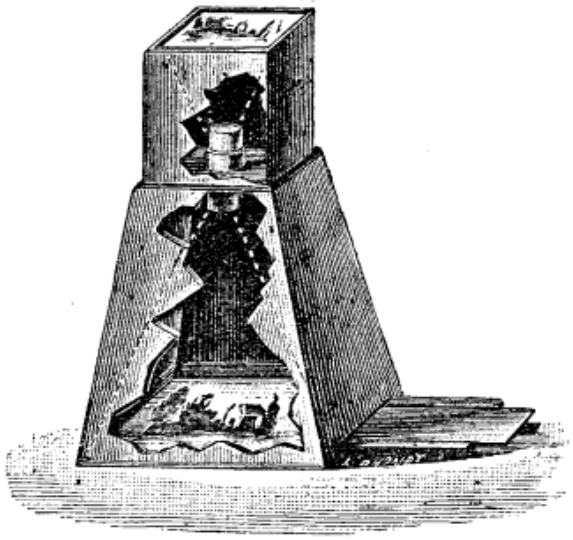


Fig. 20

Certains permettent d'amener une image ou une portion d'image de format quelconque à une dimension quelconque 30 × 40 par exemple. Dans ce cas les distances du négatif à l'objectif et de l'objectif à l'image sont variables ; certains appareils sont munis d'une graduation qui permet d'obtenir en quelque sorte automatiquement une mise au point rigoureuse.

Dans le réglage des appareils à main comme dans celui des agrandisseurs, la mise au point s'effectue par procédé chimique, c'est-à-dire en essayant quelle est la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

distance de l'objectif à la plaque sensible qui fournit l'image la plus nette. Tous les objectifs ayant un foyer chimique, la mise au point physique, c'est-à-dire par les procédés ordinaires, ne saurait fournir de bons résultats sauf dans quelques cas spéciaux. D'ailleurs cette mise au point par procédé chimique permet à l'opticien de remplacer la condition d'achromatisme par d'autres conditions.

L'emploi d'appareils à main contenant 12, 18 ou 24 glaces sensibles entraîne l'inconvénient assez sérieux d'un poids de verre souvent considérable à emporter, alors même qu'il ne s'agit que d'obtenir une seule vue ; on peut obvier à cet inconvénient en employant les appareils à châssis simple ou bien en utilisant des pellicules de celluloïd recouvert d'émulsion au gélatino-bromure d'argent. Dans ce cas le magasin de plaques est

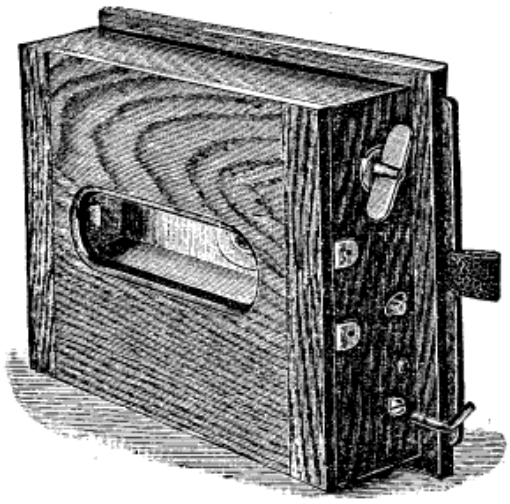


Fig. 21

remplacé par un châssis à rouleau (fig. 21). C'est une sorte de boîte dans laquelle, à l'aide d'un mécanisme extérieur, on peut dévider une bobine sur laquelle est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enroulée une bande sensible : une autre bobine permet d'enrouler la partie de la pellicule qui a subi l'action de la lumière. Les châssis à rouleau peuvent être construits dans toutes les dimensions : mais à partir du format 24×30 la tension uniforme de la pellicule est assez difficile à réaliser : aussi réserve-t-on l'emploi des pellicules pour les appareils de petit format ; quelques modèles sont de dimensions assez réduites pour que l'appareil replié puisse être placé dans une poche de dimensions ordinaires (fig. 22) Les images sur pellicule s'agrandis-

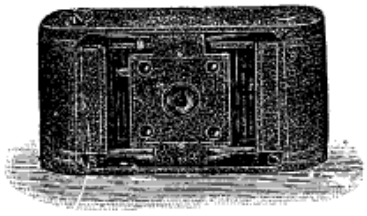


Fig. 22

sent tout aussi facilement que celles obtenues sur verre ; elles présentent le grand avantage d'être exemptes de halo.

6. Chambres noires pour stéréoscopie. — La production des images stéréoscopiques, après avoir été en faveur à l'époque où l'on pratiquait les procédés au collodion sec, avait fortement diminué depuis l'emploi du gélatino-bromure d'argent. Dans ces derniers temps, cette industrie a repris un nouvel essor et la construction des chambres stéréoscopiques constitue une branche assez importante de la fabrication des appareils photographiques.

Les chambres noires destinées à l'obtention des images stéréoscopiques ne diffèrent pas sensiblement des chambres ordinaires, sauf en ce qui concerne la longueur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du soufflet. Ce soufflet est rectangulaire, sa longueur n'excède pas 0 m. 25, car il est rare que l'on utilise des objectifs d'une longueur focale supérieure à 0 m. 20. La partie antérieure porte une planchette pouvant s'élever ou s'abaisser entre deux coulisses verticales (fig. 23) ; le

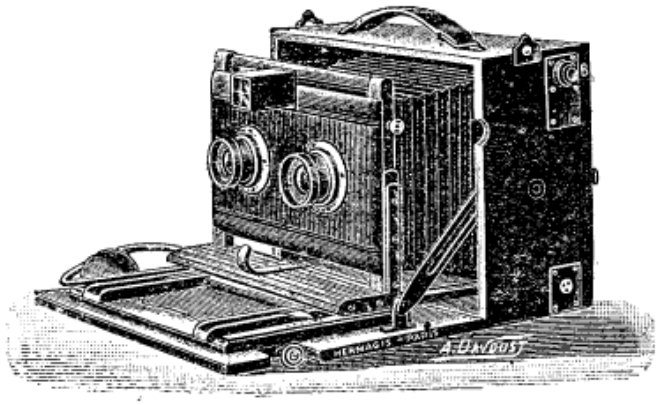


Fig. 23

cadre postérieur porte la glace dépolie ; ce cadre est mobile à l'aide de deux pignons engrenant deux crémaillères et permettant une mise au point très précise ; pour le transport, la base de la chambre noire se replie, vient s'appliquer contre les deux objectifs et préserve ceux-ci des chocs qu'ils pourraient recevoir. La faible longueur du soufflet permet l'emploi d'objectifs de distance focale très courte.

A l'intérieur de la chambre noire se place une séparation mobile, constituée par un rideau de carton recouvert de toile noire, présentant des plis superposés et maintenu à ses deux extrémités par deux tiges rigides qui se fixent, l'une au corps antérieur, l'autre au corps postérieur de la chambre ; on utilise aussi comme séparation mobile un rideau de toile caoutchoutée s'enroulant sur un axe à la façon des stores de voiture. Si la chambre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est à foyer fixe, la séparation mobile est constituée par une cloison de bois noir que l'on peut enlever si on désire utiliser l'appareil à l'obtention des vues panoramiques : dans ce cas la partie antérieure reçoit un objectif pouvant donner une image nette sur la dimension de plaque utilisée.

Le format employé pour le négatif destiné aux épreuves stéréoscopiques est de 9×18 centimètres; mais très souvent on utilise un appareil du format 13×18 qui permet ainsi l'obtention de vues de ce format.

Les objectifs sont disposés sur la planchette porte-objectif de telle façon que leurs axes prolongés aillent rencontrer le centre de chaque moitié de la plaque ; par conséquent la distance qui sépare le centre des rondelles sur lesquelles se vissent les objectifs doit être égale à la moitié de la longueur de la plaque sensible. Dans la pratique, cette règle n'est pas absolument suivie lorsque les objectifs sont de large diamètre : dans ce cas la distance des centres est plus petite, ce qui facilite le montage sur les planchettes. C'est au moment de l'impression de l'image positive que l'on règle la distance qui sépare deux points homologues du négatif. Cette façon d'opérer n'est pas absolument conforme aux indications de la théorie ; mais, sauf dans quelques cas très particuliers, elle répond aux besoins de la pratique.

§ 2. — ACCESSOIRES DES CHAMBRES NOIRES

7. Planchettes porte-objectifs. — Les planchettes porte-objectif se fixent à la partie antérieure de la chambre noire ; elles doivent être de forme carrée, dont les côtés présentent l'une des dimensions suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0 m. 075 0 m. 100 0 m. 125

pour une épaisseur de 0 m. 005 ; et les dimensions :

0 m. 150 0 m. 200

pour une épaisseur de 0 m. 01. Ces planchettes se placent dans un encadrement ménagé dans la partie antérieure, qui glisse entre des montants verticaux. Les rondelles d'objectif se fixent sur les planchettes à l'aide de vis à bois : il est bon que les bords de l'ouverture, de même que la partie postérieure de ces planchettes, soient noircis à l'aide de plusieurs couches d'une dissolution de pyrolignite de fer. Il est important que les planchettes soient fixées sans ballottement dans le cadre qui est destiné à les contenir ; on y parvient en les maintenant à l'aide de taquets exerçant une certaine pression ; on peut ainsi substituer très rapidement une planchette à une autre.

8. Châssis de chambre noire. — Le cadre qui sert à l'examen de l'image porte le nom de châssis à glace dépolie : il doit être disposé de telle façon que cette glace dépolie soit perpendiculaire à l'axe de la chambre noire. Cette condition est indispensable et nécessite de grands soins de la part du constructeur.

La glace dépolie porte souvent une graduation qui est fort utile lorsque l'appareil est destiné aux reproductions.

Les châssis destinés à renfermer la plaque sensible à la lumière doivent pouvoir se substituer facilement au châssis à glace dépolie ; ils sont formés d'un cadre à rainures dans lequel se loge la plaque qui recevra l'action des rayons lumineux ayant traversé l'objectif ; deux volets permettent de soustraire la plaque à l'action de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumière : ces volets sont formés d'une simple lame de bois mince, rigide, pouvant à l'aide de brisures à charnières se rabattre contre la partie opposée du châssis ; au lieu de deux ou trois lamelles en bois, le volet est le plus souvent formé d'une série de lamelles imbriquées et collées sur toile, susceptible de se rabattre contre la paroi extérieure du châssis pendant la pose : dans ce mouvement les lamelles sont guidées par deux rainures creusées dans les deux montants opposés du châssis. On utilise des châssis doubles pouvant sur chaque face loger une glace : une séparation intérieure, le plus souvent en carton noirci, permet de les séparer (voir page 21).

En Angleterre et en Allemagne on utilise beaucoup les châssis s'ouvrant comme un livre : ils sont constitués par deux cadres munis sur leur face antérieure d'un volet dont une moitié est constitué par une planchette rigide, l'autre moitié par un rideau ; les deux cadres sont reliés à l'aide de charnières par la partie inférieure de l'un des côtés : en ouvrant ce châssis comme un livre, on peut placer les glaces très facilement sans risquer d'érailler ou de tacher la couche sensible ; une feuille de carton opaque, munie ou non de ressorts, permet de séparer les plaques que l'on doit faire poser.

9. Châssis intermédiaires. — Les châssis ou cadres intermédiaires permettent d'utiliser tous les formats de plaques de dimensions inférieures à la plus grande que peut renfermer le châssis. Ces cadres se logent dans les feuillures qui sont destinées à retenir les plaques.

Au lieu de cadres intermédiaires, on peut utiliser de petites règles s'engageant dans des crémaillères placées le long des rainures intérieures des châssis et permettant de placer des glaces de divers formats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si le châssis est destiné à contenir des plaques préparées par le procédé du collodion humide, il est indispensable qu'il soit muni d'une rainure dans laquelle on loge une feuille de papier buvard destinée à recevoir l'excès de nitrate d'argent qui s'écoule de la glace. La surface collodionnée au lieu de porter directement sur la feuillure des châssis, vient s'appuyer soit sur des taquets, soit sur des fils d'argent fixés au châssis : on renouvelle à chaque opération le papier buvard que l'on conserve avec les résidus argentifères.

Il est indispensable que la glace sensible vienne occuper très exactement la place occupée par la glace dépolie après la mise au point : il faut donc que la distance entre un point quelconque de l'objectif et la glace dépolie soit la même qu'entre le même point et la glace sensible. Comme la mesure de cette distance ne peut être effectuée très facilement, on vérifie cette condition de la manière suivante : à l'aide d'une forte loupe on fait la mise au point d'un objet à contours nettement terminés en se servant d'un objectif à portraits employé à toute ouverture. Cette mise au point étant faite on remplace le cadre à glace dépolie par le châssis négatif qu'il s'agit de vérifier et dans lequel on a placé une *glace* dépolie. On examine l'image à l'aide d'une loupe : elle doit être aussi nette que par l'examen sur le cadre à glace dépolie. Ce mode de vérification n'a de valeur que si l'on emploie un objectif très bien corrigé de l'aberration sphérique, muni d'un grand diaphragme ($f/4$ ou $f/5$), l'examen de l'image étant fait au voisinage de l'axe de l'objectif. Il est bien entendu que si l'on veut vérifier par ce moyen des châssis à rideau on retirera au préalable le rideau du châssis. Les constructeurs effectuent cette vérification avant le montage définitif des châssis qui sont en général établis par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

série de douze ou tout au moins de six pièces identiques.

Pour les épreuves de petite dimension (9×12 et au-dessous) on utilise des intermédiaires en ébonite ou en carton durci.

10. Viseurs. — Les chambres noires à foyer fixe ne possèdent pas, en général, de cadre à glace dépolie. La mise au point est faite une fois pour toutes et la mise en plaque du sujet est réalisée par l'emploi d'un viseur. On utilise deux sortes de viseurs : les uns sont formés d'une toute petite chambre noire, d'une lentille à foyer fixe, munie d'un verre dépoli sur lequel se montre l'image qui est homologue à celle qui se peint sur le verre dépoli, mais de dimensions plus réduites. L'inconvénient de ce viseur réside en ce que par une lumière un peu vive l'image ne se voit pas très bien sur le verre dépoli ; on remédie à ce défaut en recevant l'image sur une autre lentille.

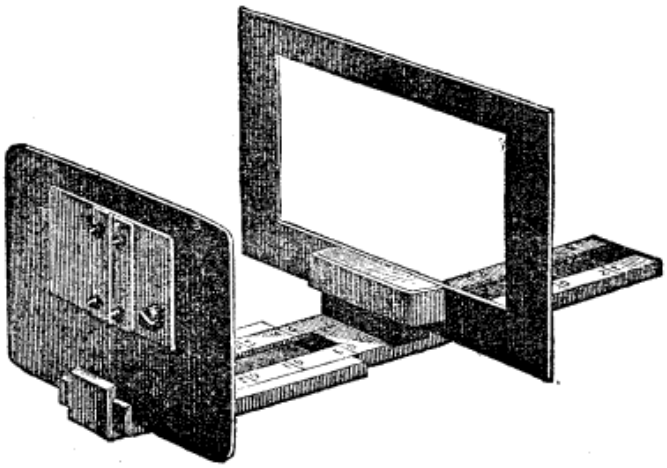


Fig. 24

Le second type de viseur est du genre du chercheur focimétrique Davanne (fig. 24). Dans ce type d'appareil

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'œilleton peut se rabattre sur la chambre ; il est dans le plan de la glace dépolie et à une hauteur fixe ; le cadre qui limite le champ de la visée est solidaire de la planchette d'objectif et la suit dans tous ses mouvements de décentrement ou de tirage variable. Ce cadre qui est de la dimension de la plaque est dans le plan des diaphragmes : son axe est à la hauteur de celui de l'œilleton quand l'objectif est au centre de la plaque ; il se rabat à l'intérieur de l'appareil et est à l'abri des chocs quand on

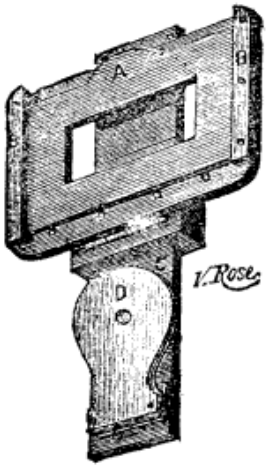


Fig. 25

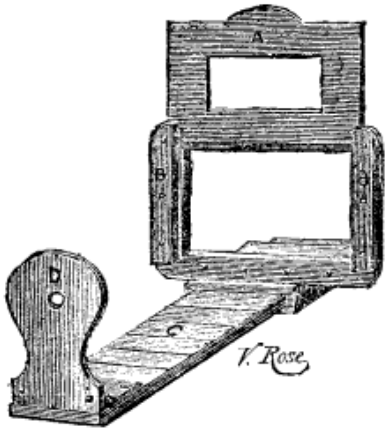


Fig. 26

transporte celui-ci. Quel que soit l'objectif double employé, la distance qui sépare l'œilleton du cadre est toujours égale à la longueur focale de celui-ci (fig. 25 et 26).

11. Pieds de chambres noires. — Les chambres noires d'atelier sont supportées par des appareils spéciaux, appelés pieds, permettant de les mouvoir rapidement dans l'atelier du portraitiste ; s'il s'agit d'un atelier de reproduction dans lequel l'appareil est fixé à demeure, il convient d'établir la chambre sur un bâti en maçonnerie isolé du plancher si l'appareil est de très grandes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dimensions ; s'il est de dimensions moyennes, on utilise un support spécial que l'on désigne sous le nom de *pont suspendu*.

Les pieds de chambres à portrait portent le nom de *pied-table* (fig. 27) et sont constitués par une sorte de

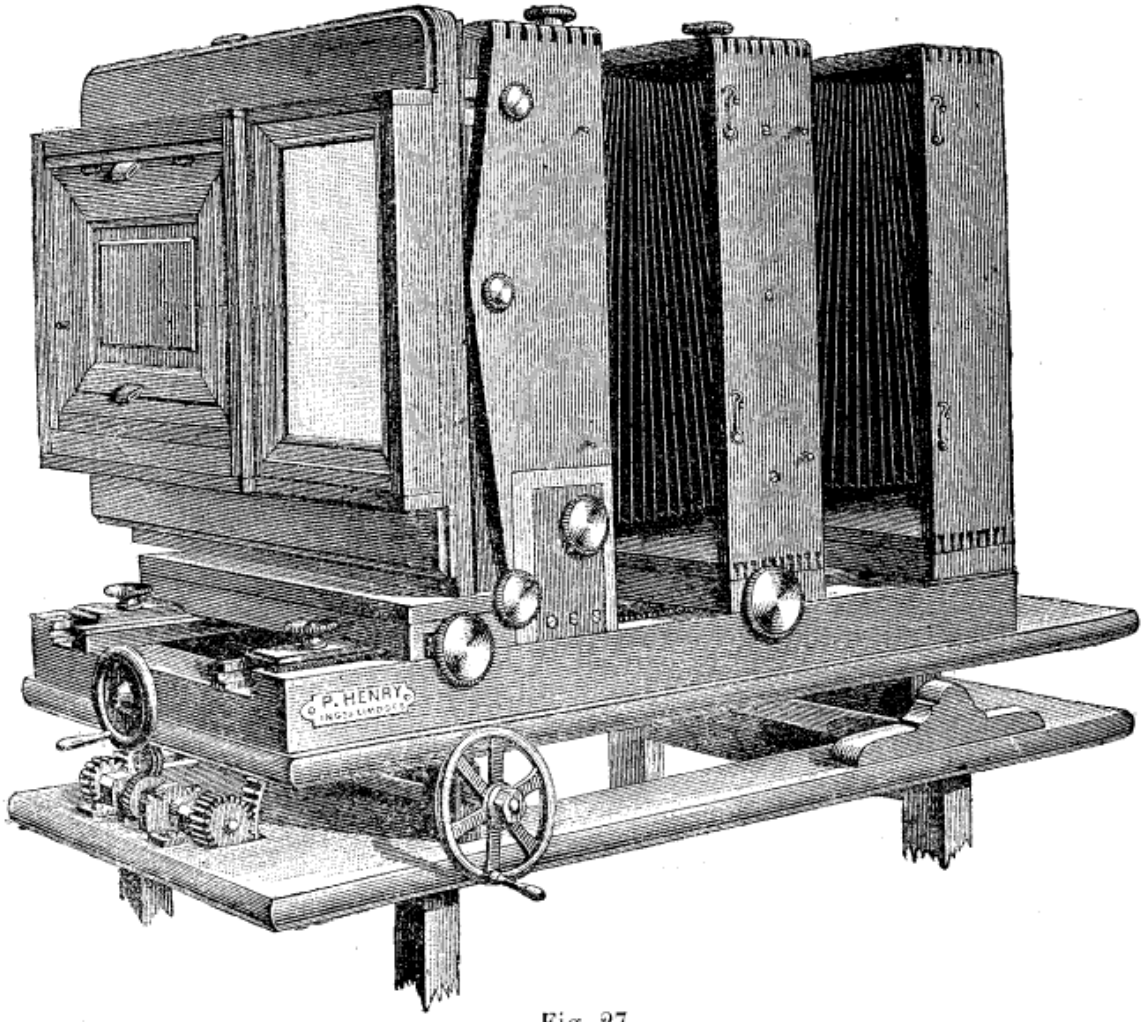


Fig. 27

table susceptible d'être élevée ou abaissée à l'aide de crémaillères ou de vis sans fin ; la partie supérieure peut être inclinée sur l'horizontale. Le déplacement de ce pied s'effectue à l'aide de roulettes : ce dispositif est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mauvais, en général, au point de vue de la stabilité. Il est indispensable que des tiges à excentriques qui viennent se fixer dans le plancher soient adaptées aux montants verticaux qui constituent ce support ; à défaut de ce dispositif, on peut *coincer* les montants à l'aide de simples coins en bois dur que l'on fixe entre les montants et le plancher lorsque l'appareil est mis en place ; mais l'emploi de ce moyen de *calage* nécessite un temps assez long. Si l'appareil est de dimensions moyennes, on se sert d'un pied plus simple dans sa construction (fig. 28) et pouvant être facilement déplacé.

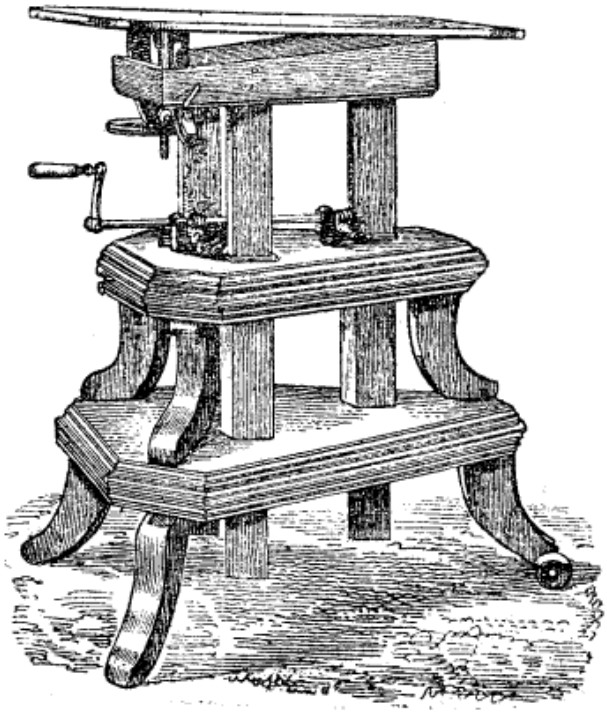


Fig. 28

Les chambres à reproduction, nécessitant un long tirage, doivent être supportées par des pieds extrêmement solides. Il est rare que les *pieds-tables* des appareils à portraits soient doués d'une stabilité assez grande pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les chambres à reproduction : aussi le plus souvent on installe ces sortes d'appareils sur des bâtis fondés dans le sol, reliés entre eux par des fers à T : c'est sur cette charpente de fer que l'on fait reposer la base de la chambre noire.

Un dispositif moins coûteux et tout aussi efficace est celui du *pont suspendu* ; l'un des modèles les plus employés est celui de Penrose. La chambre noire et la planche à modèle sont portées par le même bâti (fig. 29). Tout le

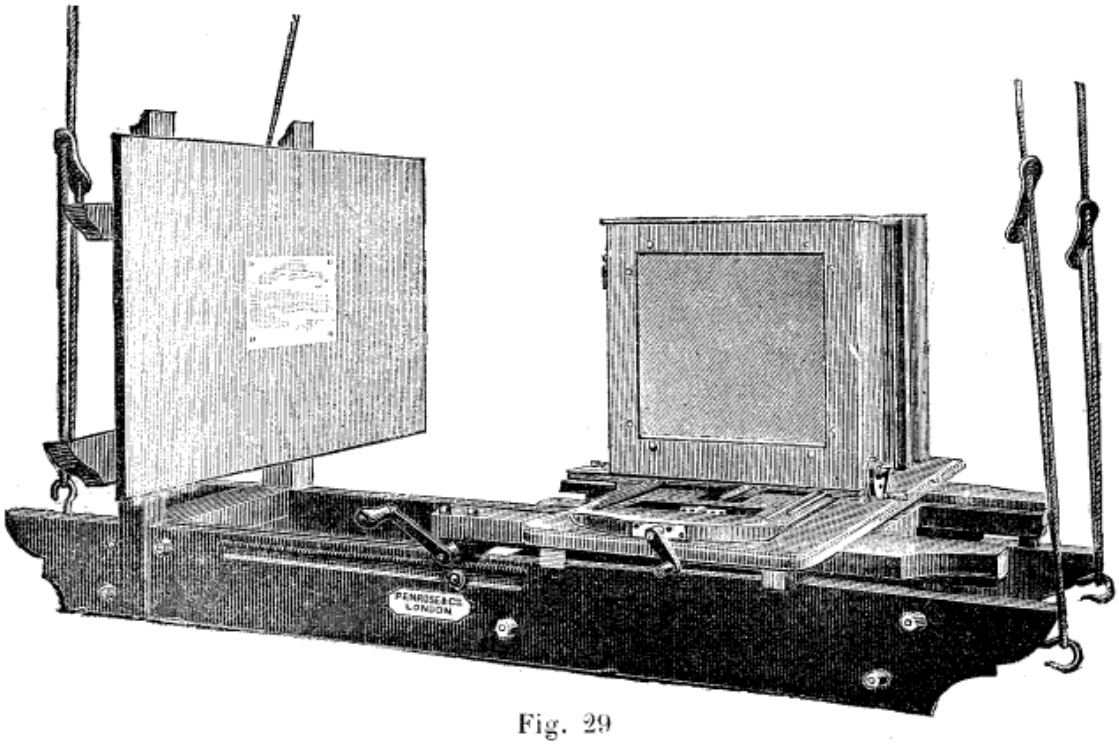


Fig. 29

système est supporté par des crochets et cordes fixés aux solives du plafond ou aux murs de l'atelier : on évite ainsi le défaut de netteté causé par les vibrations. Un système spécial de crémaillère permet de faire avancer ou reculer facilement la chambre noire. Les mouvements se font sur rails d'acier, ce qui assure un parallélisme complet. La chambre noire elle-même repose sur table

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tournante, c'est-à-dire permettant d'opérer soit directement, soit avec prisme ou miroir. La planche à modèle est munie de vis pour rectifier les défauts de parallélisme que l'on pourrait constater entre le modèle et la glace dépolie.

Les pieds destinés à supporter les chambres noires de voyage doivent être facilement transportable et offrir le maximum de stabilité pour résister à l'action du vent, aux réactions des obturateurs instantanés, etc. La forme la plus usitée est celle d'un trépied dont les branches sont plus ou moins longues et reliées à une base trian-



Fig. 30

gulaire sur laquelle se visse la chambre noire. On peut modifier la longueur des branches du pied, en établissant les tiges de telle sorte que chacune soit formée de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

morceaux glissant l'un dans l'autre à coulisse ou bien pouvant pivoter autour d'une vis à oreilles (fig. 30). S'il s'agit de supporter un appareil un peu lourd, on augmentera la stabilité du pied en suspendant à l'écrou qui sert à fixer la chambre noire un poids quelconque (fig. 31). On

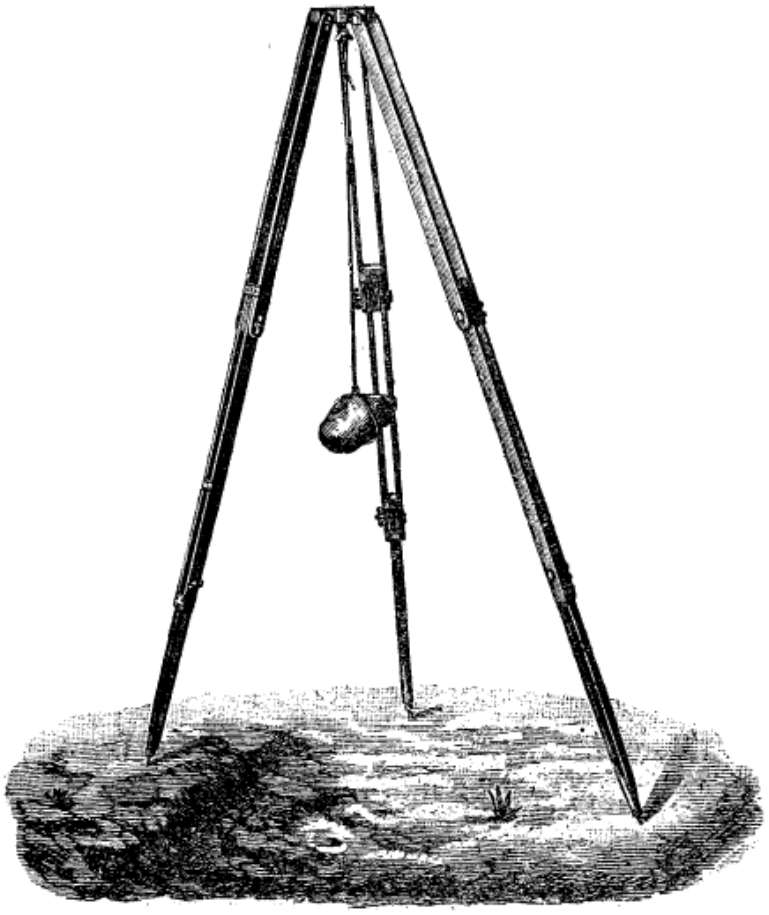


Fig. 31

assure la stabilité de la chambre noire en se servant de l'instrument employé par les peintres et que l'on trouve dans le commerce sous le nom d'ancre ; c'est une grande vis pointue et large d'environ 25 mill. à la huitième spire ; dans l'anneau qui la termine est passée une corde fine et solide qui traverse les deux trous d'une sorte de tendeur. On fixe l'extrémité libre de la corde à l'écrou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du pied, on enfonce la vis dans le sol et l'on tend la corde en la faisant glisser dans le tendeur, ce qui donne une grande stabilité à l'installation. Pour les chambres noires à très long tirage et très lourdes, on utilise un pied à six branches auquel on ajoute une double branche supplémentaire OX (fig. 32).

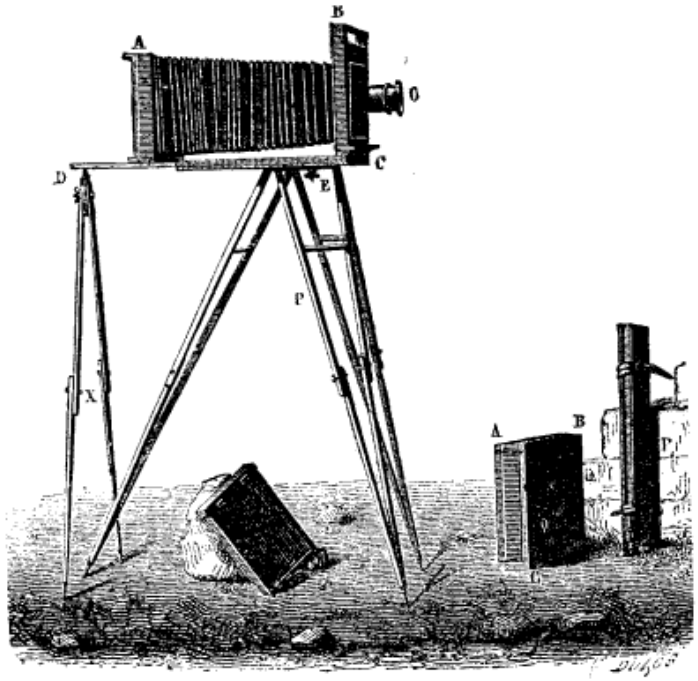


Fig. 32

Pour les appareils très légers on utilise des pieds construits entièrement en métal, de préférence en aluminium ou en acier (fig. 33) ; pour augmenter la résistance de ces tiges on leur donne une forme telle que leur section par un plan perpendiculaire à leur longueur soit sensiblement triangulaire ; on les relie à une tête aussi large que possible ce qui permet d'augmenter leur stabilité.

La hauteur maxima des pieds de voyage, lorsque les branches sont déployées est d'environ 1 m. 50. Cette hauteur est insuffisante dans bien des cas et il est sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent utile de placer la chambre noire à 2 m. 50 au-dessus du sol. Dans ce cas on utilise un pied forme échelle qui



Fig. 33

permet de donner à la chambre toutes les positions nécessaires, par exemple pour photographier le plancher ou le plafond d'un appartement (fig. 34).

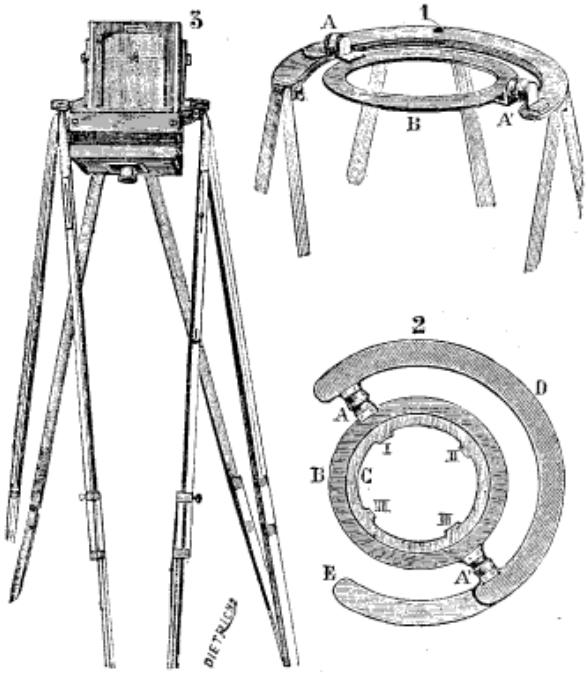


Fig. 34

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

12. Chevalets pour reproduction. — Les chevalets sur lesquels on fixe les objets à reproduire doivent permettre une mise en place et un éclairage facile ; le même appareil sert aussi pour les agrandissements sur papier ; le rouleau de papier sensible se loge à la partie supérieure. Un des modèles les meilleurs est représenté par la figure 35.

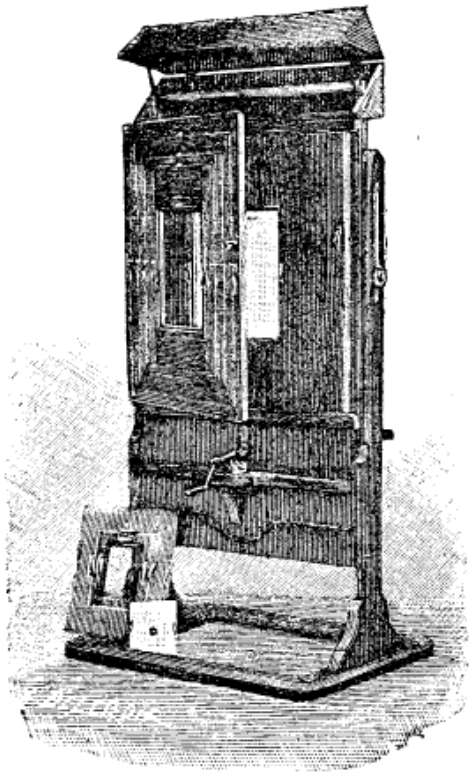


Fig. 35

Ce chevalet est monté sur rails parallèles à l'axe de la chambre noire ; s'il s'agit d'obtenir des agrandissements sur glace une série d'intermédiaires permet d'utiliser les dimensions courantes. Pour les reproductions de dessins, cartes, etc., les intermédiaires sont remplacés par une planchette à dessiner permettant de fixer le papier à l'aide de punaises. S'il s'agit d'obtenir une reproduction à une échelle déterminée on commence tout d'abord par faire la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mise en place du dessin : le centre de celui-ci doit se projeter suivant l'axe de l'objectif; on examine ensuite si le plan du dessin est perpendiculaire à l'axe de l'objectif. Dans ce but on utilise un miroir carré ayant 0 m. 20 de côté; au moyen de trois vis à tête, fixées derrière le cadre, on s'assure que ce dernier portera d'aplomb; on règle ces trois vis de telle sorte qu'en plaçant le miroir sur un plan il y ait parallélisme entre ce plan et la surface étamée. Le miroir étant réglé une fois pour toutes, on l'applique sur le milieu du sujet à reproduire et l'on regarde sur la glace dépolie. Si le dessin est bien placé, le centre de la glace dépolie, indiqué par une petite croix, doit paraître au centre du cercle noir qui représente

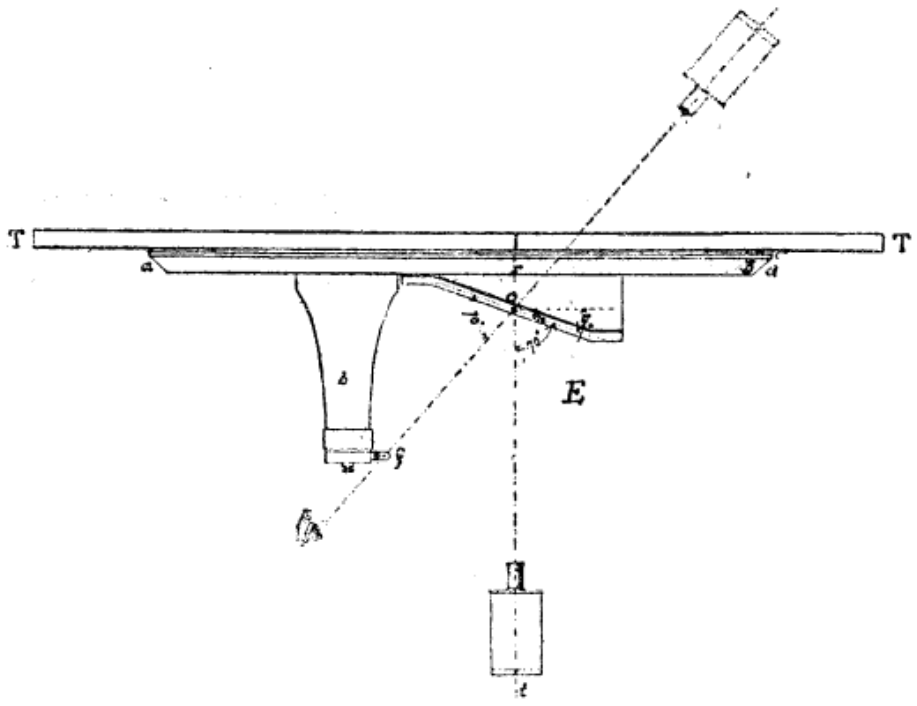


Fig. 36

l'image de l'objectif réfléchie par le miroir (fig. 36). Si l'image de l'objectif tombe à gauche du centre du verre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dépoli, la partie gauche du dessin doit être avancée et la partie droite reculée; si l'image de l'objectif tombe au-dessus du centre, le haut du tableau doit être avancé et le bas reculé (fig. 37).

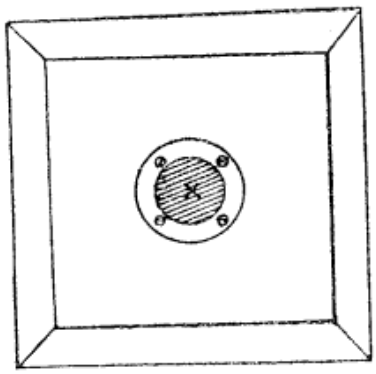


Fig. 37

La reproduction des objets présentant un certain relief nécessite l'emploi de précautions spéciales pour éviter les ombres portées trop dures. Un objet isolé peut être monté sur un support spécial à une distance convenable de l'écran qui doit lui servir de fond : on est alors maître de disposer ce fond comme on le désire; mais lorsqu'il faut reproduire des échantillons de mêmes objets (coquillages, bijoux, etc.), disposés en série, on ne peut appliquer directement ces objets sur fond, même sur un fond noir. On les fixe à l'aide d'un peu de cire à modeler sur une grande glace verticale, qui remplace alors la planchette à reproduction. Ce moyen ne peut servir pour les objets lourds ou volumineux; on les installe alors sur une glace horizontale (fig. 38) et l'on photographie avec un objectif muni d'un prisme ou d'un miroir redresseur. Ce prisme donne une image retournée comme cela est nécessaire dans presque tous les procédés de tirage industriel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

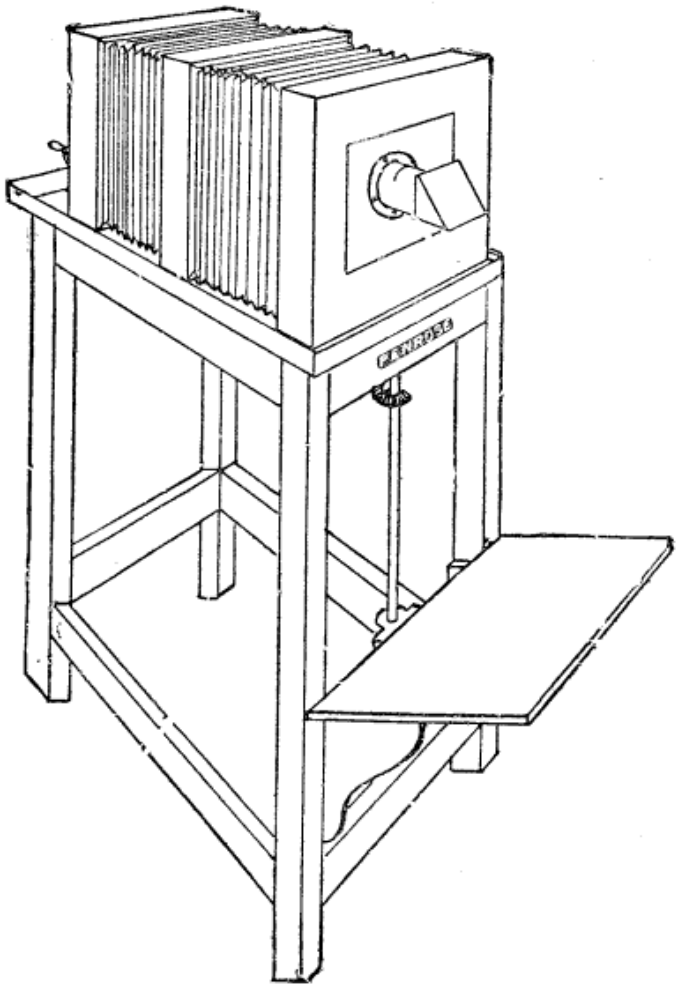


Fig. 38

13. Appareils redresseurs. — Un très grand nombre de négatifs obtenus avec les appareils à main présentent un aspect choquant par suite de lignes inclinées (tours penchées, maisons inclinées, verticales concourantes, etc.). Ce défaut provient de ce que le verre dépoli n'a pas été maintenu dans la position verticale au moment où l'on a obtenu l'image, défaut qui peut être complètement éliminé en utilisant le négatif défectueux : il suffit d'employer un appareil redresseur dont la construction est basée sur les principes suivants : une chambre à trois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

corps est munie d'un porte-châssis et d'un porte-négatif pouvant l'un et l'autre tourner autour de deux verticales passant par leur centre, indépendamment des mouvements de translation nécessaires pour la mise au point. Le négatif étant placé de manière que les lignes à remettre d'aplomb soient transversales par rapport à l'axe, on rapprochera de l'objectif le bord vers lequel les lignes convergent par une rotation qui éloignera d'autant le bord opposé. Pour la netteté on fait tourner en sens inverse le cadre arrière, en sorte que les points du négatif qui se sont rapprochés puissent former leur image en des parties plus éloignées du verre dépoli. L'image obtenue sera nette dans toutes ses parties si les angles α et β dont on fait tourner le négatif d'une part et le châssis de l'autre, par rapport à leur position normale sont tels que l'on ait:

$$\text{tang } \beta = n \text{ tang } \alpha$$

n étant le rapport des dimensions linéaires de l'image au négatif. En désignant par F le foyer de l'objectif qui sert au redressement, f le foyer de l'appareil qui a servi à produire le négatif, ω l'inclinaison de la plaque par rapport à la verticale, les conditions de redressement sont:

$$\sin \alpha = \frac{F}{nf} \text{ tang } \omega$$

Pour que le redressement soit possible, il faut que l'on ait:

$$\frac{F}{nf} \text{ tang } \omega < 1$$

ce qui est toujours possible, soit en changeant le foyer F, soit le rapport n. Dans la pratique il ne faut pas que ω soit trop grand ou n trop faible.

Pour que l'échelle des hauteurs ne diffère pas de celle des largeurs il faut que l'on ait:

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$n^2 = \frac{\frac{F^2}{f^2}}{\frac{F^2}{f^2} - 1}.$$

En choisissant convenablement n ou F il est toujours possible de rendre nulle l'altération de l'échelle des hauteurs.

Ces déterminations sont facilitées par des graduations en degrés qui se trouvent sur les porte-châssis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

OBJECTIFS

§ 1. — PROPRIÉTÉS DES LENTILLES

14. Définition. — On désigne sous le nom d'objectif photographique un système de lentilles dont le rôle est de former l'image sur la plaque sensible.

Une lentille sphérique est une masse réfringente limitée par deux portions de sphère ; l'axe principal de la lentille est la ligne qui joint les centres des deux sphères. Les lentilles employées en photographie doivent être *centrées*, c'est-à-dire que l'axe principal doit être perpendiculaire aux plans des circonférences qui limitent les deux faces.

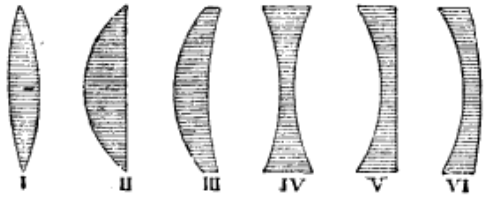


Fig. 39

Les lentilles qui sont plus épaisses au centre qu'au bord sont dites convergentes ; celles qui sont plus épaisses au bord qu'au centre sont des lentilles divergentes. Les premières comprennent la lentille biconvexe (I), la lentille plan-convexe (II) ; le ménisque convergent (III); les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

secondes sont représentées par la lentille biconcave (IV); la lentille plan-concave (V) ; le ménisque divergent (VI) (fig. 39).

On étudie les propriétés des lentilles en se bornant à suivre la marche des rayons situés dans une section méridienne passant par l'axe ; à tout point du rayon incident correspond toujours sur le rayon émergent un autre point qui est l'*image* ou foyer conjugué du point.

Les rayons parallèles à l'axe d'une lentille et tombant sur sa première face, forment un *foyer* principal. Le centre optique est le point fixe par où passe ou se prolonge le trajet intérieur de tout rayon lumineux qui émerge parallèlement à son incidence.

Les points nodaux sont les points sensiblement fixes (pour de faibles incidences) par où passent ou se prolongent les deux rayons émergents correspondants parallèles : on désigne ces rayons sous le nom d'axes secondaires conjugués ou rayons axiaux.

En désignant par e l'épaisseur du verre de la lentille par R_1 et R_2 ses rayons de courbure, par c la distance des centres de courbure, par n l'indice de réfraction du verre, la distance focale peut s'écrire

$$\pm F = \frac{n}{n-1} \quad \frac{R_1 R_2}{nc - e}.$$

ou bien

$$F = \frac{n}{n-1} \quad \frac{R_1 R_2}{e(n-1) + (R_2 - R_1)n}.$$

car

$$c = R_2 + e - R_1.$$

Les foyers principaux sont toujours de part et d'autre et à égale distance de leurs points nodaux : dans les systèmes convergents, le foyer d'incidence est du côté du point nodal d'incidence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La surface focale d'une lentille simple est une surface courbe à laquelle on peut substituer le plan tangent en un point de la surface considérée; mais cette substitution, faite pour faciliter l'étude de la surface focale, n'a que la valeur d'une solution approchée.

En appelant D et D′ les distances qui séparent des foyers principaux l'objet et son image, on a la formule de Newton :

$$-DD' = F^2$$

D et D′ étant toujours de signe contraire, les longueurs D et D′ sont disposées en sens contraire par rapport aux foyers principaux correspondants.

Par convention, on suppose dans la théorie des lentilles que les rayons lumineux marchent de gauche à droite; les lettres sans accent s'appliquent aux points, aux objets ou aux longueurs d'incidence; les mêmes lettres accentuées désignent les mêmes objets d'émergence. Toutes les longueurs comptées de gauche à droite à partir de leur point d'origine fixe sont positives et affectées du signe +; comptées en sens inverse, elles sont négatives et précédées du signe —. La concavité et la convexité des surfaces s'entend toujours par rapport à l'incidence; les rayons de courbures des surfaces convexes sont positifs; ceux des surfaces concaves sont négatifs. Les indices 1, 2, 3... désignant des objets s'appliquent à la première, à la deuxième, à la troisième face ou lentille dans le sens de l'incidence.

Si l'on désigne par O et I les dimensions respectives de l'objet et de son image on a :

$$\frac{O}{I} = \frac{D+F}{D'+F} = \frac{F}{D'} = \frac{D}{F}$$

En désignant par P et P′ les distances de l'objet et de l'image aux points nodaux correspondants, on peut écrire :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$-P = -D + F \qquad -P' = -D' + F'$$

et la formule de Newton peut s'écrire :

$$-(F + P)(P' - F) = F^2$$

d'où :

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{P'} = \frac{1}{F}$$

formule qui sert à construire la table des réductions.

On appelle points et plans de Bravais deux points situés entre le foyer d'incidence et le point nodal d'incidence d'une part et entre le point nodal d'émergence et le foyer d'émergence d'autre part, tels que l'objet étant placé en l'un de ces points, le plan image se superpose à l'objet. La considération de ces points et des plans perpendiculaires à l'axe qu'ils déterminent, et pour lesquels l'image et l'objet se superposent, présente un certain intérêt dans la construction des objectifs.

Dans la pratique on n'emploie pas de lentille simple : on utilise un système de plusieurs lentilles composées, centrées, c'est-à-dire montées sur le même axe. On peut concevoir une lentille unique, produisant les mêmes effets : cette lentille est dite équivalente à la lentille composée : cette notion peut s'appliquer à un système optique quelconque. Le centre optique, les points nodaux et les foyers qui définissent la lentille équivalente sont les points caractéristiques du système : dans l'industrie photographique on n'a à s'occuper que des systèmes fournissant une image réelle.

15. Des aberrations. — Les propriétés que nous venons de résumer sont la conséquence de données théoriques s'appliquant à des cas très particuliers (tels que la faible obliquité des rayons sur l'axe de la lentille) ; elles sont loin de subsister dans la pratique. Dans l'établisse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment des propriétés des lentilles on assimile un rayon lumineux à une ligne droite tandis qu'en réalité c'est un cylindre dont le diamètre minimum est 0^m 00012 ; la lumière n'est pas composée d'une seule série de radiations, enfin les faisceaux incidents sont souvent très inclinés sur l'axe. On constate en réalité que les rayons lumineux ne suivent pas rigoureusement la marche qui leur est assignée par la théorie élémentaire ; on dit alors que les lentilles possèdent des *aberrations* dont le résultat est une altération de la netteté ou de la forme de l'image, par rapport à l'objet.

Lorsque les rayons qui frappent la lentille sont obliques par rapport à son axe, on voit se produire l'aberration de champ et l'aberration nodale. L'aberration de champ a pour résultat de remplacer le plan focal par une surface focale principale : cette surface, qui dépend de la lentille, est le lieu géométrique des foyers formés par les rayons voisins du centre de la lentille : sa forme générale se rapproche de celle d'une sphère et sa section par un plan est une courbe du quatrième degré. La surface focale varie avec la face de la lentille qui reçoit des rayons incidents : par exemple si l'on emploie un ménisque convergent il y a intérêt à l'utiliser avec sa concavité tournée vers l'objet : la surface focale est alors plus aplatie que par la disposition inverse.

L'aberration nodale varie en même temps que le rapport des rayons de courbure $\frac{R_2}{R_1}$; dans le cas d'une lentille plan-convexe ($R_1 = \infty$) l'aberration nodale et nulle : elle est moindre pour les lentilles biconvexes ou les ménisques divergents que pour les lentilles biconcaves et les ménisques convergents.

La distorsion nodale (déformation d'une droite soit en barillet, soit en croissant) est une conséquence de l'aber-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration nodale : la forme biconvexe de la lentille est la meilleure pour combattre cette aberration.

Le foyer des rayons marginaux et celui des rayons centraux ne se fait pas au même point : le foyer des rayons centraux est plus éloigné de la lentille que le foyer des rayons marginaux. Dans une section méridienne on trouve une courbe enveloppe des divers rayons réfractés : elle porte le nom de *caustique* et est formée de deux arcs symétriques présentant un point de rebroussement au foyer des rayons centraux. Cette aberration constitue l'aberration sphérique : une lentille qui en serait exempte serait rigoureusement *aplanétique*. On ne peut réaliser l'aplanétisme qu'avec certaines surfaces ayant pour méridienne soit un ovale de Descartes, soit une parabole : mais dans la pratique on ne peut établir facilement que des lentilles à surfaces sphériques : l'aplanétisme n'est donc pas réalisable d'une façon complète avec les lentilles usuelles : on se contente d'une solution approchée, très suffisante d'ailleurs pour les besoins de la pratique.

On appelle *aberration longitudinale* la distance, comptée sur l'axe principal, qui sépare le point de concours des rayons marginaux de celui des rayons centraux. L'aberration *latérale* est le rayon du cercle lumineux formé autour du foyer des rayons centraux. L'aberration longitudinale est proportionnelle au carré du diamètre de l'ouverture ; l'aberration latérale varie comme le cube de ce même diamètre.

L'aberration sphérique entraîne comme conséquence l'*astigmatisme*. Un faisceau étroit, conique ou cylindrique, tombant dans une direction quelconque en une place quelconque d'une lentille, donne naissance à deux lignes focales d'astigmatisme qui sont les éléments de la surface caustique que donnerait le faisceau entier tombant sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surface totale de la lentille. Il existe deux surfaces d'astigmatisme engendrées par les deux lignes d'astigmatisme : on prend comme surface focale principale la surface moyenne d'astigmatisme, c'est-à-dire celle qui passe par tous les points de netteté maxima. Cette surface et les deux surfaces d'astigmatisme diffèrent toujours de la surface focale absolue, elles ont toutes quatre une partie commune, plus ou moins étendue au voisinage du foyer principal. La surface focale absolue est la limite vers laquelle tendent la surface moyenne d'astigmatisme et les deux surfaces d'astigmatisme pour une correction complète de l'astigmatisme.

Par suite de la décomposition de la lumière blanche en une infinité de radiations simples, on n'a plus affaire dans la pratique à un seul rayon lumineux : il y a autant de caustiques et autant de doubles lignes focales que de rayons simples. Dans le spectre solaire le maximum d'action chimique est produit sur les substances photographiques par les radiations qui se trouvent au voisinage de la région violette. Le maximum d'éclat se produit au contraire au voisinage du jaune : ce sont ces dernières radiations que l'on observe lorsque l'on fait la mise au point de l'image ; par conséquent la mise au point des radiations violettes, celles qui sont actives étant en avant de la plaque sensible, l'image sera *floue* sur la plaque sensible : ce phénomène constitue l'aberration de *réfrangibilité* et produit ce que l'on désigne sous le nom de *foyer chimique* différent du foyer visuel.

Le cercle d'aberration chromatique est formé par l'intersection des cônes correspondants aux rayons de réfrangibilité extrême. Le diamètre de ce cercle est indépendant de la distance focale et de la forme même des surfaces réfringentes ; il est proportionnel à l'ouverture de la len-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tille et au pouvoir dispersif de la matière dont elle est formée.

§ 2. — CALCUL DES OBJECTIFS

16. Correction des aberrations. — Il est possible d'atténuer les effets des aberrations en se servant de plusieurs lentilles : une seule lentille ne saurait donc convenir à la formation des images photographiques. On peut par le calcul déterminer une série de relations *approchées* entre les indices de réfraction, les rayons de courbure, les distances focales et l'écartement des lentilles qui constituent la combinaison que l'on veut établir, combinaison dont le rôle est de produire une image aussi correcte que possible de l'objet et que l'on désigne sous le nom d'*objectif*. Pour cela on utilise plusieurs lentilles dont les aberrations sont corrigées en se basant sur les considérations suivantes.

Soit une combinaison de deux lentilles ; on peut établir chacune des lentilles avec une matière différente, choisie de telle sorte que l'aberration de champ et l'aberration nodale soient réduites à un minimum, car le pouvoir croît avec les courbures et l'indice de réfraction, l'aberration longitudinale croît avec l'indice, l'aberration chromatique est proportionnelle au pouvoir dispersif. Pour obtenir une combinaison convergente, il faut que le pouvoir convergent soit plus grand que le pouvoir divergent ; pour que l'élément divergent ait un pouvoir moindre et des aberrations égales, il faut que ses courbures soient moindres, que son indice et son pouvoir dispersif soient plus élevés que celui de l'élément divergent. On obtient ainsi une com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

binaison dite normale ou de caractère normal. L'élément convergent en verre léger (crown-glass) présente de plus fortes courbures que l'élément divergent (flint-glass) en verre lourd. Avec ces combinaisons l'aplanétisme et l'achromatisme seraient réalisés si l'on employait un verre présentant un pouvoir dispersif proportionnel à l'indice de réfraction : on réaliserait ainsi les combinaisons dites *apochromatiques* employées en micrographie ; il suffit, avec l'emploi de ces verres, de faire réunir deux couleurs pour que les autres viennent coïncider au même point. Cette proportionnalité n'existe pas avec les verres employés habituellement, et avec deux lentilles on ne peut que réunir en un même point deux rayons colorés ; l'achromatisme n'est qu'incomplètement réalisé : on donne à l'élément convergent dont l'indice de réfraction est plus faible des courbures assez fortes ; l'ouverture de la lentille est réduite, l'épaisseur augmente, ce qui diminue la rapidité d'action de l'objectif et augmente l'astigmatisme.

En utilisant trois verres (deux verres convergents séparés par un verre divergent) on peut réunir trois couleurs ; les effets des verres convergents s'ajoutent, leurs rayons de courbure peuvent être assez grands, les épaisseurs peuvent être réduites, l'astigmatisme diminue sans disparaître complètement, la rapidité d'action augmente.

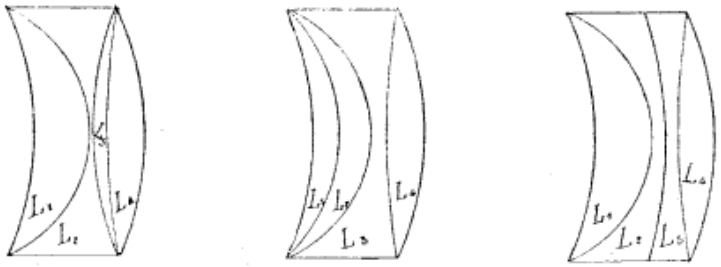
Petzval a démontré que pour détruire l'aberration chromatique et l'astigmatisme, il faut employer une combinaison dite *anormale* : c'est celle dans laquelle le système divergent possède un pouvoir dispersif plus grand et un indice de réfraction moindre que celui du système convergent. Les combinaisons anormales employées seules se prêtent mal à la correction des aberrations sphériques. Pour réaliser cette correction en même temps que les autres, on a associé un couple normal et un couple anor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mal, ce dernier corrigeant l'astigmatisme, tandis que le premier est chargé d'obtenir l'aplanétisme : on a ainsi réalisé les premiers anastigmats.

Plus tard, on a associé une lentille de crown à deux lentilles de flint, toutes deux plus réfringentes que le crown, mais dont l'une est de pouvoir dispersif plus grand, l'autre de pouvoir dispersif moindre. On obtient ainsi un système intermédiaire entre le type normal et le type anormal, car le verre du milieu forme avec celui qui le précède un système normal et avec celui qui le suit un système anormal. C'est là un dispositif très employé.

On peut aussi réunir dans une même combinaison à quatre verres cimentés un couple normal et un couple anormal, tous deux complets. Lacour a indiqué les com-



A B C

Fig. 40

binaisons A, B, C (fig. 40) et en particulier la combinaison B comme fournissant de bons résultats :

	A	B	C
R	$L_4 > L_3 > L_1 > L_2$	$L_4 > L_3 > L_2 > L_4$	$L_4 > L_3 > L_2 > L_1$
D	$L_3 > L_1 > L_4 > L_2$	$L_2 > L_4 > L_3 > L_1$	$L_3 > L_2 > L_4 > L_1$

L_1, L_2, L_3, L_4 désignent les quatre verres qui constituent ces lentilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

R désigne le pouvoir réfringent, D le pouvoir dispersif.

Ces combinaisons à quatre verres permettent d'établir une grande variété d'objectifs : on prendra, par exemple, un couple de caractère *normal* établi de façon à corriger par excès l'aberration sphérique, et corrigeant exactement l'aberration chromatique pour deux couleurs ; on lui associera un second couple convergent, formant avec le divergent une combinaison anormale permettant de corriger l'aberration chromatique pour une troisième couleur, faisant disparaître l'excès de correction d'aplanétisme et détruisant à peu près complètement les autres aberrations.

Il semble qu'en augmentant ainsi le nombre des lentilles simples que l'on associe, l'on arrive à une perfection plus grande de l'image ; il n'en est rien, car si la complication du système réfringent rend plus facile le problème de la correction des aberrations, elle entraîne forcément l'accumulation de *résidus d'aberration* qui altèrent la finesse de l'image ; en pratique, on n'a pas dépassé l'emploi de lentilles cimentées comportant cinq verres et les avantages résultant de ces combinaisons ne sont guère supérieurs à ceux que l'on obtient par l'emploi de quatre verres ; en les séparant d'ailleurs par une lame d'air, on peut réaliser certaines corrections, mais les combinaisons non cimentées présentent l'avantage de ne pas donner lieu à certaines pertes de lumière par réflexion. L'emploi d'un diaphragme, réduisant l'épaisseur du faisceau lumineux, permet de compléter les corrections.

17. Netteté, foisonnement. — Les aberrations ont pour résultat de rendre plus ou moins confuse l'image de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'objet fournie par la lentille : on dit alors que l'image manque de netteté. Cette netteté est d'ailleurs relative : on peut concevoir qu'il soit possible de la mesurer d'après les considérations suivantes. Soit un voyant formé de six points de 1/2 millimètre de diamètre, disposés en hexagone autour d'un point central ; la distance qui sépare chacun des sept points est également de 1/2 millimètre. En réduisant ce voyant au 1/5, l'image théorique est formée de sept points de 1/10 de millimètre de diamètre, séparés par un intervalle égal à leur diamètre. Tant que l'on peut distinguer les sept points les uns des autres, la netteté est dite supérieure au 1/10 de millimètre ; elle devient égale au 1/10 de millimètre lorsque les sept points se recoupent ou forment une teinte grise (fig. 41).

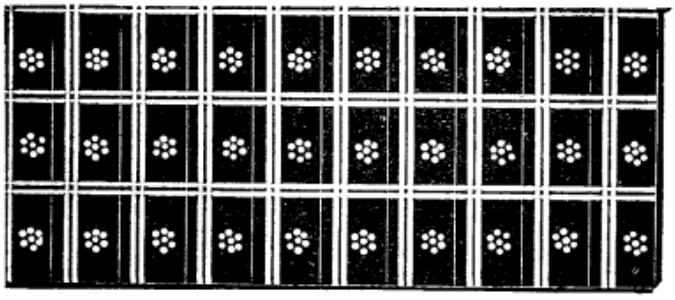


Fig. 41

Dans la construction des objectifs photographiques, on admet qu'un objectif donnant la netteté de 1/10 de millimètre est un objectif donnant une image nette.

Le foisonnement est le contraire de la netteté ; on le désigne par l'expression $\frac{1}{n}$; c'est le diamètre du cercle qui représente dans l'image ce qui devrait être un point mathématique de dimensions mensurables nulles. Le foisonnement varie dans le même sens que $\frac{1}{n}$, tandis que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la netteté ou la finesse varient en sens inverse de ce nombre, et sont par conséquent d'autant plus grandes que la quantité qui les mesure est plus petite.

18. Diaphragme. — En limitant convenablement par un écran annulaire l'admission des rayons lumineux, on peut réduire les effets de l'aberration de sphéricité, car l'aberration longitudinale est proportionnelle à la section droite du faisceau lumineux.

Le diaphragme combat l'aberration de champ de deux façons : par sa position, il diminue l'influence de l'astigmatisme et rejette les foyers plus près de la pointe de la caustique ; en second lieu, il augmente la profondeur de foyer et par suite le champ de netteté de l'objectif.

Il existe deux surfaces focales limites entre lesquelles la netteté des images est suffisante : ces deux surfaces déterminent et enferment le volume focal; à chaque distance des objets correspond un volume focal déterminé. L'épaisseur du volume focal augmente, comme la profondeur de foyer, quand le diamètre du faisceau émergent ou du diaphragme diminue.

La position du diaphragme par rapport à la lentille est importante : si le diaphragme est placé en avant de la

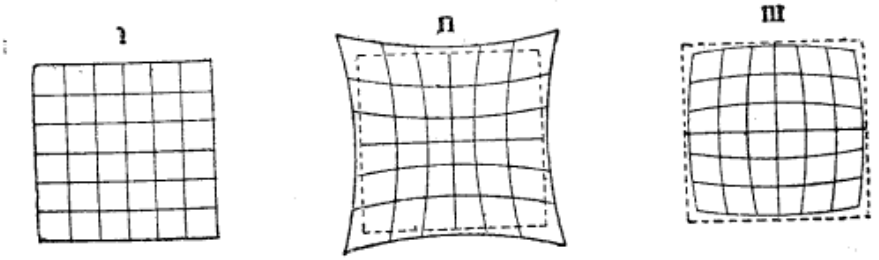


Fig. 42

lentille, il produit la distorsion en barillet (fig. 42, III) en plaçant le diaphragme entre l'objectif et l'image, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtient la distorsion en croissant (fig. 43). Pour que la distorsion fût nulle, il faudrait que le diaphragme fût placé de façon à ne laisser passer que les rayons voisins des points nodaux. Au point de vue de la clarté de l'objectif, il y aurait avantage à placer le diaphragme en arrière de la lentille ; mais il faudrait alors diminuer son

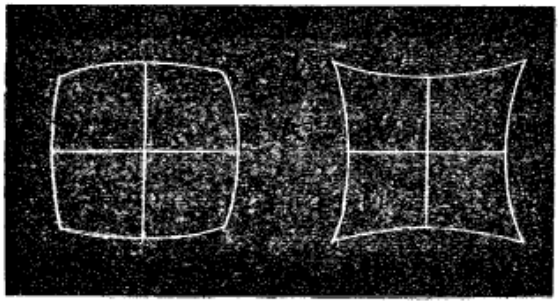


Fig. 43

ouverture pour obtenir une bonne correction des aberrations.

19. Clarté. — La clarté d'un objectif est le rapport entre l'éclat de l'image qu'il donne d'un objet à l'infini, sur l'axe principal, et celui que donnerait du même objet un objectif type pris pour unité. Soit E l'éclat intrinsèque d'un plan vertical perpendiculaire à l'axe principal de la lentille et de surface S, o le diamètre du diaphragme placé contre l'objectif ; K la distance du plan lumineux à l'objectif ; ce dernier reçoit une clarté :

$$\frac{ES\pi o^2}{4K^2}$$

qui, répartie sur l'image de surface s, formée sur un écran parallèle au plan lumineux à une distance k de l'objectif, y produit un éclat e :

$$e = \frac{ES\pi o^2}{4k^2}\ \frac{1}{s}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour un objet situé à l'infini $k = F$ et comme $\frac{S}{s} = \frac{K^2}{k^2}$

$$e = E \frac{\pi o^2}{4F^2}$$

Si le diaphragme est au delà de la lentille et à une distance l de celle-ci, l'éclat sera :

$$e = E \frac{\pi o^2 F^2}{4F^2(F-l)^2} = E \frac{\pi o^2}{4(F-l)^2}$$

Pour un faisceau oblique incliné d'un angle α sur l'axe de l'objectif, de surface S_1, d'éclat intrinsèque E, situé à une distance K_1 de l'objectif, l'éclat e_1 sera:

$$e_1 = e \cos^4 \alpha \frac{E_1}{E}$$

L'image subit sur les bords une forte diminution d'éclat ; cette diminution ne peut être combattue qu'en faisant traverser aux rayons obliques une épaisseur moins grande que celle traversée par les rayons centraux.

La clarté au centre e est donnée par la formule suivante, O étant le diamètre du diaphragme :

$$e = \frac{E\pi}{4} - \frac{O^2}{F^2}$$

elle est proportionnelle au carré du diaphragme et en raison inverse du carré du foyer ; en général, on désigne le diaphragme par le rapport inverse.

En France, on a pris pour unité de clarté celle d'un objectif diaphragmé à $\frac{F}{10}$, c'est-à-dire dont le diamètre d'ouverture est le dixième de la distance focale principale. La clarté d'un objectif diaphragmé à $\frac{?}{n}$ est donc

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$\frac{100}{n^2}$ et la durée du temps de pose, qui est l'inverse de la clarté, sera $\frac{n^2}{100}$, en multipliant par ce nombre la durée du temps de pose nécessaire pour le diaphragme normal, on aura la durée du temps de pose nécessaire avec le diaphragme $\frac{\varphi}{n}$.

Le numérotage uniforme des diaphragmes n'est pas adopté par tous les constructeurs ; la seule prescription à laquelle ils se soient conformés est relative à l'admission des rayons lumineux quand on passe d'un diaphragme au diaphragme immédiatement suivant. Cette ouverture est telle que le temps de pose soit exactement le double de celui qui était nécessaire avec le diaphragme précédent. Un certain nombre de constructeurs indiquent sur la monture le diamètre réel de l'ouverture du diaphragme, ce qui est très pratique lorsque l'on utilise avec la même monture plusieurs objectifs de foyers différents. Dans ce cas, il faut déterminer l'ouverture utile correspondant à chaque foyer de la *trousse* employée.

20. Objectifs combinés. — Pour augmenter la clarté des objectifs, on a été amené à les composer de deux systèmes de foyers φ_1 et φ_2 séparés par un intervalle E; pour un même diamètre de lentille, la distance focale de la combinaison est :

$$F = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2 - E}$$

on peut supposer, et on a fait, $\varphi_1 = \varphi_2$; l'objectif est dit symétrique et, si $E = 0$

$$F = \frac{\varphi}{2}.$$

Dans ces objectifs, le diaphragme doit être placé au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centre optique situé entre les deux lentilles ; il est placé proportionnellement à leurs distances focales si les deux systèmes sont de longueurs focales différentes ; alors l'objectif est dit *dissymétrique ou asymétrique.*

Dans les objectifs combinés, il y a lieu de considérer l'ouverture *utile* du diaphragme employé. Soit o le diamètre réel du diaphragme, l la distance du plan principal d'émergence au diaphragme compté sur l'axe, P le foyer conjugué par rapport à la lentille d'avant d'un point situé sur l'axe principal, F_1 le foyer :

$$o' = o\,\frac{(P + F_1)}{P + F_1 - l}$$

La clarté au centre de l'image ayant pour expression :

$$e = E\,\frac{\pi o'^2}{4F^2},$$

on aura pour la clarté :

$$e = \frac{E\pi}{4F^2}\quad\frac{o^2(P + F_1)^2}{(P + F_1 - l)^2}\ .$$

La durée du temps de pose sera :

$$\frac{1}{e} = \frac{4F^2}{E\pi o^2}\left(1 - \frac{l}{P + F_1}\right)^2.$$

Si l'objet est à une distance infinie, $P = 0$ et on a

$$\frac{1}{e} = \frac{4F^2}{E\pi o^2}\left(1 - \frac{l}{F_1}\right)^2.$$

La durée du temps de pose augmente avec P F et F_1 ; elle diminue quand o et l augmentent ; donc, plus l'objet est rapproché, plus il faut augmenter la durée du temps de pose.

21. Objectifs symétriques. — Les objectifs symétriques se composent de deux ménisques convergents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

identiques, composés de deux, trois, quatre ou cinq lentilles, disposés face à face, montés sur un même tube, le diaphragme étant placé au milieu de l'intervalle qui sépare les deux ménisques aussi bien corrigés que possible de toutes les aberrations.

Dans ces objectifs, les points nodaux sont tous deux virtuels ; le centre optique est réel ; il est situé au milieu de l'espace qui sépare les deux lentilles et indique la place que doit occuper le diaphragme.

Pour que les points nodaux coïncident, en appelant e l'épaisseur de chaque lentille composante, φ leur distance focale, E l'écart entre les points nodaux composants intérieurs, il faut que l'on ait :

$$E = -e + \sqrt{e^2 + 4e\varphi}$$

Dans ces conditions, l'objectif jouit des propriétés de la lentille sans épaisseur, les points nodaux coïncident avec le centre optique.

Si l'on rapproche les lentilles composantes, les points nodaux se rapprochent chacun de la lentille de même espèce ; le champ augmente beaucoup et l'on obtient un objectif symétrique grand angulaire, ce qui entraîne l'emploi de petits diaphragmes, car, pour conserver aux rayons une incidence voisine de la normale, il faut augmenter les courbures et par suite les aberrations ; en rapprochant les lentilles on obtient donc plus de champ, moins de clarté et une distance focale plus courte. Si l'on éloigne les lentilles, les points nodaux se rapprochent chacun de la lentille d'autre espèce; le champ diminue rapidement, la clarté augmente jusqu'à une certaine limite; le foyer s'allonge; on peut dans ce cas employer des lentilles à courbure plus faible et des diaphragmes plus larges que ceux employés dans les objectifs symétriques grand angle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

22. Objectifs dissymétriques. — Ils sont formés de deux systèmes de lentilles se corrigeant l'un l'autre. Les deux systèmes peuvent être ou ne pas être aplanétiques et achromatiques, de telle sorte que ces systèmes composés de deux ou trois verres ne peuvent être employés séparément ; mais le plus souvent les deux systèmes constituent des objectifs simples à trois ou quatre verres que l'on peut utiliser séparément. On peut obtenir un bon objectif en associant une combinaison normale avec une combinaison anormale, toutes deux aussi achromatiques que possible, l'élément divergent ayant le plus grand pouvoir dispersif: la combinaison normale est construite de façon à corriger un peu trop l'aplanétisme, tout en conservant l'astigmatisme ; la combinaison anormale, grâce au fort indice de l'élément convergent, a pour objet la correction de l'astigmatisme; son défaut d'aplanétisme annule l'excès de correction de la même aberration apportée par la première lentille.

Les types d'objectifs dissymétriques sont extrêmement nombreux et dans cette catégorie rentrent les trousses d'objectifs, les téléobjectifs, les objectifs multiples à lentille négative, etc. On construit le plus souvent ces objectifs avec deux systèmes d'objectifs simples qui, employés individuellement, ont des distances focales qui sont :: 1,6 : 2,0. La combinaison de ces deux lentilles donne une distance focale d'environ 1. Le rapport d'ouverture utile de ces objectifs est en général 7 ou 7,7.

L'ouverture utile maxima du diaphragme est extrêmement variable dans les objectifs dissymétriques; elle varie de $\frac{F}{1}$ à $\frac{F}{18}$.

23. Objectifs à lentilles multiples. — La construc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion des objectifs à lentilles multiples est basée sur la considération suivante : soit un objectif composé de deux couples convergents dont les corrections individuelles sont incomplètes: on peut introduire entre ces deux lentilles un élément divergent ou convergent chargé de produire une ou plusieurs corrections. Il semble donc que plus on augmente le nombre des lentilles entrant dans une combinaison, plus on dispose d'éléments pour faire disparaître les aberrations: mais comme chaque correction n'est jamais réalisée d'une façon complète, il y a toujours des *résidus d'aberrations* qui peuvent s'accumuler à mesure que l'on augmente le nombre des lentilles et créer des aberrations nouvelles aussi importantes que les anciennes. Le plus souvent, par l'emploi d'un nombre considérable de lentilles, on complique la construction et on diminue la quantité de lumière qui frappe la plaque sensible.

24. Méthode de calcul des objectifs. — Un objectif est formé d'un système ou de plusieurs systèmes simples, suivant que l'on recherche le brillant de l'image (paysages), la clarté (portraits instantanés), l'absence de distorsion, d'astigmatisme (monuments, reproductions), etc.; il y a intérêt à sacrifier une correction pour rendre les autres plus parfaites

Le choix du type objectif étant fait, il y a lieu d'établir une série de relations approchées entre les indices de réfraction, les rayons de courbure, les distances focales et l'écartement des lentilles que l'on veut établir. Ces relations s'établissent à l'aide du calcul; on utilise deux méthodes: l'une est connue sous le nom de méthode directe, algébrique ou approchée, l'autre est la méthode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indirecte, trigonométrique ou exacte. On établit les courbures à l'aide des deux méthodes.

Le caractère approximatif des formules que l'on emploie dans la méthode directe ne peut suffire : mais cette méthode est précieuse, car elle permet d'établir, pour des lentilles *supposées sans épaisseur* les valeurs des rayons de courbure en fonction des indices de réfraction, des longueurs focales, de l'aplanétisme, de l'achromatisme, etc. ; on ne détermine pas l'épaisseur ni l'écartement des lentilles. On n'obtient donc que des résultats approchés permettant de tracer graphiquement le profil des lentilles, de fixer l'ouverture de l'objectif et de déterminer d'une façon approchée les épaisseurs et écartements des combinaisons. Cela fait, on calcule trigonométriquement le trajet des rayons qui traversent le système ainsi établi. On constate alors qu'en général, les rayons marginaux et centraux des diverses couleurs ne se réunissent pas soit sur l'axe, soit hors de l'axe; en présence de ces résultats on fait des approximations successives qui permettent d'obtenir des courbures satisfaisantes : il n'y a plus alors qu'à faire subir à l'objectif un très petit nombre de retouches, si cette seconde méthode a été correctement employée.

Les opticiens industriels construisent actuellement deux types de lentilles : l'une formée de deux verres, l'autre, de trois verres ; ces dernières, associées deux à deux, fournissent les anastigmats les plus employés.

25. Objectif constitué par une lentille convergente à deux verres. — Les équations donnant les courbures d'un système de deux lentilles convergentes, aplanétique et achromatique pour des rayons parallèles à l'axe, le crown étant placé en avant, sont :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$r_2 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$r_1 = r_2 + \alpha_1$$

$$r'_1 = r_1$$

$$r'_2 = r_2 + \omega\alpha_2$$

Les *rayons de courbure* et la distance focale principale Φ sont :

$$R_1 = \frac{1}{r_1}, \quad R'_1 = \frac{1}{r'_1}, \quad R_2 = \frac{1}{r_2}, \quad R'_2 = \frac{1}{r'_2}, \quad \Phi = \frac{1}{\varphi}$$

φ représentant le pouvoir principal $1 - \omega$ de l'objectif ainsi constitué, formules dans lesquelles :

R_1, R'_1 sont les rayons de courbure de la première lentille; r_1, r_1' les courbures $\frac{1}{R_1}$ de cette lentille; F_1 sa distance focale, f_1 son pouvoir $= \frac{1}{F_1}$ qui prend une valeur particulière l lorsque le rayon lumineux tombant sur la première face est parallèle à l'axe, n_1 est l'indice de réfraction du premier verre et son indice $\frac{1}{m_1}$ est affecté de l'indice qui caractérise la lentille correspondante. Les données relatives à la première face de la lentille sont affectées de l'indice 1 ; ceux de la seconde face sont accentués. Les indices et pouvoirs n_1, n_2, $l_1 = 1$, l_2, ainsi que le pouvoir principal de la combinaison sont rapportés à la raie D du sodium ; π_1 et π_2 sont les pouvoirs dispersifs des deux verres dans l'intervalle des deux couleurs considérées, ω est le rapport des pouvoirs dispersifs $\frac{\pi_1}{\pi_2}$.

De plus :

$$\alpha_1 = \frac{1}{n_1 - 1}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$A_1 = \frac{n_1 + 2}{n_1}, \quad B_1 = \frac{2n_1 + 1}{n_1 - 1}, \quad E_1 = \frac{n_1^2}{(n_1 - 1)^2}$$

$$G_1 = \frac{4n_1 + 4}{n_1}, \quad J_1 = \frac{3n_1 + 1}{n_1 - 1}, \quad L_1 = \frac{3n_1 + 2}{n_1}$$

et

$$\alpha_2 = \frac{1}{n_2 - 1}$$

$$A_2 = \frac{n_2 + 2}{n_2}, \quad B_2 = \frac{2n_2 + 1}{n_2 - 1}, \quad E_2 = \frac{n^2_2}{(n_2 - 1)^2}$$

$$G_2 = \frac{4n_2 + 4}{n_2}, \quad J_2 = \frac{3n_2 + 1}{n_2 - 1}, \quad L_2 = \frac{3n_2 + 2}{n_2}$$

et de plus :

$$C = A_2\omega \quad D = G\omega - B2\omega^2 \quad F = L_2\omega - J_2\omega^2 + E_2\omega^3$$

$$a = A_1 - C$$

$$b = D + 2A_1\alpha - B_1$$

$$c = A_1\alpha_1^2 - B_1\alpha_1 + E_1 - F.$$

Pour avoir les rayons de courbure d'un objectif dont la distance focale soit égale à 1, on multipliera les valeurs R_1, R'_1, R_2, R'_2, F par $1 - \omega$.

Si l'on prend des verres pour lesquels ω est faible, soit 0,55 par exemple, on a des courbures peu accentuées. Si le rapport $\frac{\pi_1}{\pi_2} = \omega$ augmente, la surface extérieure du verre léger devient plane, puis concave, tandis que la convexité de la surface extérieure du verre va en augmentant ; chacun des deux verres est alors un ménisque ; pour que la lentille soit convergente, il faut que l'élément convergent soit fait du verre le moins dispersif.

Dans cet objectif à deux lentilles, si l'on veut placer le flint en avant, on obtient les courbures par les équations suivantes :

$$r_2 = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - 4a'c'}}{2a'}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$r_1 = r_2 - \omega\alpha_1$$
$$r'_2 = r_2$$
$$r'_2 = r_2 - \alpha_2$$

dans lesquelles ω désigne le rapport du pouvoir dispersif du crown à celui du flint et :

$$a' = A^2 - A_1\omega$$
$$b' = B_2 - G_2\omega + (B_1 - 2A_1\alpha_1)\omega^2$$
$$c' = (B_1\alpha_1 - A_1\alpha^2 - E_1)\,\omega^3 - L_2\omega^2 - J_2\omega + E.$$

Pour avoir les courbures correspondantes à une distance focale principale égale à 1, il faut multiplier les valeurs trouvées par le coefficient $\frac{1}{1-\omega}$.

Quand on a obtenu les courbures d'une lentille convergente, on n'a plus pour former une lentille divergente de même distance focale, qu'à changer le sens de toutes les courbures, faisant concaves celles qui sont convexes et inversement, tout en leur laissant leur valeur.

Si l'on veut que les points nodaux coïncident, auquel cas l'objectif jouit des propriétés des lentilles sans épaisseur, on aura pour les courbures :

$$r_2 = \frac{-(D+2A_1\beta\gamma-B_1\beta)\pm\sqrt{(D+2A_1\beta\gamma-B_1\beta)^2-4(A_1\beta^2-C)(A_1\gamma^2-B_1\gamma+E_1-F)}}{2(A_1\beta^2-C)}$$

$$r_1 = r_2 + \alpha_1$$
$$r'_1 = r_2$$
$$r'_2 = r_2 + \omega\alpha_2$$

Les symboles A, B, C, D, E, F, ω, conservent les valeurs indiquées plus haut et :

$$\beta = \frac{G_2}{G^1}\omega, \quad \gamma = \frac{P_1 + P_2\omega_2 - G_2\omega}{G_1''}, \quad P_1 = \frac{2n_1+2}{n_1-1}, \quad P_2 = \frac{2n_2+2}{n_2-1}$$
$$G_1 = \frac{4n_1+4}{4}, \quad G_2 = \frac{4n_2+4}{4}.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

26. Objectifs à trois verres. — Le type d'objectif à trois verres permettant d'achromatiser trois couleurs (correspondant aux raies D, F, Hγ) est l'un des plus employés. Les équations donnant les six rayons de courbure sont :

$$R_1=\frac{1}{r_1},\quad R'_1=\frac{1}{r'_1},\quad R_2=\frac{1}{r_2},\quad R'_2=\frac{1}{r'_2},\quad R_3=\frac{1}{r_3},\quad R'_3=\frac{1}{r'_3}$$

dans lesquelles :

$$r_2=\frac{+\sqrt{Y^2-4XZ}}{2X}$$

$$r_1=r_2+\alpha$$

$$r'_1=r_2$$

$$r'_2=r'_2+\omega\alpha_2$$

$$r_3=r'_2$$

$$r'_3=r_2+\omega\alpha_2-\omega'\alpha_3$$

et

$$X=A_1-A_2\,\omega+A_3\,\omega'$$

$$Y=2A_1\alpha_1+2A_3\alpha_2\omega\omega'+B_1+B_2\omega^2-B_3\omega'^2+G_2\omega-G_3\omega'(1-\omega).$$

$$Z=A_1\alpha_1^2+A_3\alpha_2^2\omega^2\omega'-B_1\alpha_1-B_3\alpha_2\omega\omega'^2+E_1-E_2\omega^3+E_3\omega'^3-G_3\alpha_2\omega\omega'(1-\omega)+J_2\omega^2+J^3\omega'^2(1-\omega)-L_2\omega+L_3\omega'(1-\omega).$$

ω et ω′ sont en valeur absolue :

$$\omega=\frac{\pi'_1\pi_3-\pi_1\pi'_3}{\pi_3\pi'_2-\pi'_3\pi_2}$$

$$\omega=\frac{\pi'_1\pi_2-\pi_1\pi'_2}{\pi_3\pi'_2-\pi'_3\pi_2}$$

π_1, π_2, π_3 étant les pouvoirs dispersifs des trois lentilles entre les raies D et F, π'_1, π'_2 π'_3 étant les pouvoirs dispersifs des trois lentilles entre la première et la troisième couleur Hγ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le pouvoir principal de l'objectif est :

$$\varphi = 1 - \omega + \omega'$$

on fait $l_1 = 1$; pour avoir une lentille convergente il faut que :

$$\omega - \omega' < 1$$

Si l'on ne veut pas rendre l'objectif achromatique pour trois couleurs, on peut prendre la même matière pour la première et pour la troisième lentille et s'imposer la condition que les points nodaux sont confondus.

Si l'on veut construire un objectif composé de trois lentilles, achromatisé pour trois couleurs et dont les points nodaux soient confondus, on ne peut réaliser un système de trois lentilles collées ; seules la première et la seconde lentille auront une face commune ; dans ce cas les équations donnant les courbures sont :

$$r_2 = \frac{-Y' \pm \sqrt{Y'^2 - 4X'Z'}}{2X'}$$

$$r_1 = r_2 + \alpha_1$$

$$r'_1 = r_2$$

$$r'_2 = r_2 + \omega\alpha_2$$

$$r_3 = \beta' r_2 + \gamma'$$

$$r'_3 = r_3 - \omega'\alpha_3.$$

En adoptant les notations précédentes, les valeurs des divers symboles sont :

$$X' = A_1 - A_2\omega + A_3\omega'$$

$$Y' = 2A\alpha_1 - B_1 + 2A_3\omega'\beta'\gamma' - B_2\omega^2 - B_3\omega^2\beta' + G_2\omega - G_3\omega'(\omega - 1)\beta'$$

$$Z' = E_1 - B_1\alpha_1 + A_1\alpha_1^2 - L_2\omega + A_3\omega'\gamma'^2 + J_2\omega^2 - B_3\gamma'\omega'^2 - G_3\omega'(\omega - 1)\gamma' - E_2\omega^3 - E_3\omega'^3 + L_3\omega'(\omega - 1)^2 - J_3\omega'^2(\omega - 1)$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$\beta' = \frac{G_2\omega - G_1}{G_3\omega'}$$

$$\gamma' = \frac{P_1 + P_2\omega^2 + P_3\omega'^3 - G_2\omega - G_3\omega'(\omega - 1)}{G_3\omega'}$$

et

$$P = \frac{2n+2}{n-1}$$

Le pouvoir principal du système est $\varphi = 1 - \omega + \omega'$.

Les valeurs numériques de tous les coefficients A_1 B_1 C_1 ..... et de leurs logarithmes en fonction des indices de réfraction sont assez pénibles à obtenir. MM. Martin et Wallon les ont calculé et réuni en forme de tables (1) ce qui facilite singulièrement la détermination des rayons de courbure.

27. Objectifs combinés. — Ces objectifs résultant de la combinaison de deux objectifs simples (systèmes formés de deux ou plusieurs lentilles). On dispose d'une nouvelle inconnue qui est l'écartement des deux combinaisons, écartement auquel les opticiens donnent souvent le nom de *repos*. Si les combinaisons sont semblables et semblablement placées, cet écartement variable permet de satisfaire à la condition de Prasmowski (points nodaux confondus en un seul). On fait une série d'épures en faisant varier l'écartement des deux combinaisons jusqu'à ce que le produit des cosinus d'incidence soit égal au produit des cosinus d'émergence.

L'examen des diverses épures ainsi construites indique la solution la plus favorable pour la combinaison que l'on veut réaliser. On arrive le plus souvent, en modifiant les épaisseurs des verres, à détruire les aberrations. Lorsque sur l'épure, les corrections sont bonnes

(1) *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, et chez Gauthier-Villars, à Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant l'axe principal, on examine les aberrations provenant des faisceaux obliques ; on modifie très peu au besoin les courbures pour faire concorder les rayons centraux et les rayons marginaux.

Lorsque ce long travail préparatoire est terminé, on peut entreprendre la construction de l'objectif ; à l'aide de quelques retouches locales, en général peu importantes et qui constituent le tour de main de fabrication, on arrive à obtenir un bon instrument. Le procédé pratique le plus employé consiste à faire varier légèrement les épaisseurs de l'un ou de l'autre des verres qui entrent dans les combinaisons.

§ 3. — FABRICATION DES LENTILLES

28. Fabrication des verres. — Les verres employés à la fabrication des lentilles sont de qualité spéciale : ils doivent être incolores, transparents, exempts de défauts de toute nature tels que bulles, givres, fils, etc. Les matières utilisées pour obtenir les nouveaux verres dans lesquels le pouvoir dispersif ne croît pas forcément avec l'indice de réfraction donnent naissance à des réactions chimiques provoquant la formation de bulles qui tendent à se fixer dans la masse ; si l'on chauffe pour rendre le verre plus liquide on court le risque d'obtenir un produit dans lequel apparaissent par refroidissement une foule de cristaux qui rendent la masse complètement opaque sous une certaine épaisseur et inutilisable. D'autre part le verre liquide tend à se partager en couches d'inégales densités, ce qui produit des stries le rendant impropre aux usages de l'optique ; en brassant la masse fondue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à ce qu'elle soit redevenue visqueuse, on empêche la formation de ces couches de densités différentes ; mais le brassage doit être fait avec précaution pour ne pas introduire de bulles d'air.

Les matières qui doivent constituer le verre sont introduites peu à peu dans un creuset chauffé à la température du rouge : ce chauffage s'effectue dans des fours recevant le mélange d'air et de gaz provenant d'un four gazogène : la marche de ces fours est relativement plus facile à régler que celle des fours à la houille. Lorsque la masse obtenue est suffisamment liquide et suffisamment homogène, on laisse la température s'abaisser un peu pour permettre aux bulles de s'échapper ; on brasse pour empêcher la formation des couches d'inégale densité et lorsque ce brassage ne se fait plus que difficilement, on refroidit lentement pendant plusieurs jours ; on défourne le creuset, on le casse et on débite le verre refroidi. Le plus souvent on ramène le verre à l'état pâteux et on le moule par compression, soit à l'état de disques plats, soit à l'état de cylindres dont les bases sont plus ou moins creuses, plus ou moins bombées suivant la forme que doit avoir la lentille ; mais cette façon de procéder est mauvaise, parce que par compression il se produit dans la masse du verre des modifications locales qui en détruisent l'homogénéité. Le refroidissement peu ménagé fournit du verre *trempé* qui agit sur les rayons lumineux à la façon d'un polariseur : de là production d'images défectueuses.

Les blocs choisis sont recuits avec le plus grand soin après que, par ramollissement sans compression des divers fragments, on a amené le verre à l'état de plaques dont l'épaisseur varie de 5 à 50 millimètres et plus, suivant la dimension de l'objectif à construire. Ces plaques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de verre sont, dans la plupart des usines, munies de facettes polies qui permettent d'en juger la qualité et d'en déterminer les constantes (indice de réfraction, pouvoir dispersif). Ces constantes sont indiquées avec la livraison de la marchandise dans les bonnes usines. Le plus souvent aujourd'hui, ces déterminations de constantes, faites par des spécialistes, sont exécutées avec assez de soin pour que l'opticien puisse compter sur l'exactitude de la cinquième décimale ; ce n'est que dans quelque cas très rare que l'on a besoin d'une précision plus grande.

29. Travail des lentilles. — Les disques de verre à faces parallèles sont tout d'abord travaillés à la pince et par écailles de façon à enlever une quantité de matière suffisante pour abréger le travail ; puis on dégrossit le verre en l'usant avec du grès mouillé dans un outil de fonte dont le rayon de courbure est sensiblement le même que celui de l'outil en bronze dans lequel il doit être terminé.

La forme définitive de la lentille s'obtient en usant le verre avec de l'émeri mouillé sur des calottes ou dans des bassins de cuivre ou de laiton. La calotte convexe sur laquelle on use le verre s'appelle la *balle* ; celle qui est concave est le *bassin* ; ces deux outils doivent être assez épais pour résister à la flexion pendant le travail. Le bassin et la balle doivent avoir les rayons de courbure que le calcul ou l'expérience assignent à la lentille. Dans ce but on établit un calibre en traçant sur une plaque de cuivre un arc de cercle d'un rayon correspondant au rayon de courbure que doit avoir la lentille : on obtient ainsi un calibre convexe et un calibre concave que l'on peut appliquer contre le bassin et contre la balle pendant qu'on les travaille au tour pour s'assurer qu'ils ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la courbure désirée. On n'obtient d'ailleurs cette forme qu'en terminant l'usure des bassins l'un contre l'autre avec un peu d'émeri et jusqu'à ce qu'ils se touchent partout : ils sont alors sphériques au sortir des mains d'un ouvrier habile ; ce dernier travail doit d'ailleurs être répété de temps en temps pour maintenir aux deux outils la courbure qu'ils doivent avoir; ces outils sont munis de tiges à vis permettant de les fixer soit sur le tour d'opticien, soit sur un arbre mobile pouvant se mouvoir circulairement pour les lentilles de petite dimension, soit dans un écrou fixe.

On donne au verre la surface convenable en l'usant avec de l'émeri plus ou moins fin ; on obtient ces divers degrés de finesse par lévigation ; on place la poudre d'émeri dans de grands récipients pleins d'eau munis de robinets placés à différentes hauteurs ; on remue le mélange, on cesse d'agiter puis on recueille le liquide ; on laisse de nouveau déposer ce liquide tenant en suspension des particules d'émeri et l'on obtient un émeri d'un degré de finesse en rapport avec le temps qui s'est passé avant de laisser écouler le liquide. On emploie en général de l'émeri de 30 secondes, 1, 2, 5, 10, 30 et 60 minutes ; les deux derniers servent au doucissage.

Le travail d'une lentille comporte quatre opérations : 1° dégrossir le verre ; 2° l'apprêter ; 3° le doucir et le raffiner ; 4° le polir.

Le dégrossissage s'effectue en usant la lentille sur une balle ou dans un bassin de fonte de fer avec du grès tamisé et mouillé ; on termine avec de l'émeri grossier n° 1 ou 2, puis pour la seconde opération on place la lentille sur une molette en bois qui se fixe au mandrin du tour, et avec de l'émeri, en se servant d'une plaque de laiton arrondie, on use les bords de façon à lui don-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ner une forme circulaire : lorsque ce résultat est obtenu on dit que la lentille est *débordée*.

On la fixe alors à l'aide d'un mélange de poix molle et de cendre répandue en gouttes séparées sur l'une de ses surfaces, à un support de laiton assez épais pour empêcher le verre de fléchir et travaillé au tour pour que le verre s'y adapte aussi bien que possible ; cette molette est, en général, tenue de la main droite pendant que l'ouvrier agit sur le tour de la main gauche.

Le doucissage s'effectue alors en projetant sur l'outil (bassin ou balle) de l'émeri n° 5, puis quelques gouttes d'eau ; on promène la lentille sur l'outil circulairement et régulièrement ; dans quelques usines d'optique, lorsqu'il s'agit de grandes lentilles (3 pouces et au-dessus) pouvant être facilement déformées par le travail à la main la molette est fixée à un parallélogramme articulé qui lui fait effectuer automatiquement ce mouvement circulaire, de telle sorte que le verre ne dépasse jamais les bords de l'outil et que l'émeri soit toujours humide.

Au bout d'un certain temps le verre touche bien sur tous les points de la surface de l'outil : on charge alors d'émeri et on emploie successivement les n^{os} 10, 30 et 60 ; entre temps on *réunit* l'outil, c'est-à-dire que la balle et le bassin sont rodés l'un sur l'autre. Lorsqu'on passe à l'émeri 30 et au 60, on s'assure de la pureté de la pâte formée avec l'eau et l'émeri ; dans ce but on utilise un *verre d'épreuve* : c'est un disque de verre présentant la courbure de l'outil et permettant de reconnaître si dans le mélange d'eau et d'émeri il existe le moindre corps étranger qui pourrait rayer le verre : on étale l'émeri sur l'outil en l'appliquant avec le verre d'épreuve. L'émeri étant suffisamment pur, on dépose sur l'outil la surface à tailler et l'on frotte circulairement ; lorsque le mélange

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devient pâteux et sec et que l'on a peine à mouvoir le verre, on s'arrête ; avec une fine éponge mouillée on enlève l'émeri qui se trouve sur l'outil et sur le verre et l'on recommence l'opération ; pour certaines natures de verre il est bon de terminer le doucissage en employant de la pierre ponce porphyrisée. La surface du verre présente alors une douceur de grain extrêmement régulière.

Le polissage des grandes lentilles s'effectue en général au papier. On colle sur l'outil, au moyen d'empois d'amidon et en se servant d'un petit instrument en verre que l'ouvrier confectionne lui-même et qu'il appelle *colloir*, un disque de papier dans lequel on a découpé certaines parties comme l'indique la figure 44. Cette opération doit

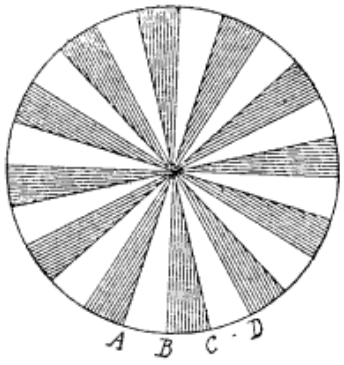


Fig. 44

être faite avec grand soin ; quand le polissoir est bien préparé, on étale à sa surface du tripoli qui permet de commencer le travail, puis on ponce légèrement le papier avec du rouge d'Angleterre humide, on le brosse et on y étale du rouge fin. Sur l'outil ainsi disposé la lentille est polie, soit en frottant le verre circulairement au tour ou à la main, soit à l'aide d'un mouvement de va-et-vient. C'est pendant cette opération que la surface de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lentille peut être le plus facilement modifiée : une certaine habileté de la part de l'ouvrier est indispensable.

On s'assure alors que la lentille est bien centrée, après quoi on peut la monter. Une lentille est dite centrée quand les centres de ses deux surfaces se trouvent sur une même droite perpendiculaire à la circonférence qui limite la lentille. On vérifie l'exactitude du centrage en montant la lentille sur un tour, la faisant tourner et observant par réflexion les images d'un point lumineux. Si le centrage est imparfait, l'une des deux images ou toutes deux décrivent un cercle. On déplace la lentille jusqu'à centrage parfait ; dans ce cas les deux images paraissent immobiles : on déborde alors à nouveau la lentille. S'il s'agit de grandes lentilles, on emploie des appareils spéciaux et on s'assure de l'égalité des bords de la lentille à l'aide de compas d'épaisseur très sensibles.

Dans certains cas on polit sur le mastic; le polissage sur drap (au lieu de papier) est réservé aux lentilles de qualité inférieure.

30. Montage des lentilles. — Les bords de la lentille doivent former un cylindre dont les génératrices sont parallèles à l'axe de la ou des lentilles qui constituent l'objectif; ce dernier est formé de deux ou trois lentilles convergentes ou divergentes montées dans un barillet (anneau de cuivre portant un pas de vis); quelquefois les lentilles sont séparées par une lame d'air, mais le plus souvent elles présentent des surfaces communes et sont cimentées à l'aide de baume du Canada qui possède un indice de réfraction très voisin de celui des verres. Avec certaines lentilles très minces, le montage au baume exige beaucoup de précautions ; on chauffe lentement les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lentilles placées sur une plaque de fonte, on verse un peu de baume dans la surface concave, on y applique la surface convexe, on serre les deux lentilles l'une contre l'autre de façon que l'excès de baume s'écoule; il faut que les axes optiques des deux lentilles coïncident après cette opération; on laisse refroidir, et les deux lentilles n'en forment qu'une. Cette opération est assez délicate à exécuter lorsque l'on a à réunir ainsi quatre ou cinq lentilles.

L'ensemble des lentilles est alors disposé dans un barillet portant un pas de vis; la lentille est alors centrée, puis sertie dans le barillet qui se visse au tube porte-objectif.

Dans certaines montures particulièrement soignées, le centrage des lentilles s'effectue de la même manière que le centrage des réticules dans les appareils de précision; chaque lentille ou chaque groupe de lentilles est pris dans un anneau relié au tube de monture par trois vis équidistantes; en agissant sur ces vis on amène la lentille à la position exacte qu'elle doit occuper pour que le système soit bien centré; lorsque ce résultat est atteint, on coupe au ras du tube les vis qui se trouvent ainsi noyées dans la monture. Ce dispositif n'est pas applicable aux systèmes d'objectifs à plusieurs lentilles dont les verres, par leur nature, nécessitent de fréquents nettoyages.

31. Montures d'objectifs. — La monture de l'objectif est généralement en laiton; on a renoncé à l'emploi de l'aluminium, car les pas de vis tracés dans ce métal s'altèrent assez facilement; depuis quelque temps on emploie avec succès le magnalium, alliage d'aluminium et de magnésium. Quel que soit l'alliage employé, la monture doit être régulière, polie et vernie, assez forte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour garantir les lentilles et écarter tout danger de flexion ou de déformation du tube; cette monture doit être faite d'un seul morceau et ne présenter d'autre solution de continuité que celle nécessaire au fonctionnement du diaphragme.

La monture de tout objectif doit permettre de retrouver le réglage de l'instrument : à cet effet le constructeur soigneux marque la limite de serrage de chaque vis des lentilles, par deux index tracés à la pointe sèche en regard l'un de l'autre, sur la partie fixe du tube et sur l'anneau mobile portant le barillet: une vis bien construite s'arrête nettement et brusquement dès qu'elle est à fond : les deux index tracés sur la monture permettent d'éviter la détérioration des vis.

Chaque monture porte d'ordinaire le nom générique de l'objectif, celui du fabricant, le numéro d'ordre, le numéro de série, l'indication du rapport du plus grand diamètre utile à la longueur focale, enfin cette longueur focale principale.

Les montures portent souvent un parasoleil, accessoire à peu près inutile, si ce n'est pour préserver les lentilles des chocs qui peuvent se produire. Le bouchon, en gainerie et garni de velours à l'intérieur, sert surtout à préserver l'objectif de ces chocs, des frottements et des poussières; ce bouchon porte en son centre un petit anneau dans lequel passe un cordonnet attaché à la monture. Dans le cas où le temps de pose est très prolongé, le bouchon sert à arrêter les rayons lumineux sauf au moment où l'on va opérer.

32. Diaphragmes. — Les montures sont munies de diaphragmes dont le rôle consiste surtout à améliorer l'image; les diaphragmes employés aujourd'hui sont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diaphragmes à vannes, avec une ouverture circulaire : il suffit de quatre diaphragmes dont les ouvertures sont établies de telle sorte que les temps de pose soient dans les rapports 1 : 4 : 8 : 16.

Le diaphragme tournant, employé surtout dans les objectifs destinés à la stéréoscopie, est constitué par une plaque tournante percée de diverses ouvertures, graduées de telle façon que la durée des temps de pose aille en doublant lorsque l'on passe d'une ouverture à celle immédiatement plus petite ; un cran d'arrêt fixe les positions de chacune de ces ouvertures. Ce cran d'arrêt doit maintenir assez faiblement la plaque pour qu'en la faisant tourner, on ne risque pas de dévisser l'objectif dans sa rondelle.

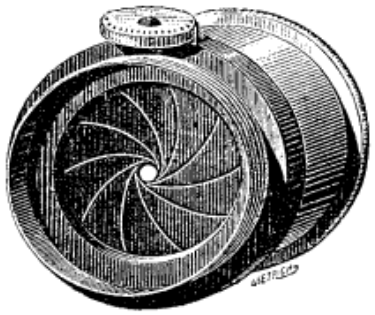


Fig. 45

Le diaphragme iris (fig. 45) est constitué par des lamelles en acier ou en ébonite en nombre assez grand pour présenter à tout instant une ouverture sensiblement circulaire. Les diaphragmes en ébonite, ceux en celluloïd possèdent l'avantage de ne pas être altérables par la rouille et de rester noirs à l'usage ; en revanche, ils sont très facilement combustibles si l'on emploie l'objectif avec un appareil de projection à la lumière artificielle. Chaque diaphragme porte un numéro donnant une indication

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précise sur la durée du temps de pose. Ce numérotage a pour base soit le diamètre réel, soit le diamètre utile du diaphragme.

Le diamètre réel est le diamètre même d de l'ouverture circulaire ou sensiblement circulaire du diaphragme; le diamètre utile o est le diamètre du faisceau cylindrique des rayons incidents parallèles que le diaphragme laisse passer à travers l'objectif.

Le diamètre relatif est le rapport du diamètre utile à la distance focale principale :

$$\frac{o}{f} = \frac{1}{s}$$

Il existe plusieurs modes de numérotage des diaphragmes :

A) On affecte à chaque diaphragme un nombre proportionnel au temps de pose, mais comme le temps de pose est l'inverse de la clarté et que la clarté est proportionnelle au carré $\frac{1}{s^2}$ du diamètre relatif, le numéro N du diaphragme est proportionnel à s^2 ; on peut donc écrire :

$$N = ks^2$$

La valeur assignée à la constante k donne naissance à plusieurs systèmes, celui du *Congrès international* de 1889 en abrégé C. I., celui de la Société photographique de la Grande-Bretagne (*Uniforme System Numbers* U. S. N.) et le système de Dallmeyer D.

Dans le système C. I., $\frac{1}{s} = \frac{1}{10}$ $\qquad N_{C.I.} = \frac{s}{100}$

Dans le système de la Société photographique de la Grande-Bretagne, $\frac{1}{s} = \frac{1}{4}$

$$N_{U.S.N.} = \frac{s^2}{16}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le système de Dallmeyer, $\frac{1}{s} = \frac{1}{\sqrt{10}}$

$$N_D = \frac{s^2}{10}$$

Ces deux derniers systèmes présentent l'avantage de ne pas entraîner l'emploi assez incommode de nombres fractionnaires.

B) On donne à chaque diaphragme un numéro proportionnel à la clarté et par conséquent à $\frac{1}{s^2}$

$$N = k \frac{1}{s^2}$$

Suivant la valeur de k, on a différents systèmes ; Zeiss a pris tout d'abord $\frac{1}{s} = \frac{1}{100}$, d'où $k = 10.000$ et

$$N_{Z_1} = \frac{10.000}{s^2}$$

Dans le second système, l'unité choisie par le même constructeur était pour $\frac{1}{s} = \frac{1}{50}$, donc $k = 2.500$ et

$$N_{Z_2} = \frac{2.500}{s^2}$$

Dans ce dernier système, les numéros des diaphragmes sont quatre fois moindres que dans le premier :

$$N_{Z_2} = \frac{N_{Z_1}}{4}$$

C) Le diaphragme peut être gradué d'après son diamètre réel : l'échelle gravée sur la monture porte les chiffres :

	3	4	6	8	12	17	24...
dont les carrés							
	9	16	36	64	144	289	576

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vont à peu près en doublant : puisque d, o et $\frac{1}{s}$ varient proportionnellement, il en résulte que, lorsque l'index passe de l'un de ces chiffres au suivant, la clarté et le temps de pose vont, l'une en doublant, l'autre en se réduisant à la moitié.

Ces divers modes de graduation sont adoptés par les constructeurs : on reconnaît le système auquel appartient la graduation en examinant tout d'abord si celle-ci décroît ou augmente avec le diamètre relatif du diaphragme, c'est-à-dire avec la clarté ; connaissant le diamètre relatif maximum qui est gravé sur la monture, on lit sur celle-ci le chiffre qui correspond au plus grand diaphragme et on cherche dans le tableau suivant à quel système il peut s'appliquer. Soit un objectif de la série $\frac{1}{9}$: si le chiffre qui correspond au plus grand diaphragme est compris entre $\frac{1}{2}$ et 1, la graduation est du système C. I.; entre 4 et 8, système U. S. N., s'il est égal à 8, c'est le système Dallmeyer ; s'il est égal à 128, c'est le système Zeiss Z_1, tandis que s'il est gradué suivant le deuxième système de Z, ce sera 32 et si le chiffre représente le diamètre réel, la graduation sera du troisième système Zeiss Z_3. (Voir pages 90 et 91).

33. Rondelles. — La rondelle de l'objectif se fixe à la planchette de la chambre noire à l'aide de vis à bois; le nombre des trous de vis doit être proportionné à la taille de la rondelle et au poids de l'objectif qu'elle doit supporter; le nombre de ces trous varie de trois à huit.

L'ouverture intérieure de la rondelle dépend de l'embase filetée de la monture de l'objectif; le congrès international de photographie a décidé que tous les objectifs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelle que fût leur taille (sauf les tout petits) auraient, comme diamètre extérieur de l'embase filetée, une des cinq longueurs suivantes :

N^os	1	2	3	4	5
Longueurs	0 m. 04,	0 m. 05,	0 m. 075,	0 m. 1,	0 m. 125

Les quatre premières rondelles ont un pas de vis de 1 mm., la dernière un pas de vis de 1 mm. 5.

Les tout petits objectifs sont munis d'une embase filetée qui n'est autre que l'embase filetée des objectifs de microscope (*universal screw*) ; les rondelles servant au montage de ces objectifs sur la chambre noire portent le numéro 0.

34. Montures à coulant. — Les appareils à mains dont les objectifs ont une distance focale supérieure à 10 centimètres permettent d'effectuer la mise au point sans modifier la position de la glace sensible. La monture de l'objectif est divisée en deux parties : l'une, fixée à la rondelle, est un manchon dans lequel glisse sans frottement l'objectif proprement dit ; le mouvement est commandé par la rotation héliçoïdale de la partie antérieure ; sur la monture se trouve une graduation basée sur la distance de l'objet à mettre au point. On établit cette graduation d'après les considérations suivantes : en désignant par L et l les distances de l'objet et de l'image aux foyers principaux respectifs, par f la distance focale correspondante, l'échelle des images $\frac{1}{m}$ est donnée par la relation :

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{L} = \frac{l}{f}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des systèmes de numérotage des diaphragmes

DIAMÈTRES RELATIFS $\frac{1}{3}$	CHIFFRES PROPORTIONNELS					Z_3
	au temps de pose			à la clarté		
	C. D. $\frac{s^2}{100}$	D. $\frac{s}{10}$	U.S.N. $\frac{s^2}{16}$	Z_1 $\frac{10\,000}{s_2}$	Z_2 $\frac{2500}{s^2}$	
$\frac{1}{2,5}$ . .	$\frac{1}{16}$	»	»	»	»	La graduation inscrite sur la monture correspond en millimètres au diamètre réel du diaphragme.
$\frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1}{3,1}$	»	1	»	»	»	
$\frac{1}{3,2}$ . .	»	»	»	1026	256	
$\frac{1}{3,5}$ . .	$\frac{1}{8}$	»	»	»	»	
$\frac{1}{4}$ . . .	»	»	1	»	»	
$\frac{1}{4,5}$ . .	»	»	»	512	128	
$\frac{1}{5}$ . . .	$\frac{1}{4}$	»	»	»	»	
$\frac{1}{5,6}$ . .	»	»	2	»	»	
$\frac{1}{6,3}$.	»	4	»	256	64	
$\frac{1}{7}$ . . .	$\frac{1}{2}$	»	»	»	»	
$\frac{1}{8}$ . . .	»	»	4	»	»	
$\frac{1}{9}$ . . .	»	8	»	128	32	
$\frac{1}{10}$ . .	1	10	»	»	»	
$\frac{1}{11,3}$ . .	»	»	8	»	»	
$\frac{1}{12,5}$ . .	»	16	»	64	16	
$\frac{1}{14}$ . .	2	»	»	»	»	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des systèmes de numérotage des diaphragmes (suite)

DIAMÈTRES RELATIFS $\frac{1}{3}$	CHIFFRES PROPORTIONNELS au temps de pose C. D. $\frac{s^2}{100}$	D. $\frac{s}{10}$	U.S.N. $\frac{s^2}{16}$	à la clarté Z_1 $\frac{10\,000}{s_2}$	Z_2 $\frac{2500}{s^2}$	Z_3
$\frac{1}{16}$	»	»	16	»	»	La graduation inscrite sur la monture correspond en millimètres au diamètre réel du diaphragme.
$\frac{1}{17}$	»	32	»	32	8	
$\frac{1}{18}$	»	»	»	»	»	
$\frac{1}{20}$	4	»	»	»	»	
$\frac{1}{22,6}$	»	»	32	»	»	
$\frac{1}{25}$	»	64	»	16	4	
$\frac{1}{28}$	8	»	»	»	»	
$\frac{1}{32}$	»	»	64	»	»	
$\frac{1}{34}$	»	128	»	»	»	
$\frac{1}{36}$	»	»	»	8	2	
$\frac{1}{40}$	16	»	»	»	»	
$\frac{1}{45,2}$	»	»	128	»	»	
$\frac{1}{50}$	»	256	»	4	1	
$\frac{1}{56}$	32	»	»	»	»	
$\frac{1}{70}$	»	»	»	2	»	
$\frac{1}{100}$	»	»	»	1	»	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On commence par marquer sur la monture le trait A correspondant à la mise au point faite sur un objet placé à l'infini ; on marque un second trait pour la position du foyer conjugué de 1^m à une distance AB donnée soit par la mise au point d'un objet placé à $1^m + f$ du point nodal d'incidence, soit par le calcul. Soit, par exemple, $f = 20$ centimètres. Soit B ce second trait ; on prend la moitié de AB et au point $\frac{AB}{2}$ on inscrit 2^m ; à $\frac{AB}{3}$ on inscrit 3^m ; à $\frac{AB}{4}$, 4^m, et ainsi de suite.

La graduation est tracée soit sur l'anneau antérieur de la monture, soit sur le coulant héliçoïdal où elle est en général plus lisible.

§ 4. — ESSAI DES OBJECTIFS

35. Caractéristiques d'un objectif. — Quelques soins que l'on prenne dans la construction d'un objectif photographique, il est impossible de réaliser d'une part la destruction des aberrations et d'autre part les desiderata que l'industrie réclame des objectifs ; un objectif parfait devrait avoir une distance focale variable entre des limites étendues, pour modifier à volonté l'échelle de l'image ; sa surface focale devrait être plane et il devrait présenter un aplanétisme absolu sur tout le champ, en même temps qu'une grande profondeur de champ pour permettre d'obtenir avec une netteté suffisante la mise au point d'objets inégalement distants ; il ne devrait avoir ni astigmatisme, ni distorsion ; son champ de netteté devrait être égal à son champ de visibilité. Il devrait avoir une clarté variable, uniforme sur toute

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'étendue du champ, une limpidité extrême des verres, un achromatisme absolu, pas de halo optique, d'auréole, de tache centrale, etc. Certaines de ces conditions sont irréalisables, d'autres sont incompatibles ; par exemple toute augmentation de clarté a pour corollaire : un accroissement des aberrations de toutes sortes, une diminution du champ, de la profondeur du foyer, de la profondeur du champ.

L'essai d'un objectif a pour but d'indiquer dans quelle mesure l'appareil se rapproche de cet idéal irréalisable.

Tout objectif photographique peut être assimilé à une lentille simple,dite lentille équivalente, ayant les mêmes caractéristiques; ces caractéristiques sont : la distance focale principale ; la surface focale principale ; l'aplanétisme, la netteté, les surfaces focales d'astigmatisme, le champ plan, le champ de visibilité, la clarté, l'achromatisme.

On peut déterminer presque toutes ces caractéristiques et reconnaître les défauts de fabrication que présente un objectif sans avoir recours à des appareils spéciaux ; ces appareils existent dans les laboratoires d'essais ou chez les constructeurs ; le plus souvent, on obtient des résultats suffisamment précis sans les utiliser.

On emploie deux méthodes pour essayer un objectif: la méthode optique et la méthode photographique ; dans la première méthode, on observe les images qui se forment sur le verre dépoli de la chambre noire ou dans le plan d'un micromètre que l'on examine à l'aide d'un oculaire : elle présente l'inconvénient de ne pas laisser de trace de l'opération, inconvénient que l'on ne rencontre pas dans la méthode photographique, plus lente, plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coûteuse d'exécution et qui introduit entre le travail de l'objectif et l'examen de l'observateur un intermédiaire, l'action photographique. Ces avantages et ces inconvénients font que très souvent on applique conjointement les deux méthodes à l'examen des objectifs.

36. Détermination de la distance focale principale. — La distance focale principale d'un objectif est la longueur NF (fig. 46) comptée sur l'axe optique principal entre le point nodal d'émergence et le foyer principal d'émergence, ou entre le point nodal d'incidence et le foyer principal d'incidence.

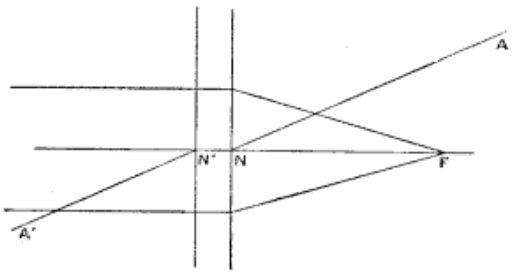


Fig. 46

Le foyer principal pratique est lui-même le point de l'axe optique où l'image d'un objet très éloigné se présente avec le maximun de netteté.

Les points nodaux d'incidence N′ et d'émergence N, situés sur l'axe optique principal, sont respectivement les points de concours réels ou virtuels des rayons lumineux incidents et émergents A′N′, NA qui sortent de l'objectif parallèlement à leur direction initiale.

La connaissance de la distance focale principale d'un objectif est indispensable pour déterminer l'échelle de mise au point et le rapport de grandeur des objets et des images.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'axe optique principal est pratiquement (sauf le cas de très mauvaise construction d'objectif) la droite qui joint les deux pôles des lentilles d'un objectif combiné. Cet axe passe par le centre de la monture ; il est parallèle aux génératrices du cylindre qui constitue cette monture.

Pour mesurer la distance focale principale, on monte l'objectif sur une chambre noire à long tirage et on le dispose de telle sorte que l'axe optique principal vienne recontrer le centre de la glace dépolie (fig, 47) ; on met

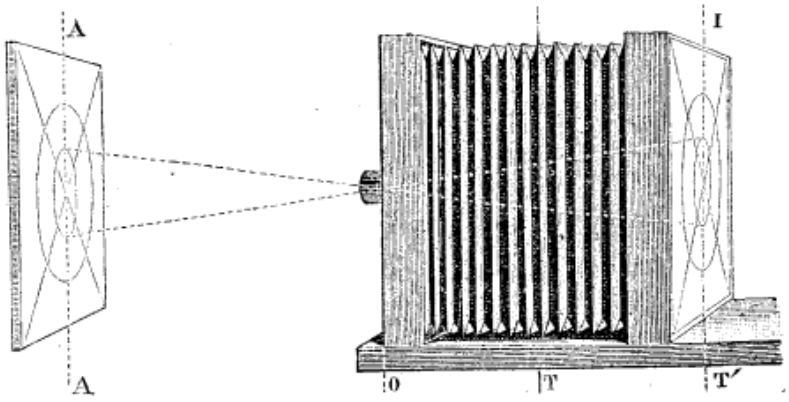


Fig. 47

au point, au centre de la glace dépolie, un objet très éloigné ; la glace dépolie est alors dans le plan focal principal. On marque sur la queue de la chambre la position du chariot mobile ; d'autre part, on a tracé sur un carton une série de circonférences concentriques, et avec les rayons de ces circonférences et le centre de la glace dépolie comme centre, on a tracé des circonférences égales sur la glace dépolie. Le centre de la mire est installé dans le prolongement de l'axe optique, parallèlement à la glace dépolie ; par tâtonnements on met au point, de telle sorte que l'image du plus petit cer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cle de la mire coïncide absolument avec le petit cercle décrit sur l'écran.

Dans ces conditions, l'objet et l'image étant de mêmes dimensions, la glace dépolie se trouve à une distance du point nodal d'émergence égale au double du foyer. On marque sur la base de la chambre cette nouvelle position du chariot et la distance qui sépare cette marque de celle qu'on a faite dans la première opération est précisément égale à la distance focale cherchée.

On détermine la position du point nodal d'émergence en mesurant, lors de la première mise au point, la distance de la glace dépolie à un point quelconque de l'objectif (au plan des diaphragmes, par exemple). La différence entre cette longueur et la distance focale principale mesure l'écart qui existe entre le plan des diaphragmes et le point nodal d'émergence : cet écart sera porté vers l'émergence ou vers l'incidence, selon que cette différence sera positive ou négative.

On obtient le point nodal d'incidence en retournant l'objectif bout pour bout, et remettant au point au centre de l'écran sur un objet éloigné, mesurant la distance de l'écran au diaphragme et retranchant la distance focale. La différence marque l'écart du point nodal d'incidence, qui sera porté dans un sens ou dans l'autre suivant son signe.

Si l'objectif est exempt de distorsion, les images des cercles de la mire coïncideront avec les cercles de la glace dépolie ; s'il y a distorsion, on ne peut obtenir cette coïncidence. C'est pour ce motif que l'on prend, comme mise au point, celle pour laquelle les deux petits cercles se recouvrent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

37. Détermination de la surface focale principale. — La surface focale principale est engendrée par les points A, B, C, D, du maximum de netteté des images d'objets situés à grande distance, dans les directions N'A', N'B'... parallèles à NA, NB... (fig. 48). Cette surface

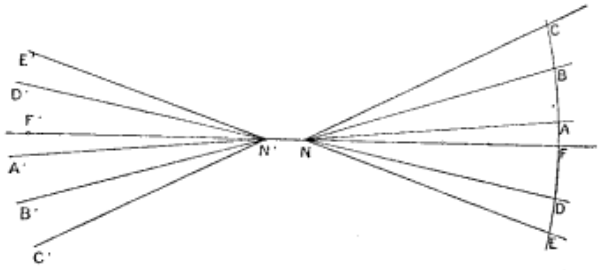


Fig. 48

est de révolution autour de l'axe principal N F si l'objectif est bien construit ; elle doit être aussi voisine que possible d'un plan, car les substances sensibles à la lumière employées en photographie sont généralement étendues sur des surfaces planes.

On détermine la surface focale expérimentalement en se servant d'un groupe d'objets très éloignés et très nets, tels que des édifices dont les images occupent toute la surface de la glace dépolie, du centre aux bords. Cette

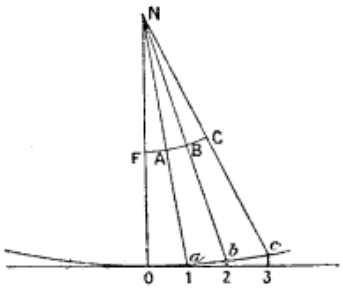


Fig. 49

glace dépolie doit être quadrillée, chaque carré ayant un centimètre de côté et le 0 de la graduation se trouvant au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centre de l'écran. On met exactement au point à l'aide de la loupe les objets correspondants à ces diverses graduations et l'on note chaque fois la position du chariot sur la base de la chambre noire. La courbe méridienne de la surface focale a pour abscisses les distances au centre de la glace dépolie, 01, 02... et pour ordonnées 1 *a*, 2 *b*... déplacements de cette glace dépolie à partir de la position de mise au point du centre (fig. 49).

38. Mesure de l'aplanétisme. — L'aplanétisme serait réalisé si tous les rayons réfringents émanés d'un même point de l'objet se coupaient exactement en un même point de l'image : le foyer serait indépendant de l'ouverture du diaphragme et le foisonnement en ce foyer serait nul ; en pratique cet aplanétisme n'est réalisé que suivant l'axe principal et avec un diaphragme déterminé.

Pour mesurer l'aplanétisme on met au point sur l'axe optique avec le plus grand diaphragme, on marque la position du chariot et on répète la même opération avec un diaphragme très différent : si la position du chariot est la même, l'objectif est aplanétique suivant l'axe ; dans le cas contraire l'aplanétisme n'est pas réalisé et l'aberration sphérique est d'autant plus grande que l'écart est plus considérable.

Cette opération répétée en divers points de l'image permet de déterminer la surface focale correspondant à divers diaphragmes et de s'assurer par une construction graphique de la différence de forme de ces surfaces, différence qui résulte du défaut d'aplanétisme.

39. Netteté et foisonnement. — On peut mesurer la netteté par le diamètre du cercle qui, sur l'image, représente ce qui devrait être un point mathématique de dimen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sions mensurables: plus la netteté est grande, plus le nombre qui la mesure est petit, aussi vaut-il mieux employer l'expression de *foisonnement* : le foisonnement varie dans le même sens que le nombre $\frac{1}{n}$ et sa valeur limite sera $\frac{1}{p}$. Le foisonnement est le contraire de la netteté: il offre l'avantage de varier dans le même sens que le nombre qui le représente.

Il y a toujours foisonnement au bord des images: en vertu de la constitution même des ondes lumineuses, la netteté infinie (ou le foissonnement nul) n'existe pas. Considérons un espace blanc compris entre des traits noirs: si cet espace est plus étroit que le foisonnement entre M et N (fig. 50), les deux foisonnements s'ajouteront, donnant

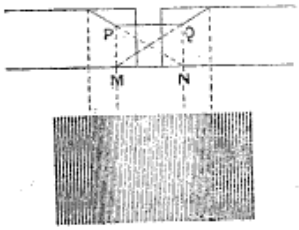


Fig. 50

une teinte résultante uniforme, limitée par la ligne PQ et raccordée graduellement au noir de part et d'autre. Si l'espace blanc est de largeur égale au foisonnement et que les lignes soient aussi de même largeur, l'ensemble produira un effet représenté par la ligne ABCDEFG (fig. 51) donnant des maxima B, D, F, noirs, séparés par des minima C, E blancs, avec des teintes fondues dans les intervalles: ces maxima et ces minima sont à des distances de foisonnement les uns des autres. Si l'intervalle est supérieur au foisonnement, les images seront séparées par une bordure blanche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut donc étudier la netteté d'un objectif ou le foisonnement au moyen de mies constituées par des traits

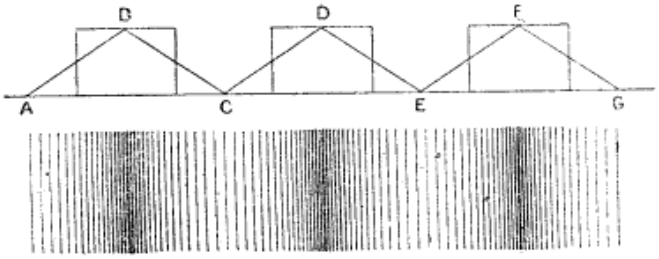


Fig. 51

noirs sur fond blanc, ou encore des points blancs sur fond noir. On peut constater que sur un axe principal NA (fig. 52) le foisonnement moyen va en diminuant quand

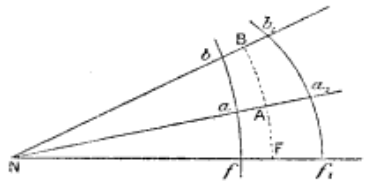


Fig. 52

on s'éloigne du point N; il passe par un minimum à la traversée de la surface focale: il augmente ensuite indéfiniment. La valeur de ce minimum n'est pas la même aux points A, B ou F: en pratique elle varie toujours ainsi que la position de ces points avec le diaphragme.

Les expressions de *profondeur de foyer*, *volume focal*, *profondeur de champ*, *distance hyperfocale* ne représentent rien par elles-mêmes si on n'introduit pas la notion du foisonnement limite considérée: en effet à un foisonnement limite donné, soit $\frac{1}{20}$ de millimètre, correspond sur chaque axe une profondeur de foyer aa_1; entre a et a_1, le foi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sonnement est inférieur à cette limite, qu'il atteint en a et en a_1. L'ensemble des longueurs aa_1, bb_1, etc., constitue le volume focal, à l'intérieur duquel le foisonnement est inférieur à la limite choisie.

La *profondeur de champ* est l'espace PR qui renferme tous les objets dont les images, formées sur un certain plan focal (fig. 53), ont un foisonnement a inférieur à une limite donnée $\frac{1}{p}$.

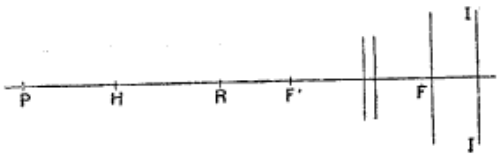


Fig. 53

La *distance hyperfocale* est l'éloignement du point H dont l'image reçue au foyer principal F est au foisonnement limite choisi ; de H à l'infini, tous les objets formeront sur ce plan focal une image de foisonnement inférieur à cette limite.

On peut mesurer le foisonnement en un point quelconque du plan focal à l'aide d'une forte loupe de mise au

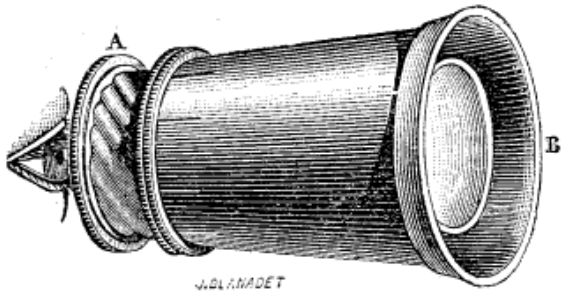


Fig. 54

point (fig. 54) munie d'un micromètre au $\frac{1}{10}$ de millimètre. La graduation est gravée sur une lame de verre sertie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans une monture métallique qui se fixe à frottement dur ou à vis sur l'ouverture libre B. Cette loupe doit être à court foyer, de très large diamètre, surtout si l'on a affaire à des objectifs très lumineux. On commence tout d'abord par mettre au point la loupe en visant sur le ciel et en faisant tourner la monture héliçoïdale dans un sens ou dans l'autre, jusqu'à ce que les divisions du micromètre paraissent aussi nettes que possible. Pour étudier l'objectif, on le monte sur une chambre noire dont on a remplacé le verre dépoli par une glace transparente, à faces parallèles : on avance ou l'on recule le chariot de la chambre noire jusqu'à ce que l'image soit bien au point : l'image coïncide alors avec le micromètre ; mais quelle que soit la place occupée par le micromètre, on constate que l'image, quand on déplace l'œil, paraît toujours marcher par rapport à la graduation dans un sens ou dans l'autre. La position du minimum de foisonnement est celle du minimum d'épaisseur du faisceau réfringent : quand le micromètre est en cet endroit, le déplacement relatif du point visé, par rapport au micromètre, quand l'œil parcourt tout le champ, est lui aussi minimum, et la valeur de ce déplacement lue sur l'échelle micrométrique mesure le foisonnement minimum. En plaçant la loupe à micromètre en différents points de la glace transparente et répétant la même opération, on connaît le foisonnement sur les diverses zones de la surface focale, zones dont on aura le rayon en mesurant à chaque fois la distance du micromètre au centre de l'écran dépoli, marqué d'une petite croix à l'encre sur le verre.

On peut aussi faire cette mesure en se servant d'un micromètre tracé sur verre dépoli ; on dirige la chambre vers des objets offrant, détachés sur le ciel des lignes droites verticales (tiges de paratonnerre), ou horizontales (fils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

télégraphiques), assez ténues et assez éloignées pour que la largeur de leur image théorique soit très faible ; on calcule avec l'objectif soumis à l'essai quelle serait *théoriquement* la largeur de l'image. Supposons que cette image ait une largeur théorique de $\frac{1}{6}$ de millimètre ; on mesure sur le verre douci à l'aide du micromètre qui y est tracé la largeur apparente AB (fig. 55) de l'image ;

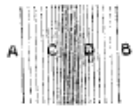


Fig. 55

cette largeur AB représente la largeur théorique CD augmentée des deux quantités, AC, DB dont chacune est égale à la moitié du foisonnement d'un point ou $\frac{1}{2n}$; donc :

$$AB = \frac{1}{b} + \frac{1}{n}$$

$\frac{1}{b}$ est la largeur théorique que l'on peut calculer et qui en général est négligeable en présence de AB ; AB mesure le foisonnement.

La mesure de la profondeur de foyer pour un foisonnement donné $\frac{1}{p}$, s'obtient expérimentalement en posant le micromètre au centre de la plaque et faisant marcher le chariot en avant, puis en arrière, jusqu'à ce que l'image de la tige choisie ait une largeur égale au foisonnement limité donné. L'écart des deux positions trouvées est la profondeur de foyer. Ces mêmes observations répétées en différentes régions de l'écran dépoli donnent autant de doubles points dont l'ensemble limite le *volume focal* de foisonnement $\frac{1}{p}$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La profondeur de champ pour le foisonnement $\frac{1}{p}$ se déduit de l'observation des images d'objets à deux distances diverses, qui foisonnent à $\frac{1}{p}$. On fait cette observation en laissant la glace dépolie immobile par rapport à l'objectif et amenant successivement les images au centre de la glace dépolie.

La *distance hyperfocale* pour le foisonnement $\frac{1}{p}$ s'obtient en mettant au point, à ce foisonnement $\frac{1}{p}$, sur un objet rapproché dont l'image, formée au centre, présente aussi un foisonnement $\frac{1}{p}$. La distance hyperfocale est égale à l'éloignement de ce dernier objet.

40. Diamètre utile.— Le diamètre utile *o* est le diamètre du faisceau cylindrique des rayons incidents, parallèles à l'axe, qui ne sont pas arrêtés par le diaphragme. Dans les objectifs simples, diaphragmés en avant de la lentille, le diamètre utile *o* est justement égal au diamètre réel du diaphragme. Si le diaphragme est disposé en arrière d'une ou de plusieurs lentilles, il faut multiplier *d* par un coefficient constant pour un objectif donné et qu'on appelle le coefficient de diamètre utile. Ce coefficient croît avec la distance qui sépare le diaphragme de la lentille.

On peut mesurer le diamètre de l'ouverture utile correspondant à un diaphragme donné par le procédé suivant : on met au point un objet très éloigné, on enlève le verre dépoli et on le remplace par une feuille de métal mince percée en son centre d'une ouverture très petite, qui se trouve ainsi au foyer principal de l'objectif

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pourvu que le centre de cette ouverture soit sur l'axe principal. On place une source de lumière aussi près que possible de cette ouverture, de sorte que les rayons parallèles sortent de l'autre côté de l'objectif, en avant, et viennent dessiner un cercle sur un verre dépoli gradué placé en avant de l'objectif. La longueur du diamètre de ce cercle lumineux mesure le *diamètre utile o*. Pour avoir le coefficient de diamètre utile ω, il suffit de diviser le diamètre utile *o* par le diamètre réel du diaphragme *d*.

$$\omega = \frac{o}{d}.$$

41. Surfaces focales d'astigmatisme. — Il existe deux surfaces focales d'astigmatisme, de révolution autour de l'axe optique principal, et dont on peut démontrer l'existence en reproduisant avec un objectif aplanétique, non corrigé de l'astigmatisme, un dispositif tel que celui de la figure 47 (page 95), composé de circonféren-

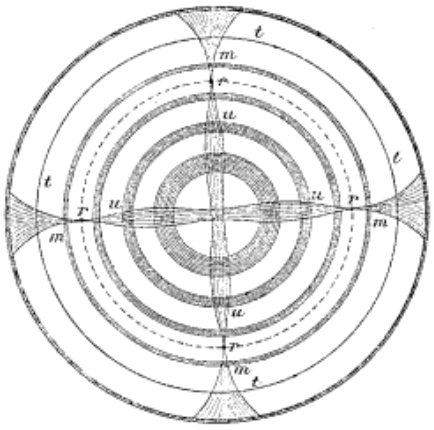


Fig. 56

ces centrées sur l'axe optique et de rayons émanant de ce centre ; elle se reproduira comme l'indique la figure 56.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La circonférence t la plus nette correspond à la zone de moindre foisonnement rayonnant : c'est la section de la surface d'astigmatisme tournant ; la surface d'astigmatisme rayonnant passe par les points r les plus nets des rayons et par conséquent de foisonnement tangentiel minimum. Sur la surface d'astigmatisme moyen le foisonnement est égal dans les deux sens et l'image d'un point se traduit par un petit cercle. Les deux surfaces dans les objectifs ordinaires se confondent au foyer principal ; autour de ce point elles s'éloignent l'une de l'autre, la surface d'astigmatisme rayonnant étant la plus rapprochée de la lentille, puis elles se rencontrent de nouveau, se traversent et s'écartent ensuite progressivement, la surface d'astigmatisme rayonnant passant en dehors par rapport à l'objectif. Entre les deux surfaces il existe une surface d'astigmatisme moyen m (fig. 56), pour laquelle la netteté tangentielle est égale à la netteté rayonnante et qui doit s'approcher le plus possible d'un plan pour étendre le champ utile de l'appareil. C'est la courbure de cette surface moyenne qui constitue la courbure de champ.

Dans les anastigmats (objectifs plus ou moins corrigés de l'astigmatisme) la disposition des deux surfaces, tournante et rayonnante, est modifiée : aux environs du centre elles sont plus aplaties et très voisines l'une de l'autre, la surface rayonnante étant la plus rapprochée de l'objectif. Le point d'astigmatisme nul est plus éloigné de l'axe optique principal que dans le cas des objectifs aplanétiques. A partir de ce point les deux surfaces se séparent et s'écartent rapidement l'une de l'autre.

Les volumes focaux d'astigmatisme rayonnant ou tournant, d'un foisonnement limite donné $\frac{1}{p}$ sont engendrés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur chaque axe secondaire, par les deux points entre lesquels le foisonnement rayonnant ou tournant est inférieur à $\frac{1}{p}$. La portion commune, s'il en existe, comprend tous les points de l'espace pour lesquels le foisonnement dans tous les sens est inférieur à $\frac{1}{p}$. On déterminera la zone de mise au point, avec foisonnement limite égal à $\frac{1}{p}$, en construisant le volume focal d'astigmatisme moyen de foisonnement $\frac{1}{p}$.

On détermine les surfaces focales d'astigmatisme en employant comme mire un carton blanc portant en noir des circonférences concentriques, équidistantes et des droites issues du centre sous des angles égaux (fig. 57).

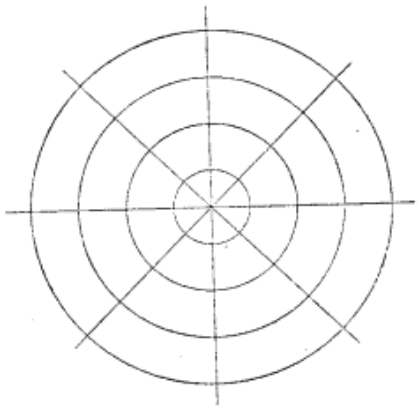


Fig. 57

Le centre de l'image étant sur l'axe optique principal, on met au point et on lit sur la graduation de la chambre noire le déplacement, en avant ou en arrière, qui correspond à la mise au point des diverses circonférences ; on a ainsi (fig. 58) les ordonnées $1t$, $2t$..... nt des points de la section méridienne de la surface d'astigmatisme tournant. Les abscisses 01,02.... $0n$ sont les rayons res-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pectifs de l'image de chaque circonférence mise au point, mesurée sur l'écran dépoli. On construira de même la

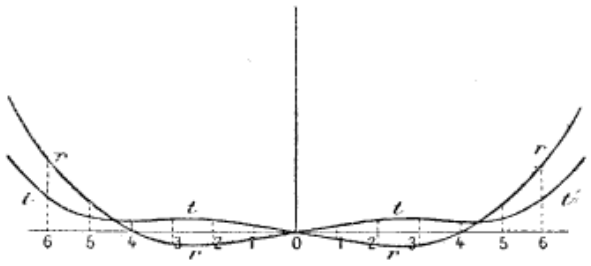


Fig. 58

section méridienne de la surface d'astigmatisme rayonnant en mettant au point sur les rayons à leur intersection avec les circonférences successives. On obtient ainsi les surfaces conjuguées de la position donnée au carton qui sert de mire : cette observation fournit une indication précieuse sur le plus ou moins d'astigmatisme de l'objectif soumis à l'essai.

Les surfaces focales principales d'astigmatisme s'obtiennent en opérant sur une combinaison de deux tiges très éloignées, déliées et dirigées l'une suivant la verticale, l'autre suivant l'horizontale. On les met au point en faisant tomber leur intersection sur la trace de l'axe optique ; puis on déplace convenablement la chambre et l'on met de même cette intersection au point sur les diverses zones de l'écran dont les distances sont connues ; on peut alors construire les méridiennes des surfaces par abscisses et par ordonnées.

La surface d'astigmatisme moyen est déterminée par la condition qu'elle donne même netteté dans les deux sens : elle se confond en général avec la surface focale principale. La courbure de champ est la courbure de cette surface focale moyenne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

42. Champ d'un objectif. — Le champ angulaire de foisonnement, égal à $\frac{1}{p}$ de millimètre d'un objectif, est mesuré par l'angle CND (fig. 59) qui embrasse toute la portion de l'espace optique dans laquelle le foisonnement est sur la surface focale moyenne inférieur à la limite donnée.

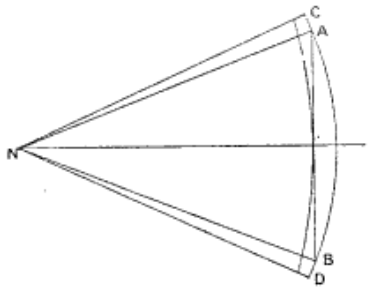


Fig. 59

Le champ plan ou rond se mesure sur le plan AB, choisi de façon à inscrire dans le volume focal de foisonnement $\frac{1}{p}$ le cercle le plus grand possible.

Le champ angulaire et le champ plan ne se correspondent pas forcément ; c'est l'angle ANB qui est le plus important dans la pratique : on dit que l'objectif *couvre* sur le plan focal, au foisonnement maximum de $\frac{1}{p}$, un cercle de diamètre AB ; on dit aussi que l'objectif a une ouverture de champ égale à l'angle ANB.

L'indication complète du champ plan d'un objectif comporte les renseignements suivants : foisonnement limite, distance au point nodal du plan focal considéré, diamètre ou numéro du diaphragme, diamètre du cercle de netteté, ouverture totale de l'angle de champ correspondant.

Le champ de visibilité se mesure soit par l'angle dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le sommet est au point nodal d'émergence et dont les côtés s'appuient sur les extrémités d'un diamètre du cercle de la monture, soit par le diamètre du cercle correspondant sur le plan focal.

Pour effectuer les mesures relatives à ces caractéristiques, l'objectif doit être monté sur une chambre noire dont la glace dépolie est de dimensions plus grandes que celles de la plaque pour laquelle est construit l'objectif. La mesure du champ plan de foisonnement se fait directement sur l'écran transparent, à l'aide du micromètre : on mesure le diamètre de ce champ. Connaissant ce diamètre, le tableau suivant donnera la dimension maxima de la plaque nettement couverte.

Pour mesurer l'angle de champ on peut construire le triangle rectangle qui aurait pour côtés de l'angle droit le demi-champ plan et la distance focale principale.

DIMENSION DE LA PLAQUE	DIAGONALE	DIMENSION DE LA PLAQUE	DIAGONALE	DIMENSION DE LA PLAQUE	DIAGONALE
centimètres	centimètres	centimètres	centimètres	centimètres	centimètres
4,5 × 4,5	6,3	8 × 10	13	24 × 30	39
4,5 × 6	8	9 × 12	15	27 × 33	43
6 × 8	10	13 × 18	22	30 × 40	50
6,5 × 9	11	15 × 21	26	36 × 45	58
8 × 8	12	18 × 24	30	40 × 50	64
8 × 9	12	21 × 27	34	50 × 60	78

Pour mesurer le champ de visibilité, il faut que la glace dépolie soit très grande : c'est le diamètre de la zone circulaire éclairée par l'objectif sur le plan focal principal. Si les dimensions de la glace dépolie ne permettent pas la mesure de ce diamètre, on met au point

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur ces objets très éloignés ; on relève le plus possible la planchette porte-objectif et on aperçoit alors une partie de la zone circulaire sur la glace dépolie : on relève trois points sur les bords extrêmes de cette zone ; on reporte ces trois points sur le papier et on trace une circonférence passant par ces trois points ; le diamètre de cette circonférence est le champ de visibilité.

43. Distorsion. — Dans la mesure de la distance focale principale, il est facile de reconnaître si l'objectif soumis à l'essai présente ou non une distorsion appréciable et si, par conséquent, il donne une perspective fausse ou exacte. On établit la coïncidence entre le plus petit cercle de la mire et le plus petit cercle de la glace dépolie : s'il n'y a pas de distorsion, les images de tous les cercles tracés sur la mire viennent à la fois en coïncidence avec les cercles égaux tracés sur l'écran ; s'il y a distorsion, l'écart entre l'image et le tracé des autres cercles mesure la distorsion correspondant au champ linéaire égal au rayon de chaque cercle. Si l'image est plus petite que le tracé, la distorsion est en barillet ; dans le cas contraire, elle est en croissant.

Il n'y a pas intérêt à rechercher la distorsion sur d'autres plans et en particulier sur le plan focal principal ; l'essai fait comme nous venons de l'indiquer donne une mesure de la distorsion très suffisante pour la pratique.

44. Clarté. — On peut définir la clarté absolue d'un objectif par l'intensité de l'action lumineuse chimique qui se produit à son foyer principal. Si deux objectifs sont, dans les mêmes conditions, dirigés sur le même but lumineux, il devient possible de comparer la clarté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des deux images, si de plus on admet l'hypothèse (peu probable) que le rapport de ces clartés soit indépendant de la source lumineuse, on pourra, en prenant un des objectifs pour type, donner ce rapport comme mesure de la clarté relative de l'autre instrument. Cette clarté relative dépend du diamètre relatif et de la constitution même de l'objectif.

Pour un objectif donné, la clarté de l'image est proportionnelle au carré $\frac{1}{s^2}$ du diamètre relatif du diaphragme employé, en supposant le modèle assez éloigné de l'objectif pour que les rayons incidents ne puissent plus être considérés comme formant un faisceau cylindrique. Si le modèle est très rapproché, la clarté sera représentée par l'expression

$$\frac{1}{s'^2} = \frac{o'^2}{f'^2}$$

dans laquelle f' représente la distance focale conjuguée du modèle et o' le diamètre utile correspondant plus petit que o. A mesure que l'objet se rapproche de l'objectif, o' diminue, f' augmente : donc, la fraction diminue.

Si l'on compare deux objectifs ayant même diamètre relatif $\frac{1}{s}$, il est facile de constater qu'ils diffèrent de clarté en raison de leur composition même, de l'épaisseur et de la limpidité des verres, du nombre et de la forme des surfaces réfléchissantes et aussi de l'aplanétisme de chaque combinaison ; par suite, elle dépend du diaphragme employé.

Le Congrès international de photographie n'a voulu considérer la clarté d'un objectif qu'au point de vue des variations du diamètre relatif du diaphragme, sans tenir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compte des autres causes de changement d'éclat. Il a pris pour types l'objectif dans lequel le diamètre relatif est égal à $\frac{F}{n}$; d'après ces décisions de 1900, on mesurera le diamètre utile et la distance focale correspondant à un diaphragme : en divisant l'un par l'autre, on aura le rapport de clarté ou diamètre relatif $\frac{1}{s}$ de ce diaphragme. Suivant le système adopté, on le numérotera

$$\frac{s^2}{10}\ (D),\ \frac{s^2}{16}\ (U.\ S.\ N.)\ et\ \frac{10.000}{s^2}\ (Z_1)\ ou\ \frac{2.500}{s^2}\ (Z_2).$$

On peut aussi, par des mesures photométriques, rechercher la clarté propre d'un objectif, en comparant et égalisant l'éclat de l'image qu'il donne d'une certaine source lumineuse, placé à une distance fixe, à l'éclairement direct envoyé par une source égale, placée à une distance convenable. On détermine ainsi, pour chaque diaphragme, des coefficients de clarté qui définissent de façon complète le pouvoir lumineux de l'objectif en toutes circonstances.

45. Foyer chimique ; achromatisme.— Les images non achromatiques sont bordées d'une bande irisée qui, selon sa composition en couleurs, peut affecter plus ou moins la surface sensible et enlever aux contours photographiés des objets de leur précision et de leur netteté. Pour être d'un bon emploi en photographie, l'objectif doit faire concorder sur un même plan l'image d'objets de toutes les couleurs possibles; il faut que les surfaces focales de toutes les nuances du prisme coïncident ou à peu près ; un objectif qui a un foyer chimique, c'est-à-dire dans lequel le foyer des rayons les plus actiniques est différent du foyer des rayons les plus éclairés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur lesquels se fait forcément la mise au point, est rarement d'un emploi pratique.

Pour reconnaître le foyer chimique par l'examen optique, on trace sur une feuille de papier une figure comprenant un espace coloré en rouge vif et entouré d'une teinte bleue. On met au point sur la glace transparente, et à l'aide de la loupe on s'assure que toutes les couleurs paraissent bien sur le même plan.

46. Défauts de fabrication. — Parmi les défauts de fabrication, l'un de ceux que l'on rencontre le plus fréquemment provient d'un centrage défectueux : on s'en aperçoit en général à une inégalité dans les diverses parties de l'image : par exemple, le foisonnement ne varie pas également vite dans les différentes directions ; on s'assure que le défaut tient à l'objectif et non à un mauvais montage de la chambre noire en faisant tourner l'objectif de 180 sur son axe : la partie la moins bonne vient prendre une position symétrique de celle qu'elle avait tout d'abord. On peut d'ailleurs vérifier l'exactitude du centrage par le procédé de Wollaston : on s'enferme dans le cabinet noir et on dirige l'objectif vers un point brillant constitué par une lampe placée derrière un écran percé d'un étroit orifice ; en regardant ce point brillant à travers l'objectif placé à une certaine distance de l'observateur, on constate, par suite des réflexions internes multiples, l'existence d'une grande quantité d'images qui se déplacent toutes, les unes dans un sens, les autres dans l'autre, avec des vitesses variables. Si l'objectif est bien centré, on pourra trouver une position de l'œil et de l'objectif par rapport au point brillant permettant de placer toutes ces images en ligne droite, résultat qu'il est impossible d'obtenir avec un objectif mal cen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tré. Les imperfections du centrage sont très importantes s'il s'agit d'objectifs anastigmatiques dont les lentilles sont très rapprochées ; on constate fréquemment ce décentrage lorsque l'objectif est muni d'un obturateur central.

Le diaphragme est quelquefois mal placé : on s'en aperçoit lorsque l'on détermine le champ de visibilité avec divers diaphragmes : le diamètre du cercle éclairé par l'objectif sur la glace dépolie varie avec l'ouverture du diaphragme employé.

L'existence de la *tache centrale* se reconnaît en montant l'objectif sur une chambre noire, faisant la mise au point sur des objets éloignés et pointant l'appareil sur le ciel sans nuages : on aperçoit immédiatement un cercle brillant qui est le défaut connu sous le nom de tache centrale.

Les verres doivent être d'aspect très limpide et bien incolores ; si leur coloration était un peu forte, on le verrait facilement en plaçant l'objectif sur une feuille de papier blanc : l'absence de coloration est surtout importante pour les objectifs destinés à produire des images dites instantanées. Les lentilles ne doivent présenter ni veines, ni stries, ni taches d'apparence terne qui accuseraient un mauvais polissage des surfaces. La présence de petites bulles, si elles ne sont pas très nombreuses, n'a pas une très grande importance.

Un montage défectueux qui conduit à serrer trop fortement une lentille dans son anneau, amène la compression du verre ; les rayons lumineux sont en partie polarisés, on le reconnaît à l'aide d'un analyseur.

Les autres défauts de fabrication se reconnaîtront facilement à l'aide du négatif d'un sujet quelconque, ou mieux d'une mire spéciale ou du test focimètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

47. Essais par la méthode photographique. — Dans la méthode photographique, on exécute, à l'aide de l'objectif en essai, un ou plusieurs négatifs d'une mire convenablement choisie : ces essais se font en employant des plaques peu sensibles, préparées soit au collodion sec, soit à l'émulsion lente, de façon à éviter l'empâtement de l'image que donnent les plaques rapides; on évitera l'excès de pose et le développement trop prolongé, de façon à éliminer les causes d'erreurs provenant de manipulations.

Les mires que l'on photographie sont couvertes de voyants de netteté permettant de déterminer la valeur limite du foisonnement. Nous avons décrit l'une des plus employées, qui est formée de six points blancs circulaires de 1/2 millimètre de diamètre, groupés hexagonalement à une distance l'un de l'autre égale aussi à $\frac{1}{2}$ millimètre. Par la réduction au $\frac{1}{5}$, cet écart deviendra égal à $\frac{1}{10}$ de millimètre, et on admet que la netteté de $\frac{1}{10}$ de millimètre est atteinte sur l'image quand les points semblent se toucher, leur ensemble formant une tache grise.

On peut aussi employer comme mire des toiles métalliques de six numéros différents, fixées sur un disque de zinc, percé de six ouvertures correspondantes et éclairées, à travers une glace dépolie, par une lampe à pétrole. Les numéros des toiles métalliques, 30, 55, 70, 80, 110, 130 et 160, que l'on peut employer, correspondent respectivement à des diamètres de mailles de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{12}$ de millimètre.

On se sert aussi de test focimètre de forme variée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le plus simple consiste en une série de huit secteurs circulaires dont l'angle au centre est de 45° et le rayon de 0 m. 25. La surface du secteur est divisée en vingt bandes formées par des traits égaux et également espacés, alternativement blancs et noirs (fig. 60). Les inter-

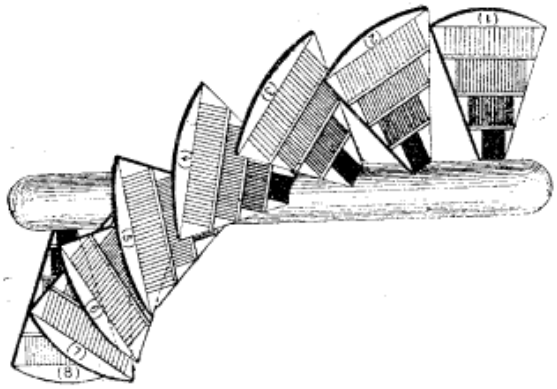


Fig. 60

valles qui séparent chaque trait sont les suivants, la bande n° 1 étant la plus éloignée du centre :

Bandes.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Interv. en mill.	5	4	3	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,5	1,25
Bandes.....	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Interv. en mill.	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

Les huit secteurs sont tous égaux et portent des numéros de 1 à 8 ; on les monte comme un focimètre ordinaire, sur une tige horizontale de fer que l'on fixe à un support ; le plan des secteurs est perpendiculaire à la tige, leur centre se confond avec le centre de celle-ci et on les dispose de telle sorte que, vus de face, les huit secteurs, examinés à distance, semblent constituer un cercle. On règle l'intervalle qui sépare les secteurs suivant la nature des essais que l'on veut effectuer, la distance focale de l'objectif, etc.; ces secteurs sont d'ailleurs placés à égale distance les uns des autres. On peut pho-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tographier cet appareil en même temps que les mires portant les voyants de netteté ; on peut d'ailleurs constituer des voyants de netteté en réduisant à une échelle déterminée des secteurs de test focimètre.

Ce sont surtout l'achromatisme et la limite de netteté que l'on étudie par la méthode photographique, bien que l'on puisse substituer la plaque photographique à l'œil de l'observateur dans la plupart des essais de la méthode optique.

48. Achromatisme; mise au point des appareils à main. — On peut reconnaître l'existence du foyer chimique d'un objectif en mettant au point l'un des secteurs, soit le n° 4, du test focimètre ; si sur le négatif c'est le n° 3 ou le n° 5 qui présentent le maximum de netteté, l'objectif a un foyer chimique et la mise au point chimique devra se faire en avant ou en arrière de la mise au point physique.

Dans la construction de bien des appareils à main, on utilise des objectifs dans lesquels l'achromatisme n'est que très incomplètement réalisé ; dans ce cas, la mise au point fixe de l'appareil ne peut être faite par procédé optique. On opère de la façon suivante. L'objectif à essayer est monté sur une chambre noire permettant, à l'aide d'un châssis multiplicateur, de faire 8 à 10 poses sur une même plaque du format 13×18 par exemple. La mise au point optique étant faite à la loupe sur un objet situé soit à l'infini, soit à la distance hyperfocale (suivant le réglage que l'on veut adopter) on fait quatre négatifs en raccourcissant le tirage de la chambre noire de 1/2 millimètre chaque fois et quatre négatifs en allongeant le tirage de la chambre noire de 1/2 millimètre chaque fois. Les huit images ainsi obte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nues sont de netteté différente, on choisit comme longueur de tirage de la chambre celle qui correspond au négatif présentant le maximum de netteté. Ce procédé est en somme celui qui est employé par les astronomes pour la mise au point des grandes lunettes astro-photographiques.

Les traits fins et parallèles que portent les voyants de netteté de la mire servent à la mesure de l'astigmatisme. On découpe ces voyants et on les dispose sur le plan de la mire, suivant des droites rayonnant autour de l'axe optique et des circonférences centrées par cet axe; on peut donc, par les procédés que nous avons indiqués dans l'étude optique, obtenir des négatifs dont l'examen servira à la construction de la section par le plan focal des surfaces d'astigmatisme.

On reconnaît la distorsion soit par l'examen des circonférences que porte l'image de la mire, soit par l'examen de l'encadrement rectangulaire de cette mire.

49. Résultats généraux des essais d'objectifs. — Lorsque l'on a fait un grand nombre d'essais d'objectifs, on parvient à constater que, même les meilleurs instruments, ne sont qu'incomplètement corrigés des aberrations; on est cependant arrivé à réduire ces aberrations au-dessous de limites telles que l'influence des inconvénients qu'elles entraînent devient négligeable pour les travaux ordinaires.

On remarque que les meilleurs objectifs se rencontrent parmi ceux dont la distance focale est inférieure à 25 ou 30 centimètres; on se sert cependant pour les travaux d'ateliers d'objectifs dont la distance focale dépasse 1 mètre: il est difficile, surtout pour les travaux de reproduction, de trouver de bons objectifs dans ces dimensions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les objectifs anastigmatiques usuels, l'écartement des points nodaux est compris entre 2 et 5 millimètres; le point nodal est du côté de l'émergence, contrairement à ce qui existe dans les objectifs à portraits du système Petzval.

La surface focale principale du foisonnement minimum, très sensiblement plane au centre pour un champ de 36 à 54°, s'incline ensuite de plus en plus, la convexité étant tournée vers l'objectif.

Les objectifs dits à *petit angle* embrassent moins de 35°; ceux d'angle moyen de 35 à 55°; les *grand angle* de 55 à 75°, les *extra grand angle* dépassent 95°; on arrive aujourd'hui jusqu'à 130°.

Les objectifs lents sont ceux dont le plus grand diaphragme normal est d'ouverture utile moindre que $\frac{f}{25}$; dans les semi-rapides elle est comprise entre $\frac{f}{25}$ et $\frac{f}{14}$; dans les rapides de $\frac{f}{14}$ à $\frac{f}{7}$; pour les extra rapides elle est supérieure à $\frac{f}{7}$. Ces appellations impropres proviennent de ce que les propriétés des images photographiques sont liées de façon indissoluble et invariable à l'objectif qui les donne : l'expression *rapidité d'un objectif* n'a pas de sens: mais dans l'argot photographique, cela veut dire que les images données par cet objectif agissent *rapidement* sur la couche sensible, et qu'elles permettent de saisir des mobiles animés d'un mouvement *rapide*.

La profondeur de foyer effective est presque toujours inférieure à la profondeur de foyer théorique; elle varie entre les 0,8 et les 0,98 de cette dernière.

La netteté au centre pour le diamètre relatif $\frac{1}{10}$ varie de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$ de millimètre; elle paraît dépendre du diamètre du diaphragme employé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le champ angulaire ω tel que $\text{tg}\frac{\omega}{2} = \frac{D}{2f}$ est pour les objectifs d'une même série indépendant de la distance focale et ne dépend que du diamètre utile.

Les surfaces couvertes au foisonnement de $\frac{1}{10}$ sont inversement proportionnelles aux carrés des diaphragmes. L'aplanétisme est excellent quand l'écart focal entre les rayons centraux et les rayons marginaux ne dépasse pas 1 millimètre; si cet écart va de 1 à 3 millimètres l'objectif est bon; s'il est de 3 à 5 millimètres l'objectif est médiocre; il est mauvais au delà de 5 millimètres.

Dans les bons anastigmats de fabricatiou récente le diamètre du champ plan, à foisonnement de $\frac{1}{10}$ de millimètre et sans astigmatisme, est, pour le plus grand diaphragme, au moins égal à la distance focale, ce qui correspond à un angle de champ de 50°. La distorsion dans ces objectifs est faible et au plus égale à $\frac{1}{2}$ millimètre aux limites du champ plan de netteté: elle est le plus souvent en barillet. Dans les anastigmats simples elle ne dépasse pas dans les mêmes conditions 2 millimètres: la plus grande flèche de l'image d'une droite ne dépasse pas $\frac{1}{120}$ de la longueur de cette droite.

Le diamètre relatif varie dans les objectifs à portraits de $\frac{1}{1}$ et $\frac{1}{2,5}$ à $\frac{1}{5}$; dans les instruments ordinaires pour instantanés de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$. Le coefficient de clarté de l'objectif simple peut atteindre 0,8 et même 0,95: dans les objectifs composés il diminue à mesure que le nombre des verres augmente; dans les objectifs à quatre lentilles accouplés deux à deux, il n'est plus guère que de 0,75; à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sortie de l'appareil on ne retrouve donc que les $\frac{3}{4}$ de la lumière incidente.

Presque tous les objectifs ont un foyer chimique pour la lumière blanche : il est situé le plus souvent en avant du foyer physique à une distance qui n'excède pas 1 millimètre à 2 millimètres, c'est-à-dire à une distance notablement inférieure au centième de la longueur focale.

50. Influence exercée par les caractéristiques sur les propriétés de l'image. — En théorie, pour qu'une épreuve directe (non amplifiée) soit acceptable et vraie, il faut que la longueur focale de l'objectif employé soit au moins égale à la longueur de la vision distincte, c'est-à-dire à 30 centimètres environ ; si l'épreuve originale est prise avec un objectif de foyer plus court il faudra, pour la voir juste, l'amplifier par un moyen quelconque et dans des conditions telles que sa distance perspective, qui sera amplifiée dans le même rapport que ses dimensions linéaires, atteigne au moins la valeur de 30 cent. ; mais les variations de la distance focale entraînent des variations importantes dans le tirage de la chambre et dans les dimensions des plaques, des châssis, des cuvettes, etc. ; quand on double la longueur focale de l'objectif le volume et le poids de la chambre semblent croître comme le cube de cette distance : par conséquent, au point de vue du transport, de la dépense et de la facilité d'emploi, il y a grand avantage à prendre des objectifs de court foyer, sauf, le négatif étant terminé, à l'agrandir de façon convenable. Cette condition n'est pas nécessaire pour l'industrie du portrait photographique ; dans ce cas les longs foyers conviennent mieux pourvu que l'objectif n'ait pas un trop large diamètre ou que le recul soit suffisant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour obtenir la grande profondeur de champ et la courte distance hyperfocale qu'exige le paysage, il faut employer des objectifs à court foyer. La dilatation stéréoscopique provient de ce que l'objectif, placé très près du sujet, voit et reproduit les deux faces latérales d'une figure, alors qu'une seule d'entre elles serait aperçue d'un point de vue unique: elle peut altérer la ressemblance des portraits et donner à certains détails un aspect faux.

On doit rechercher des objectifs aussi exempts que possible d'aberration sphérique et d'astigmatisme: lorsque l'instrument est affecté de ces deux défauts, qui ne se rachètent d'ailleurs par aucun avantage corrélatif, on dit que l'objectif ne *pique pas* : l'image manque de précision, de finesse ; elle est comme voilée, mais plus on veut de finesse et moins on aura d'étendue ; pour avoir de l'exactitude, il faut sacrifier l'éclairement ; il y a donc là des qualités qui s'excluent en quelque sorte l'une l'autre, et selon le travail à faire il faudra se résigner à des sacrifices nécessaires.

Un objectif absorbe d'autant moins de lumière qu'il comporte moins de verre: l'objectif simple est donc sous ce rapport le meilleur; l'addition à cet objectif d'une deuxième lentille composée diminue le *brillant* de l'image; avec les anciens triplets, avec l'objectif Petzval et avec les instruments dans lesquels le nombre de surfaces s'élève à six et le nombre des faisceaux de double réflexion à quinze, les oppositions perdent de leur vigueur et un voile général semble couvrir l'image: c'est pour cette raison que l'on a à peu près complètement renoncé à l'emploi du triplet pour le paysage.

51. Choix des objectifs. — Pour le paysage, la distorsion n'a pas de grands inconvénients: aussi a-t-on le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus souvent recours aux objectifs simples à trois ou quatre lentilles accolées qui donnent des images brillantes, grâce à l'absence de réflexions intérieures. Si l'on veut diminuer la durée de la pose on recherchera la clarté aux dépens du champ: au contraire si l'on veut embrasser un vaste espace, on sacrifie la clarté pour accroître le champ et on a recours aux instruments dits grand angle; enfin si l'image doit être agrandie la netteté doit être recherchée et il faut donner la préférence aux objectifs à quatre verres accolés.

Pour les portraits on emploie les objectifs à très grande ouverture, car la diminution de la pose est la condition essentielle; on doit donc avoir égard au coefficient de clarté principal de l'objectif: on emploie le type de Petzval modifié ou les anastigmats d'ouverture f 5, 4 : c'est surtout pour les portraits directs sur plaques de grande dimension que l'on utilise cette dernière forme d'objectif; si l'ouverture relative de ces objectifs est un peu moindre que celle des objectifs du système Petzval, ils ont une plus grande profondeur de champ et peuvent rendre des services dans le cas où il s'agit de photographier des groupes et d'obtenir des instantanés à très grande vitesse. La distance focale la plus favorable sera choisie égale à deux fois le plus grand côté de l'image qu'on veut obtenir. On évitera d'employer les objectifs à large diamètre de lentille qui nécessitent un trop grand recul dans l'atelier, ce qui diminue le relief de l'image.

Ce sont les mêmes objectifs que l'on emploie pour la photographie dite instantanée lorsqu'il s'agit d'opérer avec des vitesses excessives et si, à l'objet principal, on peut sacrifier tout le reste; s'il suffit d'une vitesse moindre (de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{100}$ de seconde) on utilisera les eurygraphes anas-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tigmatiques, anastigmats, aplanastigmats doubles, anastigmats dont l'ouverture est voisine de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{10}$; dans le cas de très belle lumière, on utilisera avec avantage les objectifs simples de type nouveau et d'ouverture $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$.

Pour les vues d'architecture et pour toutes les images destinées à des mesures de précision (levers de plan, etc.), l'exactitude est la première qualité à rechercher, il faut en outre que le champ soit étendu: on a ainsi la possibilité de réunir beaucoup de renseignements sur un seul négatif; l'objectif doit être exempt de distorsion ; comme on est très souvent gêné par le manque de recul, on choisira les types demi-grand angle ou grand angle, surtout si l'on veut obtenir des vues d'intérieur. L'éclairement peut être faible, car on posera autant qu'il sera nécessaire: à moins que l'image ne soit destinée à être agrandie, il est inutile de rechercher trop de finesse, car la précision des mesures graphiques que l'on fait sur les négatifs, précision que l'on peut évaluer à $\frac{1}{4}$ de millimètre, donne une limite dont le foisonnement est bien éloigné.

Pour les reproductions de dessin, d'œuvres d'art, pour les négatifs destinés à être imprimés mécaniquement, l'exactitude doit être la première qualité à rechercher : l'objectif doit donc être exempt de distorsion ; la finesse vient ensuite afin d'assurer la ressemblance parfaite du modèle et de la copie. L'éclairement est bien loin d'être indifférent si les négatifs (comme cela arrive fréquemment) sont obtenus par les procédés du collodion humide : on recherchera donc les objectifs d'aussi grande ouverture que possible : en pratique ce sont les anastigmatiques grands angulaires ou les anastigmats d'ouverture maxima $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{12}$ auxquels on donne la préfé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence. Ces objectifs sont souvent employés avec un prisme ou un miroir destiné à redresser l'image dans son vrai sens sur la plaque sensible.

La photographie stéréoscopique exige l'emploi de deux objectifs de foyers identiques ; on s'assurera de l'identité des foyers en effectuant successivement la mise au point des deux objectifs à toute ouverture et faisant une épreuve avec chaque objectif, sans modifier ni la position de la chambre noire ni celle du modèle ; on ne modifie que la mise au point. Les deux images doivent être rigoureusement de même grandeur ; on emploiera d'ailleurs les types d'objectifs les plus convenables pour chaque catégorie de sujet.

Pour toute image destinée à être amplifiée, on utilisera les objectifs à très petit foisonnement et l'on opérera avec des diaphragmes aussi étroits que possible, sans cependant diminuer l'ouverture au point de détruire le relief et la finesse de l'image.

Si l'objectif est destiné à produire des agrandissements de petits négatifs à l'aide des opérations ordinaires, on choisira un instrument pouvant donner des images de mêmes dimensions que celles que l'on veut agrandir.

§ 5. — LES DIVERS TYPES D'OBJECTIFS ; LEUR EMPLOI

Nous décrirons très sommairement dans ce paragraphe les divers types d'objectifs les plus employés dans les industries photographiques.

52. Objectifs à portraits. — L'objectif à portraits, imaginé par Petzval et modifié par divers constructeurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprend une première lentille double, achromatique et aussi exempte que possible d'aberration sphérique suivant l'axe (fig. 61) ; une seconde combinaison formée

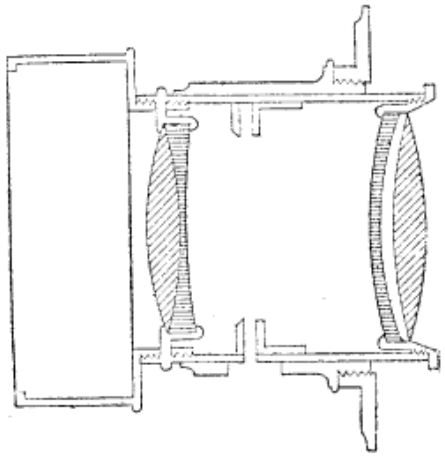


Fig. 61

d'une lentille divergente est chargée d'aplanir la surface focale ; l'autre lentille est convergente. L'ensemble a pour effet d'atténuer l'astigmatisme ; en réglant l'écartement de ces deux lentilles on réalise l'aplanétisme de tout le système suivant l'axe principal.

Pour compenser le défaut de profondeur dans les objectifs de ce type, Dallmeyer a imaginé de rendre la combinaison postérieure déformable ; cette combinaison postérieure est formée en avant d'une lentille de crown presque plan concave présentant au diaphragme sa face la moins courbe qui est concave, et en arrière d'un ménisque de flint divergent, dont on peut faire varier la distance à la lentille précédente. Pour mettre au point, on rend cette distance aussi petite que possible ; pour la pose, on écarte un peu le flint, ce qui rend l'aplanétisme moins parfait et substitue à l'image primitive très nette sur certaines parties et très peu sur d'autres, une image homogène de netteté moyenne (fig. 62).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'ouverture maxima de ces objectifs varie de $\frac{f}{3,2}$ à $\frac{f}{4}$. C'est surtout pour les formats d'épreuves dits carte de visite et carte-album que l'on utilise ces objectifs ;

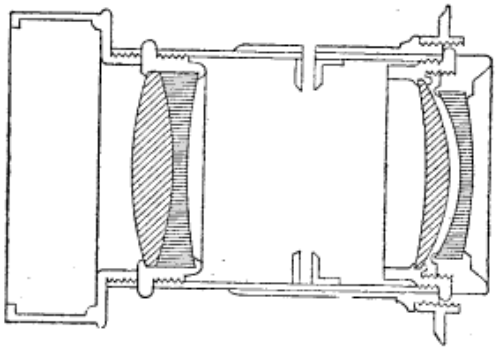


Fig. 62

l'astigmatisme n'a pas d'importance, car les portraits comportent en général un fond uni ou à dessin indécis : l'astigmatisme n'a aucune influence pour l'aspect du fond.

Pour les dimensions plus grandes, on utilise soit l'euryscope à portraits, soit l'anastigmat à grande ouver-

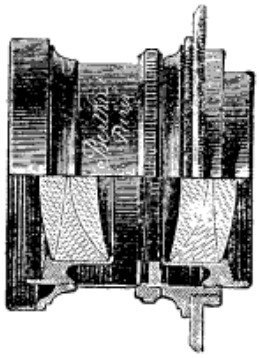


Fig. 63

ture : les types de ces formes sont très nombreux ; l'un des plus employés est l'eurygraphe anastigmatique extra rapide (fig. 63) dont l'ouverture maxima est $\frac{f}{5,4}$. Cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

objectif est composé de deux combinaisons comportant chacune quatre lentilles : chacune de ces lentilles peut d'ailleurs être employée individuellement. Les rectilinéaires rapides (fig. 64), que l'on désigne aussi sous le nom de

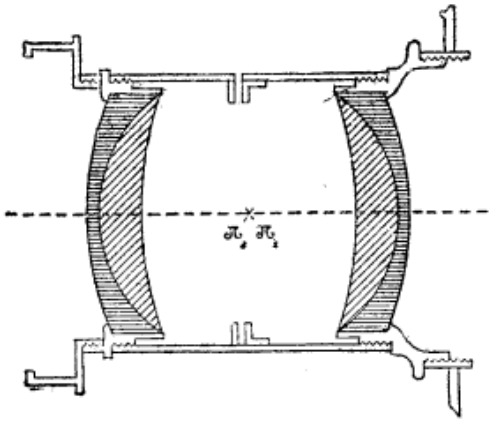


Fig. 64

rectilignes, aplanétiques, symétriques, etc., composés de deux ménisques identiques, achromatiques, sont employés dans un très grand nombre d'ateliers, bien que l'ouverture de ces objectifs destinés aux grandes dimensions de plaque (40 × 50 et au-dessus) ne dépasse pas $\frac{f}{9}$.

53. Objectifs à paysages. — On utilise actuelle-

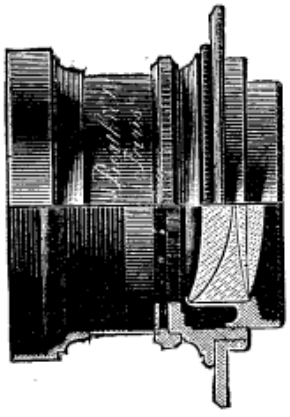


Fig. 65

ment pour la photographie des paysages les objectifs dits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simples. Ils se composent de trois verres collés (fig. 65), et admettent une ouverture maxima de $\frac{f}{12,5}$; on emploie aussi des objectifs simples à quatre verres de même ouverture $\frac{f}{12,5}$ (figure 66) ou d'ouverture plus grande

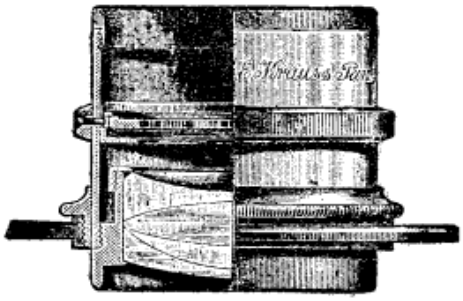
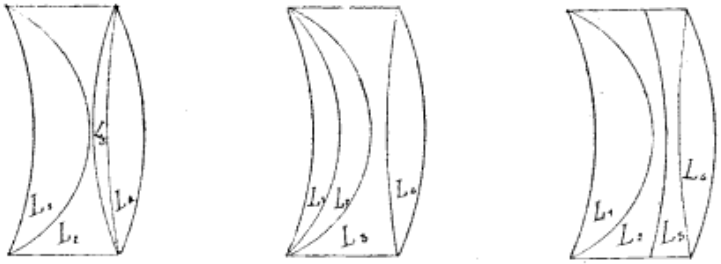


Fig. 66

atteignant $\frac{f}{10}$ (fig. 67). Ces objectifs donnent des images extrêmement brillantes ; en combinant deux à deux ces lentilles anastigmatiques on obtient des anastigmats



A B C

Fig. 67

composés dont les ouvertures varient de $\frac{f}{5,4}$ à $\frac{f}{7,7}$ et qui sont d'un excellent emploi pour l'obtention des vues instantanées.

Une même monture peut recevoir diverses lentilles de distance focale différentes, de diamètres différents, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvant toutes se visser aux extrémités d'un même tube, de façon à constituer une *trousse* des divers objectifs dont on peut avoir besoin pour un format de plaque déterminé. Il suffit en général de disposer de trois ou quatre lentilles de foyers différents pour répondre aux divers cas qui se présentent dans la pratique.

54. Objectifs pour monuments et reproductions. — La combinaison de deux lentilles à trois ou quatre verres permet de constituer des anastigmats symétriques.

Si les lentilles sont de même distance focale, l'objectif est symétrique. On utilise surtout pour les vues de monuments les anastigmats symétriques qui sont exempts de distorsion ; dans le cas où l'on ne peut s'éloigner du sujet à reproduire, on se sert des anastigmats grand angulaires ou des périgraphes anastigmatiques.

L'angle de champ embrassé par ces objectifs dépasse 90°.

Pour les reproductions de cartes, plans, etc., dans lesquelles le sujet doit être reproduit à grandeur égale, on se sert, soit des doubles anastigmats d'ouverture $\frac{f}{11}$ composé de deux groupes de lentilles à trois verres collés d'ouverture maxima $\frac{f}{11}$, soit des collinéaires, soit des orthostigmats grands angulaires. Si l'on n'est pas limité par la longueur du tirage de la chambre noire, il y a avantage à employer des objectifs de long foyer qui fournissent des images nettes sur une plus grande étendue.

55. Objectifs pour agrandissements. — Les anastigmats pour reproductions seront avantageusement employés pour les agrandissements, car ces instruments sont établis pour copier à la même échelle et l'aplané-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tisme est bien réalisé dans ces objectifs. Il y a intérêt à employer pour l'agrandissement un objectif de foyer aussi long que le comporte le tirage de la chambre noire pour l'échelle donnée, parce qu'il est toujours aisé de ne prendre qu'une partie du champ de netteté, tandis qu'il est impossible d'en dépasser les limites.

56. Emploi des objectifs. — L'étude d'un objectif et les essais que l'on a effectués permettent de préciser le meilleur emploi que l'on puisse en faire; en particulier si la surface focale tourne sa convexité vers l'objectif, on devra disposer le sujet de telle façon que le centre du sujet soit plus rapproché de l'objectif que celles de ses parties qui viennent faire leur image sur la glace dépolie. Si cette surface tourne sa concavité vers l'objectif, on disposera l'appareil de telle sorte que les points remarquables, situés sur des axes obliques, soient plus près de l'opérateur que le détail mis au point au centre; enfin si la surface focale est sensiblement plane, il y a lieu de se placer à distance à peu près égale de tous les détails sur lesquels on veut attirer l'attention dans l'épreuve. D'après la forme des volumes focaux de netteté donnée, on peut déterminer quelle est la meilleure position que doit occuper la plaque pour obtenir un foisonnement à peu près constant; après avoir mis au point au maximum de netteté, on modifiera d'une petite quantité la position du chariot à glace dépolie.

Si l'objectif a de la distorsion, il faut en dissimuler les effets : c'est dans le centre de la plaque que la distorsion est insensible; on devra placer dans cette portion de la plaque des parties du sujet comprenant des lignes droites un peu longues qu'on craindrait de voir traduites par des courbes sur l'épreuve.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On emploiera toujours un diaphragme aussi grand que possible : par là, on réduit la durée du temps de pose, on augmente le brillant et le nombre des demi-teintes de l'image, car la gamme des teintes fournies par un diaphragme est d'autant plus étendue que l'ouverture est plus large ; enfin on peut par ce moyen rejeter dans le vague les accessoires qui servent de fond au tableau et concentrer l'attention sur les détails les plus intéressants. Il est bien entendu que l'on se sert d'un objectif bien corrigé de l'aberration sphérique, de l'astigmatisme et que sa surface focale est sensiblement plane. C'est là ce qui montre tout l'avantage qu'il y a à employer *à toute ouverture* un objectif excellent ayant un grand champ de netteté.

Avec un petit diaphragme $\left(\text{pas inférieur à } \frac{f}{50}\right)$ on peut tirer parti du plus médiocre instrument; en effet si l'objectif n'est pas aplanétique, l'emploi du diaphragme permet d'éliminer les rayons qui ne servent qu'à diminuer la netteté et à produire un voile général ; si l'objectif est mal corrigé de l'astigmatisme, si la surface focale est courbe, on peut, en diminuant le diaphragme, augmenter assez la profondeur de foyer et la profondeur de champ pour obtenir une netteté acceptable; il faut cependant ne pas descendre au-dessous de certaines limites, la diffraction intervient pour rendre l'image d'autant plus mauvaise que le diaphragme est plus étroit.

Le choix du diaphragme dépend de trois facteurs, en supposant que la durée du temps de pose n'est pas fixée : 1° degré de netteté à atteindre ; 2° profondeur de champ dont on a besoin ; 3° dimension de la plaque à couvrir. Il ne faut pas non plus perdre de vue que la clarté de l'image diminuant beaucoup du centre aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bords, on placera au centre de la plaque les détails les moins éclairés, et sur les bords les plus brillants.

Par la mise au point on cherche à obtenir la meilleure netteté moyenne sur toute la plaque, on fixe les limites de l'image à produire et on peut décider l'ouverture à donner au diaphragme pour réaliser la netteté ou le champ désirés.

On ne doit mettre au point avec le plus grand diaphragme que si l'objectif est aplanétique et si, en même temps, sa surface focale est plane ; dans tous les autres cas il convient de mettre au point avec le diaphragme d'exécution.

57. Photographies instantanées. — Dans la photographie des objets en mouvement, la durée du temps de pose est liée à la nature de ce mouvement : c'est uniquement du temps de pose nécessaire que l'on déduit le diaphragme à employer. Quelque longue que soit la pose, un point en mouvement laissera toujours la même trace sur la plaque sensible, tandis que l'impression produite par les points immobiles croît avec la pose : dans les instantanés, il faut que l'impression produite par les détails fixes soit assez atténuée, par la diminution de la pose, pour ne point dépasser celle des points mobiles animés de la vitesse apparente la plus considérable. En photographie instantanée il y a avantage à employer des objectifs à court foyer, à s'éloigner de l'objet et à se placer le plus près possible de la direction de son mouvement: on n'a plus alors affaire qu'à une vitesse apparente, égale au produit de la vitesse réelle par le *sinus* de l'angle des deux directions, sinus égal pour un angle de 30° à 0,5, de 45° à 0,7, de 60° à 0,87.

Dans l'état actuel de la pratique il n'y a pas de mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

thode qui permette de déterminer le temps de pose avec une exactitude suffisante sans qu'interviennent l'habileté et l'expérience personnelle de l'opérateur; on ne doit pas oublier que les lointains forment leur image plus vite que les objets rapprochés; que la pose doit être d'autant plus longue que le sujet présente plus d'oppositions dans les tons et dans les couleurs; qu'il faut tenir compte des reflets dus aux objets voisins ; qu'enfin il est plus facile de racheter au développement un excès qu'un défaut de pose. Aussi convient-il, en photographie instantanée, d'employer le diaphragme le plus large que comportent la dimension de la plaque, la netteté exigée et la nature de l'objectif.

58. Entretien des objectifs. — Il est extrêmement important d'enlever avec le plus grand soin les poussières et les traces grasses qui peuvent se déposer à la surface libre des lentilles et qui ont pour effet de détruire en partie les qualités de l'instrument. Pour le nettoyage des objectifs ou commence par enlever la poussière à l'aide d'un blaireau très doux. S'il s'agit de nettoyer une lentille d'assez grande dimension, une rondelle de moelle de sureau fraîchement coupée est collée au bout d'un bouchon; avec cette sorte de pinceau on balaie doucement, sans appuyer trop, sur toute la surface de la lentille. Pour des objectifs de moindre dimension, on prend un morceau de jonc que l'on dégarnit de son écorce sur une longueur d'environ un centimètre et que l'on épointera même s'il s'agit de très petites lentilles. Ce nettoyage à sec n'est pas toujours suffisant pour débarrasser complètement le verre des dépôts superficiels. On cherchera alors à enlever la crasse au moyen de produits chimiques n'ayant aucune action sur le verre. Il faut éviter absolu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment l'emploi d'une poudre quelconque, telle que blanc d'Espagne, rouge d'Angleterre, etc., de même que celui de certains produits chimiques, soude, ammoniaque, carbonates alcalins. On humectera la lentille sur toute sa surface avec de l'essence de térébenthine; on essuiera à sec avec un chiffon doux, puis on polira avec un peu d'éther. Si certaines taches résistent à ce traitement, on n'aura d'autres ressources que de renvoyer l'objectif à son fabricant pour qu'il en repolisse de nouveau les surfaces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

OBTURATEURS

59. Classification des obturateurs. — Les obturateurs peuvent être classés en deux grands groupes : 1° obturateurs fonctionnant dans le plan du diaphragme; 2° obturateurs fonctionnant en dehors du plan du diaphragme. Les obturateurs fabriqués industriellement peuvent rentrer dans ces deux catégories qui comportent cependant plusieurs sous-groupes.

On désigne sous le nom de *rendement* d'un obturateur le rapport entre la pose réelle et la pose à plein diaphragme simultané.

Pour comparer deux obturateurs, il faut faire le produit de leur rendement, par le carré du diamètre du plus grand cercle inscriptible dans leur ouverture maxima.

60. Obturateurs montés dans le plan du diaphragme. — Ces obturateurs sont les plus employés: ils sont en général constitués soit par une guillotine simple ou double, soit par un secteur évidé qui tourne autour d'un point de son plan, de façon à venir encadrer le diaphragme lors de l'ouverture complète (fig. 68). Si le pivot est sur la bissectrice de ce secteur, les distances

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux côtés du secteur, différentes en général, deviennent égales; ces guillotines sont dites *symétriques*.

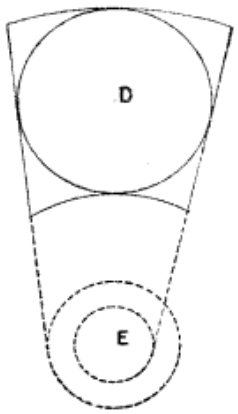


Fig. 68

Au lieu d'une seule lamelle obturante on peut en avoir deux ou plusieurs marchant en sens inverse ; l'expérience prouve que la moindre durée d'action totale est réalisée par l'obturateur à lamelles multiples et le plus fort rendement par la guillotine double à ouvertures rectangulaires plus grandes que le diaphragme. La guillotine simple et le secteur tournant donnent plus de pose et moins de rendement. L'obturateur à iris, qui est constitué de la même manière que le diaphragme à iris, permet de réaliser une pose courte ; le rendement est moindre, mais les rayons centraux travaillent plus que les rayons marginaux.

Au point de vue pratique, les obturateurs à guillotine simple ou double sont les plus simples: la guillotine à double lamelle A et B, surtout lorsque les lamelles sont percées d'ouvertures rectangulaires, donne un meilleur rendement que celui fourni par la guillotine simple.

La vitesse avec laquelle se meuvent les volets peut être aisément modifiée soit en faisant varier la tension du ressort moteur (ressort d'horlogerie, ressort à boudin, etc.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit en utilisant un frein. Il en est de même dans l'obturateur à secteurs et à simple lamelle (fig. 69) et

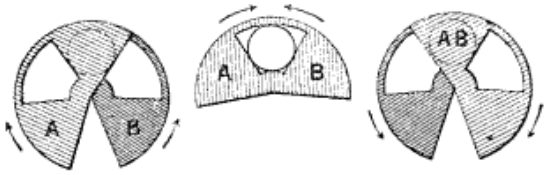


Fig. 69

dans l'obturateur à double lamelle (fig. 70). On utilise des lamelles de très faible épaisseur, en tôle d'acier, que l'on peut ainsi monter sur les objectifs dont les lentilles

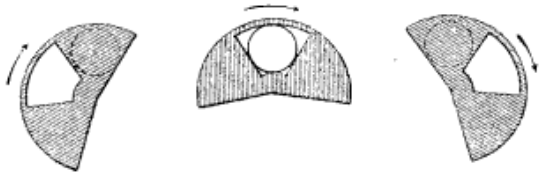


Fig. 70

sont très rapprochées, sans que l'on ait à craindre de fausser ces lamelles lorsque leur vitesse de translation est très grande.

Dans les obturateurs à iris les lamelles sont à mouvement alternatif ou circulaire; les plus simples de ces obturateurs sont ceux à deux lamelles: chacune des



Fig. 71

lamelles démasque la moitié de l'ouverture; la pleine pose commence au moment où les lamelles sont tangentes au bord du diaphragme (fig. 71). On peut supposer que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre des lamelles de l'obturateur iris soit aussi réduit que possible: il ne comprendra alors qu'une seule lamelle, démasquant tout le faisceau lumineux et revenant l'obturer par un mouvement en sens inverse (fig. 72). L'in-

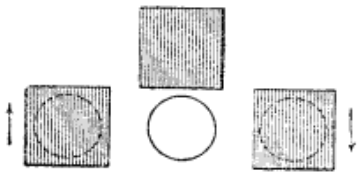


Fig. 72

convénient de ce système réside en ce que la partie latérale du faisceau démasquée la première, admet librement l'accès de la lumière pendant toute la durée de l'exposition, tandis que la partie opposée, démasquée la dernière, est obturée la première; par conséquent la lumière agit pendant des espaces de temps qui vont en décroissant d'un bord de la plaque à l'autre.

61. Obturateurs montés en dehors du diaphragme. — Ces obturateurs au point de vue purement technique sont les meilleurs: ils permettent de conserver l'objectif absolument intact et de ne modifier en rien la monture réglée par le constructeur.

Ces obturateurs peuvent être disposés: 1° entre l'objectif et la plaque sensible; 2° en avant de l'objectif.

Ce sont surtout les guillotines simples que l'on utilise dans les obturateurs de la première catégorie: la guillotine peut être placée presque en contact de la plaque sensible, ou bien presque au contact de la lentille postérieure de l'objectif; au point de vue du rendement il y a avantage à placer la guillotine aussi prêt que possible de la plaque, à augmenter la hauteur de la fente de la guillotine, ainsi que la vitesse de chute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'obturateur est monté en arrière de l'objectif, au contact de la lentille postérieure de ce dernier, il présente le grand avantage d'être de faibles dimensions (fig. 73) et de permettre un changement rapide de l'ob-

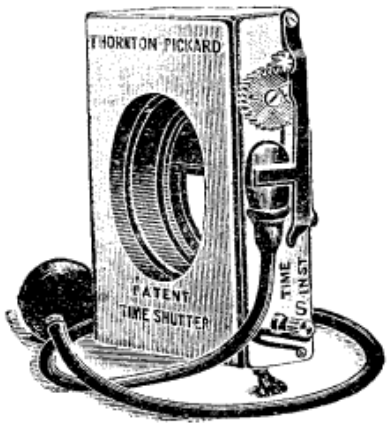


Fig. 73

jectif utilisé; un seul obturateur peut servir pour deux ou trois dimensions différentes d'objectifs. Un des meilleurs types est constitué par une boîte en acajou dans laquelle se trouvent deux rouleaux placés l'un en haut, l'autre en bas; un rideau noir opaque s'enroule et se déroule à la façon d'un store sur ces rouleaux; au milieu du rouleau se trouve une ouverture rectangulaire, un peu plus grande que le diamètre de la lentille et qui démasque celle-ci au moment de la pose. On peut faire varier la vitesse de translation du rideau suivant la tension plus ou moins grande du ressort qui provoque son enroulement ; pour cela il suffit de tourner le bouton S. Ces obturateurs sont d'ailleurs disposés de façon à permettre des poses facultatives prolongées. Lorsque l'obturateur est destiné à servir avec les chambres à magasin, un rideau supplémentaire permet d'armer l'obturateur sans démasquer l'objectif. Les mêmes obturateurs, grâce à leur légè-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reté, peuvent se placer au contact de la lentille antérieure de l'objectif.

Si la lamelle obturante fonctionne à faible distance de la plaque sensible, l'obturateur prend le nom d'obturateur de plaque; théoriquement il se compose (fig. 74)

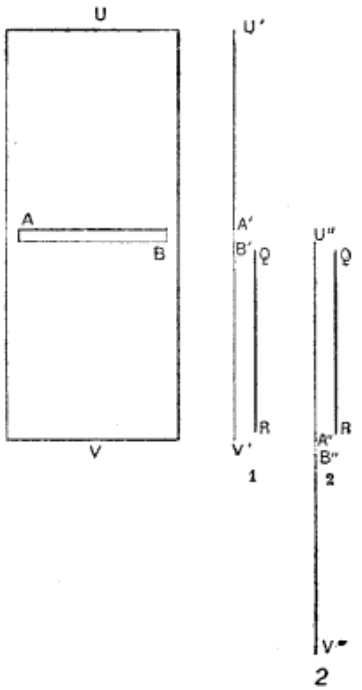


Fig. 74

d'un volet opaque percé, en son milieu, d'une fenêtre rectangulaire AB, de dimensions et de formes telles que ses deux moitiés puissent, avant et après la pose, soustraire complètement à l'action des rayons lumineux la plaque QR placée derrière, le volet passant de la position 1 à la position 2. Au lieu d'un volet on utilise souvent un rideau opaque, percé d'une fente dont on peut faire varier les dimensions ; ce rideau s'enroule à la façon d'un store (fig. 75). L'impression de la plaque sensible sera d'autant plus rapide que la fenêtre sera plus étroite, la vitesse du mouvement plus grande et la distance du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

volet à la plaque plus courte. Le plus ou moins de rapprochement de la plaque et du volet exerce une grande influence sur le rendement (rapport de la quantité de

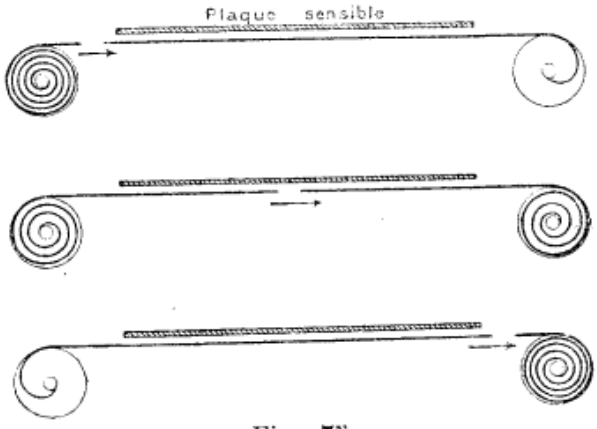


Fig. 75

lumière que laisse passer l'obturateur à celle que laisserait passer dans le même temps d'action un obturateur idéal, autrement dit, un obturateur de même ouverture dont les mouvements d'ouverture et de fermeture se produiraient instantanément).

L'obturateur de plaque est caractérisé par la largeur de la fenêtre qui livre passage à la lumière, par la vitesse de marche du volet et par la distance des bords de la fenêtre à la couche sensible: lorsque cette distance tend vers zéro on tend vers la réalisation de l'obturateur idéal dont le rendement serait égal à l'unité. En désignant par f la distance focale de l'objectif, par o l'ouverture utile de l'objectif prise dans le plan principal d'émergence, par a la hauteur de la fenêtre, e la distance du volet à la plaque, par v la vitesse du volet à un instant quelconque, la durée t de la pose pendant le parcours de la bande éclairée par la fente sera:

$$t = \frac{af + oe}{vf}$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est le temps de pose local, quantité constante pour une même bande horizontale de la plaque, mais variant d'une bande à l'autre: de ce temps de pose local dépend la finesse de détail des objets en mouvement qui figurent sur l'épreuve. Du temps de pose *total*, c'est-à-dire de la durée d'action lumineuse sur *toute* la plaque, de dimension L dans le sens de la marche, dépendent les déformations dans l'aspect d'ensemble des objets en mouvement. En supposant uniforme la marche du volet, ce temps de pose total T sera:

$$T = \frac{1}{v}\left[L + a - \frac{e}{f}(L - o)\right]$$

Le rendement R sera :

$$R = \frac{af}{af + oe}$$

62. Détermination des constantes des obturateurs. — A) *Obturateurs montés au diaphragme ou près du diaphragme.* — L'appareil servant à étudier pratiquement les obturateurs se compose d'un châssis s'ouvrant en deux parties au moyen de charnières placées sur le côté (fig. 76). La partie postérieure porte sur sa face interne un petit chariot plat qui, mû par deux ressorts plus ou moins tendus, glisse rapidement de bas en haut sur deux coulisseaux. On adapte sur ce chariot une surface sensible (généralement une glace préparée au gélatino-bromure d'argent). La face antérieure du châssis porte en son milieu une fente horizontale très étroite qui donne accès à la lumière, de sorte que si, le châssis étant fermé, on fait partir le chariot en laissant la lumière passer par la fente, on aura par développement sur la surface sensible un rectangle noir. La chariot à son départ met en mouvement une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lame vibrante extérieure faisant soixante vibrations à la seconde. Cette lame porte un appendice fermant une petite fenêtre donnant sur la plaque sensible; cet appendice

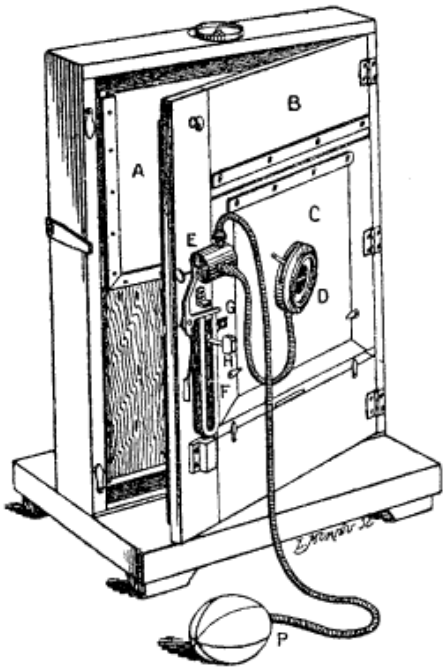


Fig. 76

est percé d'un trou très fin par lequel la lumière arrive sur la marge de la plaque sensible et trace une ligne sinusoïdale dont chaque ondulation correspond à un soixantième de seconde; on connaît donc ainsi la vitesse du chariot à chaque instant de l'opération.

A l'extérieur, devant la fenêtre étroite du châssis, on dispose au moyen d'une planchette spéciale l'obturateur dont on veut faire l'essai. Le tout étant placé dans l'obscurité, on produit au-devant une lumière vive par la combustion de quelques centimètres d'un ruban de magnésium et en même temps, soit à la main, soit avec une poire de caoutchouc munie d'un tube bifurqué, on opère le déclenchement qui, du même coup, met en marche le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chariot, la lame vibrante, puis l'obturateur; on retire la plaque sensible et on procède au développement de l'image.

Les figures que l'on obtient par cette opération varient suivant la marche de l'obturateur. Si celui-ci ouvre et ferme l'objectif dans l'axe des lentilles sans qu'il y ait un instant de pleine pose, la figure sera un losange plus ou moins régulier; s'il y a pleine pose, la figure représentera un rectangle d'autant plus allongé que la pleine pose aura été de plus longue durée. Les temps d'ouverture et de fermeture seront indiqués chacun par un triangle terminant l'un la partie supérieure, l'autre la partie inférieure du rectangle imprimé sur la plaque (fig. 77). Si l'ouverture s'opère

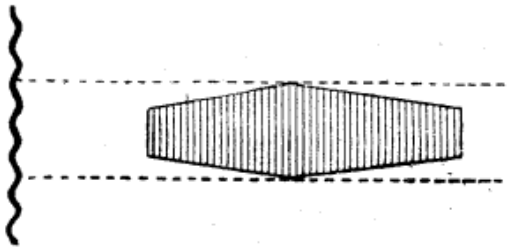


Fig. 77

en partant de l'un des bords et la fermeture en partant du bord opposé, la forme de la figure obtenue sur la plaque sensible sera celle d'un triangle à base verticale; si l'ouverture et la fermeture s'opèrent en partant du même bord, la figure sera celle d'un parallélogramme présentant deux côtés verticaux. Dans tous les cas, la pleine pose (si elle existe) sera représentée par un rectangle interposé dans la partie médiane de l'une des figures. On mesurera sa durée en projetant sur les marges le petit côté du rectangle; cette projection intercepte sur la courbe sinueuse tracée par la lame vibrante une certaine longueur qu'il est facile de transformer en temps. On obtient de même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la durée de la période d'ouverture et la durée de la période de fermeture ; il est par suite très facile de déterminer le rendement de l'obturateur.

L'expérience prouve qu'en moyenne le rendement des obturateurs placés entre les lentilles ne dépasse pas 0,50 pour cent.

B) *Obturateurs de plaque.* — La détermination des caractéristiques s'effectue en utilisant avec l'obturateur un objectif déterminé. On se sert d'un voyant vertical en tôle ABCD (fig. 78) tombant par son propre poids d'une

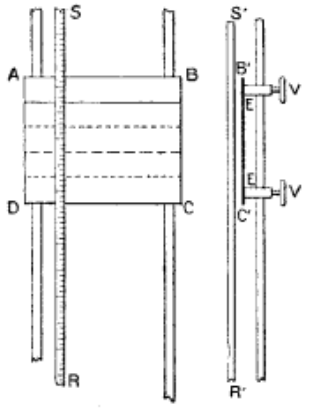


Fig. 78

hauteur de 3 mètres ; il est guidé et des vis de pression permettent de l'arrêter à une hauteur quelconque ; il porte, en blanc sur fond noir, des droites horizontales équidistantes, faites l'une d'un trait continu, la seconde de points ronds, la troisième de points carrés ou de traits interrompus pour les faire mieux distinguer sur l'épreuve ; une règle de 3 mètres, graduée de centimètre en centimètre, est placée en avant du voyant ; un dispositif placé au bas de l'appareil sert à amortir le choc ; un curseur placé à un point convenable de la règle RS porte un déclenchement qu'accroche le voyant dans sa chûte et qui fait partir l'obturateur en étude.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'obturateur est d'ailleurs disposé de façon à agir dans le sens horizontal. On met au point sur le voyant vers la division 2 m. 50 ; nous supposerons l'image du voyant reproduite en vraie grandeur. On met en place le châssis négatif muni de sa plaque, on arme l'obturateur, puis on détermine la chûte du voyant qui fait fonctionner l'obturateur au moment même de son passage dans le champ.

Au développement, on obtient, au lieu de l'image des droites du voyant, une série de courbes inclinées, équidistantes verticalement, dont l'étude fait connaître le fonctionnement de l'obturateur ; en effet, la plaque est parcourue pendant la pose, de gauche à droite, par la bande lumineuse que laisse passer la fenêtre de l'obturateur, et, de haut en bas, par l'image de la droite du voyant ; la courbe AMB (fig. 79) est la résultante de ces

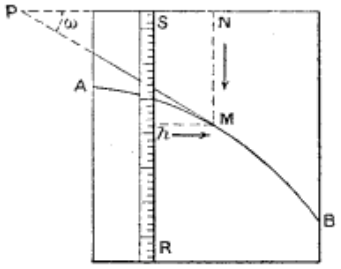


Fig. 79

deux mouvements ; les lois de l'un, la chute du voyant, sont connues ; il sera aisé d'en conclure les lois de l'autre, la marche de l'obturateur. On peut déterminer la vitesse V de la bande lumineuse de l'obturateur passant en un point M quelconque à hauteur de la division h. Soit V′ la vitesse verticale dont était animé le voyant au même instant ; si l'on mène la tangente en M et qu'on désigne par ω l'angle de cette tangente avec l'horizontale, on a :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{V'}{V}$$

Si l'on suppose qu'au départ la droite AB fût au zéro

$$V' = \sqrt{2gh}$$

et par suite :

$$V = \frac{V'}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{NP\sqrt{2gh}}{MN}$$

Les lignes du voyant sont épaissies sur l'épreuve ; la différence entre l'épaisseur de l'image ML′ et l'épaisseur de l'objet ML donne MM′ (fig. 80), espace parcouru par

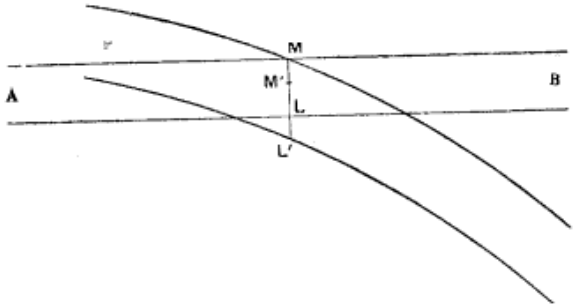


Fig. 80

la droite AB en un temps t, temps de pose local avec une vitesse V, qu'on peut supposer uniforme pendant ce temps très court ; par suite :

$$MM' = Vt$$

et

$$t = \frac{MM'}{V} = \frac{MM' \cdot MN}{NP\sqrt{2gh}}$$

On détermine le temps de pose total T par les considérations suivantes. Une droite du voyant est tombée de A en B pendant que la bande lumineuse de l'obturateur allait d'un bord à l'autre de la plaque (fig. 81). Soient k et i les divisions correspondantes de la règle graduée, θ et θ'

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les temps correspondants ; d'après les lois de la chute des corps,

$$k = \frac{1}{2} g\theta^2 \qquad i = \frac{1}{2} g\theta'^2$$

$$\theta = \sqrt{\frac{2k}{g}} \qquad \theta' = \sqrt{\frac{2i}{g}}$$

$$\theta' - \theta = T = \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{i} - \sqrt{k})$$

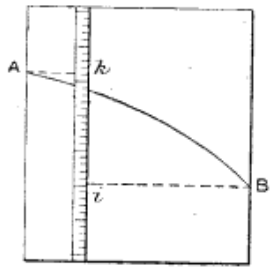


Fig. 81

Connaissant a hauteur de la fenêtre, v vitesse du volet au moment considéré et t temps de pose local, on aura la valeur du rendement par la formule :

$$R = \frac{a}{vt}$$

La distance de la fenêtre de l'obturateur à la plaque se déterminera par l'une des deux formules :

$$t = \frac{af + oe}{vf} \qquad R = \frac{af}{af + oe}$$

que l'on résoudra par rapport à e.

On voit donc que la connaissance parfaite d'un obturateur de plaque entraîne la mesure de six éléments caractéristiques, savoir :

Deux longueurs qui ne dépendent que de l'appareil lui-même étudié isolément :

1° La largeur de la fenêtre, nombre absolu ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° La vitesse de marche, quantité variable à figurer par une courbe représentative ;

3° La distance de la fenêtre à la plaque, quantité le plus généralement constante et qui dépend des relations de l'appareil avec la plaque sensible.

Ces trois éléments offrent un intérêt théorique et servent à calculer les trois autres qui jouent seuls un rôle direct dans la pratique et dans le mode d'emploi d'un obturateur ; ces trois éléments dans lesquels interviennent à la fois l'obturateur, la plaque, l'objectif (par son foyer et son diaphragme) et l'éloignement du sujet (par le tirage de la chambre) sont :

4° Le temps de pose local, variable et à figurer par une courbe ;

5° Le temps de pose total ;

6° Le rendement.

63. Déclenchement des obturateurs. — Le système de déclenchement le plus employé est le déclenchement à l'aide de la poire de caoutchouc ; au moyen d'un tube assez long, cette poire permet d'agir sur une petite poche en caoutchouc ou sur un piston ; en cas d'accident au tube de caoutchouc, des dispositifs spéciaux permettent d'effectuer le déclenchement à la main ; un des meilleurs est celui qui consiste à effectuer le déclenchement de l'obturateur en deux temps ; il est imité de la détente à double bonette des armes de tir de précision ; on appuie sur un bouton jusqu'au moment où l'on sent une petite résistance. On attend, dans cette position, le moment favorable, et la moindre pression supplémentaire suffit alors pour opérer le déclenchement ; celui-ci se produit ainsi sans secousse, puisque les muscles sont déjà contractés par l'effort nécessaire à la première pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

ÉCRANS COLORÉS, PRISMES, RÉSEAUX

§ 1. — ÉCRANS

64. Utilité des écrans colorés. — Les diverses radiations colorées agissent de façons très différentes sur les plaques préparées aux sels d'argent : certaines de ces radiations dont l'éclat est très vif, le jaune, le rouge, par exemple, n'ont presque pas d'action sur les couches préparées ; d'autres, de teinte foncée, telles que l'indigo, le bleu, agissent très énergiquement ; si ces couleurs se trouvent sur le même objet à reproduire, l'image obtenue aura un éclat différant très notablement de l'éclat du modèle. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on utilise des écrans colorés dont le rôle est d'atténuer l'effet de certaines radiations : par exemple, on emploie, surtout pour le paysage, les écrans jaune orangé qui ont pour but d'atténuer l'action de la lumière bleue : le jaune et le rouge traversent ce verre, tandis que le bleu est arrêté.

Ces écrans peuvent être constitués soit par des lames de glace à faces parallèles, soit par des cuves de verre à faces parallèles dans lesquelles on introduit des dissolutions colorées ; on utilise enfin de minces pellicules de gélatine ou de collodion. On peut placer les écrans soit à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avant de l'objectif, soit au contact du diaphragme, ou encore derrière l'objectif, quelquefois même au voisinage de la plaque sensible.

65. Fabrication des écrans colorés en verre à faces parallèles. — Les écrans colorés, parmi lesquels l'écran jaune est le plus employé, sont taillés dans des matières de teinte aussi homogène que possible; l'intensité de la teinte est variable et peut modifier la durée du temps de pose, qui devient deux à soixante fois plus long qu'en l'absence d'écran ; pour les photographies d'objets très éloignés, pour les panoramas de montagne, on obtient de très bons résultats en utilisant un écran ayant pour effet d'allonger le temps de pose de quinze fois.

Ces écrans doivent être travaillés optiquement sur toute leur surface de façon à obtenir un très beau poli, identique à celui des lentilles d'objectifs, et des faces bien parallèles. On vérifie le parallélisme des faces en utilisant plusieurs procédés. On place sur un fond noir l'écran à examiner, on l'incline à 45° et on regarde sur l'écran les images réfléchies d'objets éloignés et à arêtes bien nettes, telles que cheminées, tiges de paratonnerres, etc ; l'écran est de bonne qualité si l'image, vue par réflexion, présente des lignes très nettes, non doublées et rectilignes. On peut aussi reconnaître les défauts de l'écran en l'examinant à l'aide d'une longue vue et en le faisant tourner sur lui-même, de façon à bien observer toute sa surface. Un autre procédé de vérification consiste à regarder à la fois, partie au travers de l'écran à examiner tenu bien verticalement, et partie en dehors, une ligne bien verticale : cette ligne doit rester verticale pendant que l'on fait tourner l'écran entre ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doigts : le moindre déplacement de la ligne verticale indique que l'écran n'est pas à faces parallèles.

Ces écrans sont sertis dans une petite bague en cuivre munie d'un pas de vis, permettant de les visser soit à l'avant, soit à l'arrière des objectifs ; l'écran est quelquefois monté dans un anneau de cuivre permettant de le fixer par glissement dans le parasoleil de l'objectif, ou encore de le fixer sur la monture de l'instrument.

66. Cuves à faces parallèles. — Les cuvettes en glaces à faces parallèles sont construites par les opticiens, soit en collant au baume du Canada deux lames de glaces à faces parallèles contre un anneau de verre d'épaisseur bien uniforme, soit en taillant une glace épaisse en forme d'U ; au moyen de deux autres glaces collées au baume du Canada, on forme une cuvette qu'il est très facile de nettoyer et que l'on bouche en y appliquant une lame de verre ; on introduit les liquides colorés bien filtrés dans ces cuvettes.

Si les cuvettes à faces parallèles doivent servir à photographier les nuages, les liquides colorés sont constitués par des dissolutions aqueuses de bichromate de potasse à divers degrés de concentration : on ajoute à ces liquides quelques gouttes d'acide chlorhydrique pour éviter le dépôt qui se produirait à la longue dans la liqueur. On peut d'ailleurs préparer de telles cuvettes avec deux glaces à faces parallèles, réunies sur trois de leurs côtés par des baguettes de verre à faces parallèles, le tout collé au baume du Canada : ces cuvettes ont six à sept millimètres d'épaisseur et sept à huit centimètres de côté. Avant d'introduire le liquide, on a soin de plonger l'extrémité ouverte de la cuve dans un mélange fait à parties égales de cire jaune et de colophane. Pour fermer ultérieure-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment la cuve, il suffit de poser sur les bords ainsi recouverts de mastic, une petite lame de verre taillée à la dimension convenable et que l'on a fait chauffer sur une plaque de cuivre pour éviter de la briser; on obtient ainsi une fermeture hermétique; on vérifie le parallélisme par les moyens indiqués précédemment.

Ces écrans présentent le grand avantage de permettre de graduer d'une manière très précise la qualité et l'intensité de leur coloration ; mais ils sont fragiles, encombrants et souvent difficiles à mettre en place; c'est pour ce motif qu'on les remplace souvent par des couches de gélatine ou de collodion convenablement coloré.

67. Ecrans en gélatine colorée. — Des glaces à faces parallèles de 2 millimètres d'épaisseur, très propres, sont recouvertes d'une couche de solution à 10 pour cent de gélatine, aussi parfaitement filtrée que possible; après avoir versé environ 5 centimètres cubes de solution de gélatine pour chaque glace de 10 centimètres de côté, on fait prendre en gelée sur une table horizontale refroidie et l'on fait sécher ces couches de gélatine à l'abri de la poussière. On teint ensuite cette gélatine à l'aide de matières colorantes diverses; on obtient un écran jaune, éteignant le bleu et le violet, en mélangeant 18 centimètres cubes de solution d'érythrosine à 1/2 pour cent dans l'eau et 20 centimètres cubes de solution de jaune de métanile : ce jaune de métanile n'est autre que le phénylamidoazobenzène métasulfonate de sodium. Les bains de teinture doivent être préalablement filtrés et amenés à la température de 20°; après 5 minutes d'immersion les glaces sont retirées, lavées sommairement pour éliminer l'excès de solution colorante, et mises à sécher. Pour arriver à l'intensité de couleur qui convient,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et afin d'assurer la conservation des écrans, les glaces teintes sont collées deux à deux, couche contre couche, au moyen d'une solution concentrée et visqueuse de baume du Canada dans le chloroforme; l'écran jaune préparé comme nous venons de l'indiquer se conserve fort longtemps en bon état.

On peut aussi préparer des pellicules de collodion et gélatine, que l'on place contre le diaphragme, soit en étendant les mixtions colorées sur glace et les laissant sécher, soit par le procédé suivant. On polit soigneusement l'intérieur et l'extérieur d'un anneau d'acier très mince. Le diamètre de cet anneau dépend de l'objectif auquel on destine l'écran. Dans une petite cuvette ou un large godet on met du mercure pur et on dépose l'anneau sur le mercure où il flotte librement; on verse sur le mercure, à l'intérieur de l'anneau, un collodion que l'on a eu soin de colorer à la nuance voulue; on en verse assez pour qu'il déborde en dehors de l'anneau. On couvre la cuvette d'une feuille de papier pour la garantir de la poussière et on laisse le tout en repos jusqu'à ce que la pellicule soit complètement sèche. On soulève alors soigneusement l'anneau, on gratte avec un canif le collodion qui y adhère à l'extérieur, et l'on obtient ainsi un anneau transparent dont la partie centrale est sans le moindre défaut optique. On obtient des pellicules très pures et très translucides en employant le collodion à l'acétate d'amyle: il donne de bien meilleurs résultats que ceux fournis par le collodion ordinaire. On fait dissoudre le coton poudre dans l'acétate d'amyle, on laisse déposer et l'on décante; d'autre part on a fait dissoudre la quantité nécessaire de matière colorante dans l'acétate d'amyle: cette dissolution filtrée est mélangée au collodion et étendue sur glace, ou employée comme nous venons de l'indiquer. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut par ces procédés préparer de grands écrans que l'on dispose dans le châssis au contact de la glace sensible; avec les écrans pelliculaires on n'a pas à redouter le défaut de parallélisme des faces.

§ 2. — PRISMES

68. Emploi du prisme. — Dans certains cas il y a intérêt à obtenir sur glace un négatif *retourné*, c'est-à-dire dans lequel l'image soit de même sens que le sujet : c'est en particulier avec les tirages par procédés au charbon, par phototypie, etc., que l'on utilise les négatifs de cette nature. Le procédé le plus généralement adopté consiste à placer soit un prisme, soit une glace argentée devant l'objectif.

Le prisme se place à l'avant de l'objectif: la section de ce prisme est un triangle isocèle rectangle (fig 82); il est

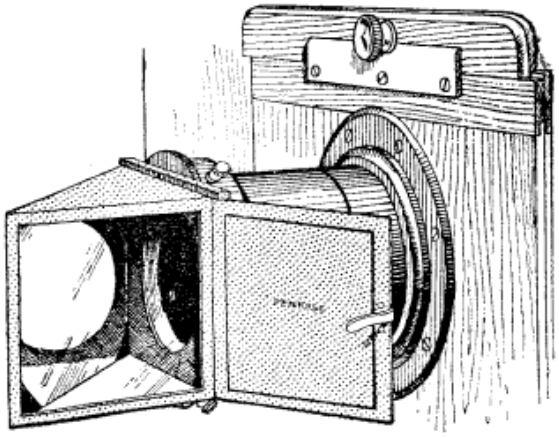


Fig. 82

renfermé dans une boîte de laiton permettant de le fixer à l'extrémité de l'objectif. Le plan de l'objet à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reproduire est alors placé parallèlement à l'axe de la chambre noire.

La construction des prismes est assez difficile; leur poids considérable pour les objectifs de grande dimension a fait chercher à en diminuer le format. Derogy place le prisme à l'intérieur de la monture d'un objectif aplanétique (fig. 83). La monture de l'objectif est coudée

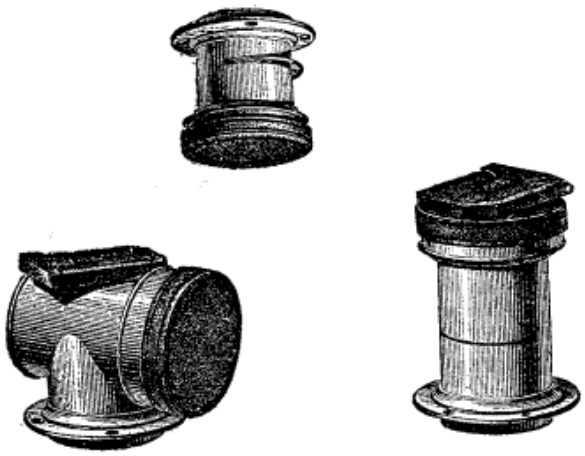


Fig. 83

au lieu d'être droite; le prisme se place au contact du diaphragme dont le diamètre est notablement inférieur à celui de la lentille; l'axe de la lentille antérieure fait un angle de 90° avec l'axe de la lentille postérieure, et chacun de ces axes est incliné de 45° sur le plan réfléchissant. La monture de ces objectifs doit être faite avec le plus grand soin pour obtenir un bon centrage des lentilles.

Il n'est pas nécessaire que la face hypothénuse du prisme soit argentée. La construction de ces prismes est assez délicate, car il est difficile d'obtenir des faces rigoureusement planes : un prisme mal construit modifie la distance focale principale de l'objectif quand on l'interpose sur le trajet des rayons lumineux. Les petits prismes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étant relativement faciles à construire, on a été amené à faire les lentilles d'objectifs aussi petites que possible : on peut diminuer ainsi la durée du temps de pose qui est toujours augmentée par l'emploi du prisme, quelquefois même dans la proportion de 30 pour cent à égalité d'ouverture.

L'emploi d'un miroir de verre argenté, dont le plan réfléchissant fait un angle de 45° avec l'axe de l'objectif, permet d'opérer plus rapidement; mais l'entretien d'un tel miroir, son réglage par rapport à l'axe de l'objectif demandent des soins. Le miroir se place généralement derrière l'objectif (fig.84); lorsqu'on ne s'en sert pas, il est

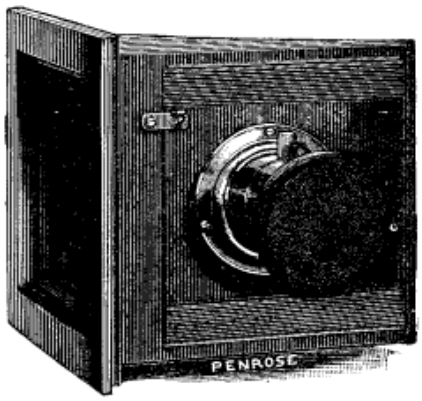


Fig. 84

bon de renfermer le miroir dans un écrin spécial qui le met à l'abri de l'humidité et des gaz qui altèrent l'argent. On peut réargenter le miroir et conserver pendant fort longtemps l'argenture à l'aide du procédé suivant.

69. Argenture des miroirs. — La couche d'argent déposée à la surface du verre doit être suffisamment épaisse pour pouvoir supporter l'action du polissoir et de la poudre à polir; on obtient ce résultat en effectuant l'opération avec des bains riches en nitrate d'argent et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

opérant à une température de 25 à 30° centigrades. On prépare quatre solutions : A) eau distillée, 800 grammes, nitrate d'argent pur, 64 grammes) ; B) eau 800, ammoniaque pure à 25°, 125 cc. ; C) eau 800 cc., soude caustique pure, 27 grammes ; D) solution de sucre interverti préparée en faisant dissoudre 25 grammes de sucre blanc dans 80 cc. d'eau distillée ; on ajoute 10 cc. d'un liquide renfermant 100 cc. eau et 3 cc. acide azotique, portant à l'ébullition pendant un quart d'heure ; après refroidissement, on ajoute 70 cc. alcool, et on amène au volume total de 800 cc.

La surface du verre, débarrassée de toute impureté, est nettoyée avec un tampon de fine toile imbibée d'un mélange à parties égales d'alcool à 85° et de solution de soude caustique ; on lave le miroir à l'eau distillée bien filtrée et on conserve le miroir dans l'eau pure jusqu'au moment où l'on va procéder à l'argenture. Ce nettoyage ne doit précéder que de quelques minutes le mélange des dissolutions que l'on effectue en versant la solution A dans la solution C : il se produit un précipité abondant qui disparaît par l'addition de la dissolution B ; après quelques minutes d'agitation, la liqueur doit être limpide : c'est dans cette dissolution limpide que l'on plonge le miroir à argenter, en agitant constamment, de façon à baigner uniformément la surface du verre. On ajoute alors en une seule fois la dissolution de sucre interverti : le liquide ne tarde pas à prendre une teinte d'abord jaunâtre, puis brune, en même temps qu'il se forme un précipité plus ou moins brunâtre : l'argent commence alors à se déposer à la surface du verre et ce dépôt va en augmentant jusqu'à ce qu'il se produise des paillettes métalliques à la surface du bain : à partir de ce moment le dépôt n'augmente que très lentement d'épaisseur et il n'y a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas intérêt à prolonger l'immersion; on lave rapidement la surface argentée en se servant d'eau distillée tiède et on laisse sécher à l'abri de la poussière.

La surface argentée est alors polie par le procédé suivant: on fait un tampon de coton que l'on recouvre d'une fine peau de chamois; ce polissoir est alors brossé avec une brosse ne servant qu'à cet usage et dont les poils sont parfaitement dégraissés (une brosse à dents est très convenable pour ce travail): lorsque l'on a enlevé toutes les peluches qui se trouvent à la surface du polissoir, on promène celui-ci à la surface de l'argent déposé sur le verre et, de temps en temps, on brosse de nouveau la surface de la peau de chamois: ce premier polissage a pour effet de brunir la surface de l'argent et de lui donner assez de résistance pour supporter l'action du rouge d'Angleterre. Le polissage au rouge d'Angleterre s'obtient facilement en saupoudrant de rouge un nouveau polissoir, brossant à fond la surface de ce polissoir pour enlever presque tout le rouge, et le promenant circulairement à la surface du miroir : on obtient ainsi un très beau poli.

La surface argentée s'altérant facilement au contact de l'air, il convient de la préserver par une couche très mince, transparente, de gélatine bichromatée que l'on expose à la lumière. Lorsque le polissage est terminé, on verse à la surface de l'argent une solution contenant: eau 1 litre, gélatine 2 gr., bichromate de potasse 2 gr. On laisse sécher cette couche à l'abri de la poussière; lorsqu'elle est complètement sèche, le miroir est exposé pendant une heure à la lumière diffuse. On plonge le miroir dans l'eau distillée souvent renouvelée pendant trois ou quatre heures; lorsque tout le sel de chrome a été éliminé, on laisse sécher à l'abri de la poussière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

70. Emploi de la chambre noire avec prisme ou miroir. — Quand on utilise le prisme ou le miroir, le sujet à reproduire est placé à angle droit avec l'axe de la chambre noire. L'emploi du pont suspendu muni d'une plaque tournante est avantageux pour les chambres de grande dimension; pour les appareils de format plus petit, on se sert avec avantage d'un pied table (voir fig. 38) muni d'une planchette de reproduction qui peut s'approcher ou s'éloigner de l'objectif, grâce à l'emploi d'une vis sans fin dont l'emploi, combiné avec celui de la crémaillère de la chambre noire, permet une mise au point très précise.

§ 3. — RÉSEAUX-TRAMES

71. Utilité des réseaux. — Les procédés de phototypographie ne peuvent donner de résultats analogues à ceux qui sont fournis par l'impression des images en demi-teintes continues qu'en passant par la *discontinuité* de l'image. Cette discontinuité est obtenue en disposant un *réseau* ou *trame* entre l'objectif et la plaque sensible au moment de la production du phototype. Ces réseaux sont constitués par une série de lignes parallèles ou se

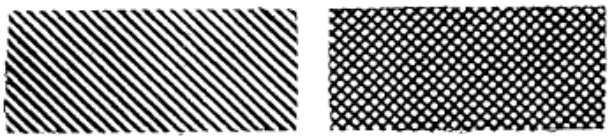


Fig. 85

coupant sous un certain angle (fig. 85). Si l'on examine une image obtenue avec interposition d'un réseau, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constate que les grands clairs sont reproduits par un pointillé très fin, les demi-teintes par une sorte de damier présentant des carrés noirs et blancs de même dimension, et les parties les plus foncées par un pointillé blanc sur fond noir, les points blancs étant d'autant plus petits que la teinte est plus noire pour arriver, par leur disparition, au noir absolu.

Ce quadrillage très fin, comprenant de 30 à 80 lignes au centimètre, est obtenu en traçant sur des glaces aussi planes que possible la série de lignes nécessaire. Deux procédés sont employés, ou bien on trace les traits au diamant, sur glace recouverte d'un vernis à la cire et l'on grave ensuite la partie tracée; ou bien la gravure est faite par le diamant lui-même. Dans ce cas, le tracé se fait sous une couche d'huile d'olive, de façon à éviter la production de bavures sur les bords du trait. Quel que soit le procédé employé, on nettoie la plaque et l'on remplit les lignes avec un vernis au noir de fumé absolument opaque. On réunit à l'aide de baume du Canada deux glaces, les faces gravées l'une contre l'autre, et l'on obtient ainsi une trame.

On fait aussi des réseaux à quatre lignes, deux grosses et deux plus fines, agissant comme deux réseaux, dont les traits, d'épaisseurs différentes, seraient inclinés à 45°. Par l'emploi de ce réseau, le fin ligné disparaît complètement dans les grands clairs de l'image, ce qui augmente le modelé.

On utilise en Allemagne des réseaux tracés sur papier couché de la dimension 40 × 50 centimètres. Le photographe reproduit alors à la chambre noire ces réseaux en copiant à l'échelle convenable : la dimension des mailles du tramé doit varier avec la grandeur de l'épreuve. Ces réseaux sont obtenus en copiant l'original par le procédé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du collodion sec; si la *linéature* est composée de lignes parallèles, on réunit l'un contre l'autre deux réseaux, de façon à obtenir le quadrillé le plus convenable.

Le réseau est disposé dans la chambre noire à une petite distance en avant de la surface sensible (2 à 5 dixièmes de millimètres). Cette distance varie avec la dimension des traits, la distance focale de l'objectif et le diamètre du diaphragme : par l'interposition du réseau, la durée du temps de pose est le plus souvent triplée.

L'évaluation de la distance séparant le quadrillé de la glace sensible est assez délicate et ne s'obtient que par tâtonnements. Si la plaque photographique est trop près du quadrillage, les demi-teintes apparaissent au milieu des mailles du réseau qui sont reproduites de même épaisseur sur toute la surface. Si au contraire la distance est trop grande, le quadrillé disparaît dans un gris uniforme. En désignant par e la distance du réseau à la glace sensible, par a la distance de deux traits, par f la distance focale de l'objectif, par D le diamètre du diaphragme, la meilleure distance est obtenue quand on a :

$$e = \frac{af}{3D}.$$

Comme les glaces photographiques ne sont pas absolument planes, il vaut mieux augmenter le rapport $\frac{f}{D}$ par l'emploi d'un diaphragme un peu plus petit, de façon à donner à e une valeur plus grande.

Cette distance peut être modifiée très facilement si l'on utilise les châssis spéciaux (*voir* page 12).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

MATÉRIEL DE LABORATOIRE

72. Eclairage du laboratoire. — Le laboratoire destiné aux opérations ayant pour but la confection du négatif doit être éclairée de telle sorte que la figure et les yeux de l'opérateur se trouvent dans l'ombre. En général on utilise la lumière qui a traversé un ou deux verres de couleur rouge foncée, ou d'un verre vert placé contre un verre rouge : cette lumière est peu fatigante pour la vue. Si la source de lumière n'est pas trop vive, on peut employer un verre orange foncé et un verre vert, ou même simplement un verre vert.

La lumière rouge est fatigante pour les yeux : d'ailleurs aucun verre rouge ne peut s'accommoder aux variations considérables que subit la lumière du jour suivant la saison et l'état du temps ; aussi vaut-il mieux employer une lumière artificielle d'intensité constante; ces diverses sources de lumière sont placées dans des lanternes de laboratoire : les lanternes peuvent utiliser l'électricité, le pétrole, l'huile, l'essence minérale, la bougie, la paraffine, etc. Ces lanternes sont de forme prismatique, à base rectangulaire, triangulaire, etc.; elles sont cylindriques ou demi-cylindriques, à verre droit ou incliné, de façon à ne pas fatiguer la vue de l'opérateur; les verres sont toujours mobiles, et on emploie le plus souvent un verre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rouge et un verre jaune. L'utilisation des verres simples n'est pas à conseiller : à égalité de lumière ils sont d'un emploi plus dangereux que deux verres plus clairs combinés ensemble.

Les verres doublés, triplés, quadruplés, fournissent les meilleurs résultats. En particulier en employant quatre verres jaune clair, minces, on obtient une bonne lumière, peu fatigante; en réduisant cet éclairage à deux verres on peut manipuler les plaques lentes et les papiers au gélatino-bromure.

Pour essayer si l'éclairage du laboratoire est assez faible pour ne pas altérer les plaques, on fait l'opération suivante : on expose à la lumière, tamisée par le verre coloré à essayer, une plaque sensible recouverte en partie par un chiffre opaque : l'exposition doit être effectuée à la place même où se font les manipulations; elle doit durer une minute. Si l'on emploie la lumière du jour, on opérera avec le soleil, puis par un temps clair, enfin par un temps sombre. Si le chiffre apparaît dans l'un des trois cas, il faut réduire l'ouverture de la fenêtre, modifier le nombre ou la couleur des verres, ou n'opérer que par un temps sombre.

On prépare des pellicules incassables, remplaçant les verres de couleur, en utilisant des collodions convenablement colorés : ces pellicules peuvent servir à recouvrir complètement les petites lampes à incandescence que l'on trouve aujourd'hui partout. On nettoie une feuille de verre, on la polit avec un tampon de papier Joseph imprégné de talc, on la collodionne, on laisse sécher la surface du collodion et on recouvre cette surface avec une solution contenant 4 grammes de gélatine, 1 litre d'eau et 15 centimètres cubes d'une solution d'alun de chrome à 2 pour cent ; pour donner de la solidité à la pelli-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cule, on applique à la surface de la gélatine un tulle à larges mailles; on laisse sécher et l'on recouvre la gélatine d'une couche de collodion à l'aurantia ou à la chrysoïdine. On prépare ce collodion en faisant dissoudre 4 grammes d'aurantia dans 100 centimètres cubes d'alcool; on filtre cette solution et on l'ajoute à 300 centimètres cubes de collodion ordinaire contenant 4 pour cent de coton-poudre. Si la teinte est trop claire, on peut superposer plusieurs couches. La pellicule de couleur rouge est obtenue à l'aide de deux dissolutions que l'on ajoute au collodion: A) alcool 100 centimètres cubes, aurantia 5 grammes; B) rose bengale 12 grammes, alcool 100 grammes. On ajoute le mélange de ces deux solutions à 600 centimètres cubes de collodion à 4 pour cent. Lorsque la couche de préparation est complètement sèche, on incise les bords, on soulève la pellicule qui abandonne le verre.

73. Eclairage de l'atelier: lumière électrique. — Dans un grand nombre d'ateliers de reproductions industrielles, on utilise l'arc électrique à cause de sa fixité et de sa constance; cependant ce mode d'éclairage est assez coûteux, comme cela ressort du tableau suivant:

Source lumineuse	Bougie heure	Phot. heure (3.600 rads)	Prix total par heure
	Francs.	Francs.	Francs.
Pétrole à 0 fr. 55 le litre...	0,0024	0,0017	0,040
Bec Bengel (gaz à 0 fr. 30)..	0,0046	0,0037	0,057
Bec Auer (gaz à 0 fr. 30)...	0,0004	0,0002	0,026
Chalumeau magnésie (oxy. à 10 fr. m³).....	0,0140	0,0050	0,200
Chalumeau à chaux (oxy. à 10 fr. m³).....	0,0100	0,0045	0,200
Magnésium à 100 fr. le kil..	0,0012	0,0004	0,072
Lampe à arc (1 fr. 50 kilow. h.)	0,0033	0,0010	0,30

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bec Auer est de beaucoup le plus économique, tant au point de vue lumineux que chimique, cependant il est moins employé que l'arc électrique, car l'emploi de cette source de lumière est extrêmement commode : on utilise

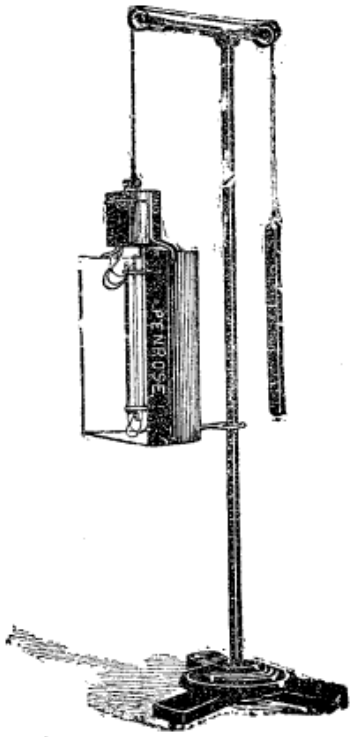


Fig. 86

des lampes à arc très portatives (fig. 86), que l'on peut approcher très facilement du modèle à reproduire.

74. Emploi du magnésium. — Dans certains ateliers où l'on exécute uniquement des portraits, on remplace l'emploi de la lumière du jour par la combustion du magnésium, de l'aluminium ou d'un alliage de magnésium et d'aluminium. On utilise ces métaux à l'état de poudres éclairs, c'est-à-dire que le métal pulvérisé est mélangé à des substances susceptibles de fournir rapidement l'oxygène nécessaire à la combustion : on obtient le mo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

delé en utilisant les photo-poudres réparties en traînées dans un petit auget en tôle, formé à l'aide d'une lame de métal ployée en forme de V, à angle très obtus : cette traînée doit être enflammée par le milieu pour que la combustion se produise dans le minimum de temps. On utilise comme photo-poudre un mélange formé de 6 parties de chlorate de potasse, 3 parties de magnésium en poudre et une partie de sulfure d'antimoine; on peut aussi employer 0,32 de chlorate de potasse, 3,16 de magnésium et 0,31 de ferrocyanure de potassium. Chacune de ces substances doit être pulvérisée séparément, passée au tamis n° 160; on pèse alors les proportions convenables et on fait le mélange sur une grande feuille de papier en s'aidant d'une petite pelle en papier bristol.

La portée des photo-poudres ne croît pas en raison directe de la charge : il n'y a pas lieu de dépasser 16 grammes et la portée utile ne dépasse pas 35 à 40 mètres au maximum. La présence d'un réflecteur hémicylindrique, pour récupérer les rayons émis dans des directions opposées à celles du sujet, augmente le pouvoir lumineux de 60 à 70 pour cent. Si l'on veut augmenter le pouvoir éclairant des photo-poudres, il y a lieu de se servir de plusieurs charges. L'influence du fractionnement des charges est considérable : il y a avantage à faire ce fractionnement, car deux charges d'un poids donné semblent fournir un rendement plus grand que le double du rendement théorique; on doit donc diviser les charges dans un grand nombre de godets que l'on enflamme simultanément ; pour obtenir l'inflammation simultanée de plusieurs éclairs magnésiques, rien ne vaut la mise de feu électrique.

Dans la production des portraits à la lumière du magnésium, on évite la production d'ombres trop dures en se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servant d'écrans transparents. On prépare un écran transparent de 1 m. 80 de large et 2 m. 50 de haut tendu en tulle fin ; on badigeonne l'étoffe des deux côtés avec de la colle de pâte claire récemment préparée; on laisse sécher. Cet écran translucide est installé à 1 mètre ou 1 m. 50 du modèle, latéralement, et à 2 mètres du fond adopté: on le place obliquement. La poudre est brûlée dans trois lampes à la dose de 0,5 de magnésium par lampe. Chaque lampe est munie d'un réflecteur concave de 0,27 de diamètre: ce réflecteur peut aussi être formé d'une sorte de paravent à deux lames dont les faces sont recouvertes de calicot blanc d'un côté et de papier argenté de l'autre: on se sert de l'une ou l'autre de ces faces suivant l'effet que l'on veut obtenir. Deux des lampes sont suspendues à 2 mètres de hauteur et à 0 m. 50 ou 0 m. 60 derrière l'écran translucide; la troisième est placée à 0 m. 60 de hauteur. A droite et à gauche au-dessus de l'écran, on atténue au moyen de rideaux bleus toute la lumière produite par le magnésium; les ombres trop accentuées sont ainsi adoucies. Les trois lampes sont actionnées en même temps ; dans ce but on utilise des percuteurs qui fonctionnent à l'aide d'un ressort mis en mouvement par une poire en caoutchouc: cette poire peut actionner plusieurs percuteurs et en même temps l'obturateur de l'objectif.

Les fumées produites par la combustion du magnésium sont incommodes et dangereuses; on peut s'en débarrasser en brûlant les photo-poudres dans des chambres à combustion de différentes grandeurs.

Au lieu de magnésium on peut employer l'aluminium en poudre ; on se sert en général de 75 parties de perchlorate de potasse et 25 parties d'aluminium bien dégraissé; au lieu de perchlorate de potasse on peut employer le permanganate de potasse pulvérisé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le magnésium en poudre fine s'oxydant avec une grande facilité, on peut remplacer le métal par l'alliage formé de 100 parties d'aluminium et 15 à 20 parties de magnésium ; cet alliage se pulvérise plus facilement que le magnésium.

Les photo-poudres sont d'un maniement dangereux : si le vase qui contient ces mélanges est bouché à l'émeri, il suffira du frottement du bouchon sur une parcelle de la substance pour produire l'inflammation et par suite l'explosion du récipient. Il convient de conserver ces poudres dans de petits sacs en papier Bengale (papyroxyle) contenant des quantités variables, 1, 2, 4, 8 grammes de ce mélange. Ces cartouches peuvent alors être conservées dans un flacon à fermeture hermétique, ce qui est utile, car les photo-poudres absorbent très rapidement l'humidité de l'air.

On peut brûler la poudre de magnésium dans des lampes spéciales; mais la durée de la combustion de la poudre de magnésium seule est plus considérable que la durée de la combustion des photo-poudres : ces dernières sont surtout employées pour la production des portraits; on les utilise en les plaçant aussi près que possible du modèle.

Il faut absolument éviter que la lumière directe provenant de la poudre éclair, ou celle réfléchie par les objets brillants qui se trouvent dans l'atelier, aille frapper les lentilles de l'objectif sous peine d'obtenir des images voilées ; dans ce but il est bon que la lentille antérieure de l'objectif soit enveloppée d'une sorte de parasoleil de grandes dimensions, ne laissant arriver sur la plaque sensible que les rayons émis par le sujet à photographier.

Par l'emploi direct de la lumière de l'aluminium ou de celle du magnésium, il est difficile d'obtenir des por-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traits modelés : on doit utiliser une flamme étendue, tamisée par un écran ou renvoyée par des réflecteurs blancs ou métalliques : un des meilleurs réflecteurs est constitué par un écran de calicot blanc sur lequel on étend une sorte d'émulsion gélatineuse de carbonate de magnésie : la couleur blanche de cette substance réfléchit très bien la lumière.

L'emploi de l'éclair magnésique donne toujours naissance à de la fumée : la quantité de fumée augmente avec la proportion d'oxygène cédée par le corps oxydant : elle peut se réduire au minimum pour une proportion convenable d'oxygène ; au contraire, quand la proportion de ce comburant est trop considérable, il se produit des surpressions locales qui provoquent la projection des particules solides résiduelles. Le pourcentage de la fumée est la différence entre le poids initial de la charge et le poids du résidu solide après la combustion, divisé par le poids de la charge.

Pour effectuer la mise au point dans l'obscurité, quand on doit employer l'éclair magnésique, on dispose, à la place que doit occuper le sujet, un verre dépoli avec des lignes noires tracées à l'encre de Chine : derrière ce verre dépoli on installe soit une lampe, soit une bougie. Les lignes noires apparaissent sur le verre dépoli d'une manière bien plus distincte qu'avec une simple flamme.

75. Installation des laboratoires et ateliers. — Les opérations photographiques s'effectuent soit dans l'atelier, soit dans les laboratoires.

On réserve le nom d'atelier aux locaux dans lesquels s'effectue l'exposition à la lumière des substances qui produisent l'image : de là les expressions *d'atelier de pose* et d'*atelier de tirage*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les laboratoires se subdivisent eux-mêmes en *laboratoire obscur*, ou cabinet noir, dans lequel s'effectuent les opérations relatives à la formation du négatif, *laboratoire de tirage* servant pour l'impresssion des diapositives, des photogrammes, etc., *atelier de montage* dans lequel on termine l'épreuve.

Les dimensions de ces divers locaux varient avec l'importance de l'industrie que l'on exerce : voici les principales règles qui sont suivies dans presque toutes les installations.

76. Atelier de pose. — L'atelier de pose peut être établi pour faire du portrait ou pour faire des reproductions de cartes, plans, gravures, etc. Dans le premier cas l'atelier doit, dans son ensemble, rappeler l'atelier d'un peintre, à cette différence près qu'il vaut mieux éclairer l'atelier par deux grands châssis vitrés que par un seul qui donne souvent des ombres verticales trop dures. Un atelier de 10 mètres de long permet de suffire à tous les travaux du photographe professionnel : il convient de ne pas dépasser cette dimension, car dans les grands ateliers le maniement des rideaux est souvent compliqué. On dispose deux châssis vitrés (fig. 87), l'un d'eux vertical est établi à 70 centimètres du plancher et mesure 1 m. 30 de hauteur sur 4 mètres de longueur. Le vitrage incliné mesure 4 mètres de long et sa largeur est d'environ la moitié de celle de l'atelier ; à la partie supérieure du vitrage se trouve un parasoleil, sorte d'écran en lamelles de métal ou de bois imbriquées comme celles des jalousies ; ce dispositif protège l'atelier des rayons du soleil pendant l'été. Il est bon que la partie de la toiture qui est opaque soit séparée du plafond de l'atelier par un intervalle assez considérable, pour éviter les brusques variations de température. Le vitrage doit être exposé soit au nord,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit au nord-est : il convient que l'inclinaison de la pente supérieure du vitrage soit de 40°.

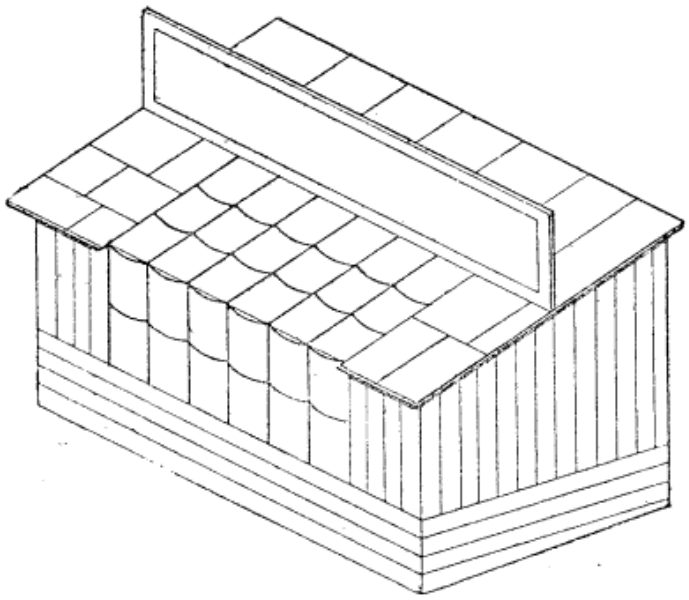


Fig. 87

L'aération de l'atelier s'effectue par des fenêtres placées dans la partie pleine : il faut, autant que possible, éviter d'établir des ouvertures à charnières dans la partie vitrée, pour empêcher les gouttières ; on peut cependant diviser la partie verticale du vitrage en quatre parties égales, les deux châssis du milieu pouvant glisser sur rails l'un à droite, l'autre à gauche. Le verre le plus convenable pour le vitrage est le verre strié de Saint-Gobain d'environ 5 millimètres d'épaisseur : il est suffisamment incolore, très résistant, et peut être obtenu en lames de grandes dimensions : on établira la serrurerie de l'atelier d'après les dimensions de ces dalles de verre. Les murs de l'atelier sont à l'intérieur peints à la colle : le gris mat, légèrement teinté de bleu verdâtre, est la couleur la plus convenable.

Dans la construction de l'atelier il convient de ménager dans les charpentes de bois et de fer des crochets des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tinés à supporter les échafaudages pour réfection de peinture, réparations, etc.

Si l'atelier est établi en vue de faire des reproductions de cartes, gravures, etc., on lui donne une forme un peu différente (fig. 88) permettant de travailler facilement

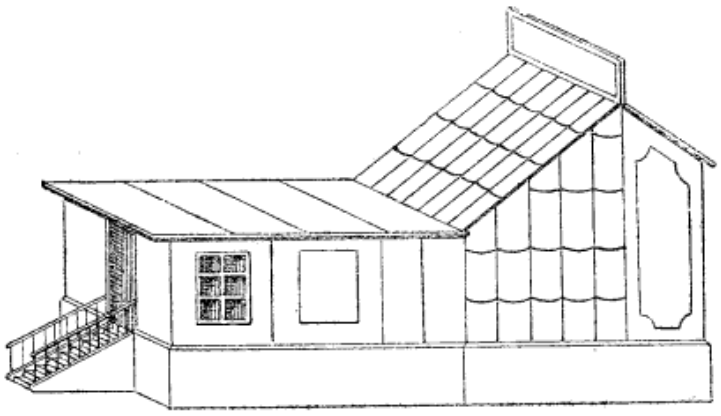


Fig. 88

avec l'éclairage de face et susceptible de recevoir la lumière de deux côtés; actuellement on préfère, pour ce genre de travaux, employer la lumière artificielle, l'atelier étant installé à un rez-de-chaussée, souvent même en sous-sol, condition particulièrement favorable à la stabilité des appareils, qui est indispensable pour obtenir une reproduction très nette.

Les fonds destinés à être reproduits en même temps que le modèle se placent de manière à faire valoir l'éclairage du sujet. Le plus souvent ces fonds, que l'on trouve tout faits dans le commerce, sont tendus sur des cadres de 2 m. 40 de hauteur sur 2 mètres de largeur; on en place deux dos à dos sur deux consoles à roulettes reliées à la traverse la plus basse. On se sert aussi de porte-fonds universels, disposés de telle façon qu'une toile peinte qu'on y a fixée, s'enroulant et se déroulant alternativement sur les deux rouleaux auxquels ses deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrémités sont clouées, présente les uns après les autres les fonds de décor de différents sujets. Un dispositif spécial qu'on fixe aux pieds du bâti peut recevoir une ou plusieurs toiles peintes additionnelles, qui, appropriées aux styles des fonds de la toile sans fin, les changent en fonds continus.

On obtient les effets d'éclairage par l'emploi de stores et d'écrans: il suffit de deux jeux de stores, les uns en étoffe noire, les autres en étoffe grise ou blanche; ces stores peuvent coulisser sur des fils de laiton; on les manœuvre à l'aide d'une palette garnie d'étoffe fixée à l'extrémité d'un support léger. Ces rideaux ou stores doivent être montés de façon à pouvoir se recouvrir l'un l'autre. Des écrans de dimensions variables et constitués par une mousseline, par une étoffe opaque, tendus sur des cercles de 0 m. 60 de diamètre, permettent de compléter l'effet produit par les rideaux. Les ombres trop foncées sont éclaircies à l'aide de réflecteurs constitués par des

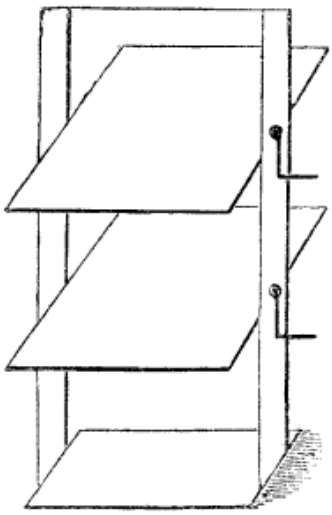


Fig. 29

cadres carrés de 0 m. 90 de côté: l'une des faces du réflecteur est peinte en blanc, l'autre est recouverte de feuilles d'étain, ce qui donne une très forte lumière (fig. 89).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour éviter que la lumière vienne frapper les parois de l'objectif, on place habituellement ce dernier au fond d'un tronc de pyramide quadrangulaire, qui se loge à l'intérieur de la chambre noire. Au lieu de ce dispositif on utilise souvent une sorte de dais (fig. 90) qui permet de projeter

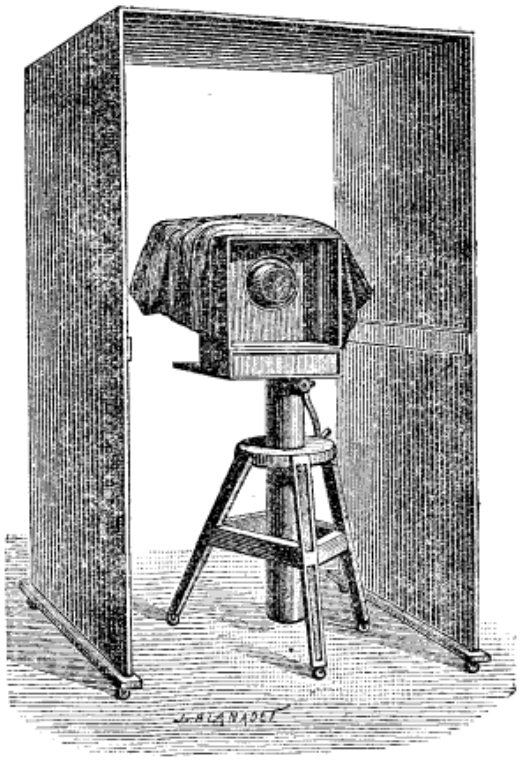


Fig. 90

l'ombre sur la chambre noire ; cet appareil mesure environ 1 m. 80 de hauteur sur 1 m. 80 de largeur.

Dans les ateliers de reproduction où l'on photographie des plans, cartes, gravures, etc., on éclaire en général le sujet de face; on évite le grain du papier en plaçant le sujet au fond d'un tronc de pyramide quadrangulaire dont les arêtes sont inclinées de 45 à 60° sur la base et dont les faces sont formées, soit de feuilles de papier végétal, soit d'un carton recouvert de papier d'étain. Les reproductions de tableaux présentent dans leur exécu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion certaines difficultés provenant de la surface brillante du vernis qui réfléchit la lumière: on évite cet inconvénient en enfermant le tableau dans un prisme droit à base hexagonale dont les faces sont en étoffe noire ; le tableau se place sur une face intérieure du prisme et on pratique dans la face opposée une ouverture destinée à laisser passer l'objectif; on relie cette ouverture à l'appareil à l'aide d'un voile noir. La surface des objets à reproduire est souvent le siège de réflexions des rayons lumineux d'un mauvais effet sur l'image; on évite ces réflexions à l'aide de certains artifices, par exemple on place l'objet dans un tronc de pyramide quadrangulaire dont les faces sont entièrement garnies de velours noir; si l'on veut photographier des vases de métal poli, on peut provoquer à leur surface un dépôt de rosée en mettant de la glace dans leur intérieur, etc.



Fig. 91

La mise au point de l'image s'effectue dans l'atelier; on examine l'image à l'aide d'une loupe spéciale réglée de façon qu'on voie très nettement un trait tracé sur la glace dépolie employée dans la chambre noire. Ce réglage doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être fait par chaque opérateur et vérifié à l'aide de traits au crayon tracés sur la glace dépolie ; ces traits doivent se présenter avec le maximum de netteté si le réglage de la loupe est bien fait ; l'opération est grandement facilitée si l'on se sert d'une *loupe apodistortrique* (fig. 91) c'est-à-dire dans laquelle la distorsion est supprimée.

77. Laboratoire obscur. — Ce laboratoire doit se trouver à proximité de l'atelier de pose : on le désigne aussi sous le nom de cabinet noir ; c'est dans ce local que l'on effectue la préparation des plaques, le chargement des châssis, le développement, etc. Il n'admet d'autre lumière qu'une lumière inactinique ; pour empêcher l'accès de la lumière du jour, il est bon que la porte d'entrée G de ce local (fig. 92) soit munie d'une sorte de

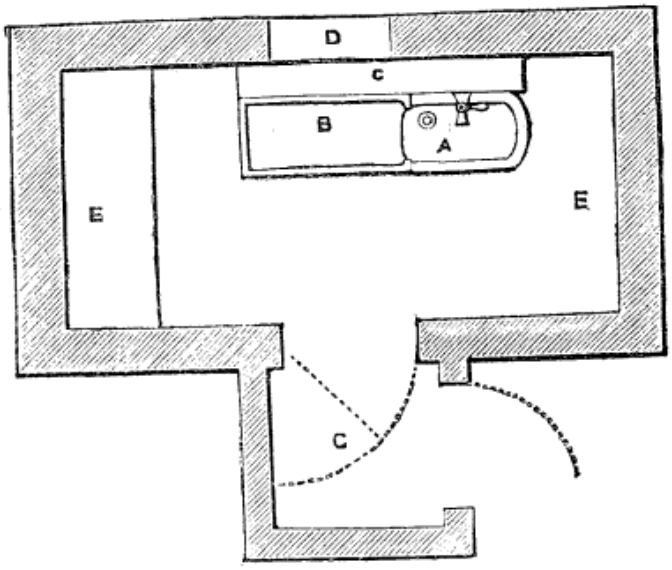


Fig. 92

tambour absolument fermé à la lumière ; l'éclairage, si l'on utilise la lumière du jour, s'obtient à l'aide d'une ouverture percée au nord, munie d'un verre jaune dépoli ; devant celui-ci glissent un verre vert et un verre rouge rubis chacun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contenu dans un châssis ; à proximité de cette source de lumière se place l'évier A à côté duquel se fait le développement en B ; la partie de droite est réservée pour la sensibilisation au bain d'argent ou le garnissage des châssis si l'on emploie des plaques préparées à l'avance ; la partie de gauche sert pour le fixage. Tout autour de la pièce règnent des tablettes à 0 m. 80 de hauteur ; ces tablettes doivent être larges ; elles servent aux diverses manipulations ; au-dessous, à 0 m. 40 du plancher, on dispose des étagères de 0 m. 40 de large ; enfin au-dessus des tables et à hauteur convenable se trouvent des planches de 0 m. 20 de large disposées pour recevoir les flacons, ustensiles de laboratoire, etc.

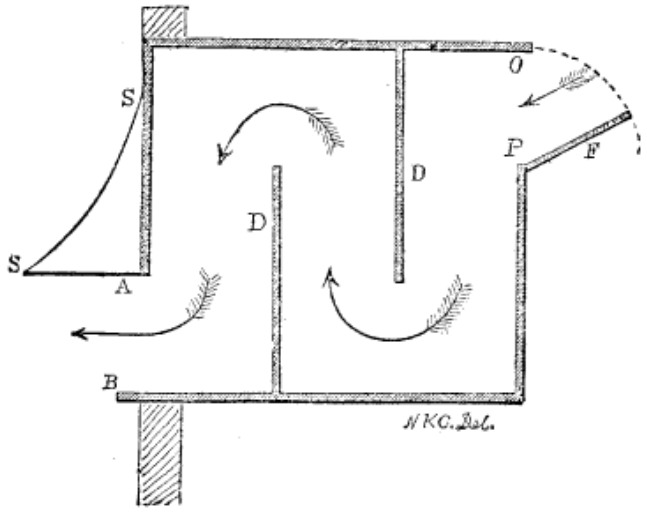


Fig. 93

Dans les établissements où l'on utilise le collodion humide, le laboratoire obscur se compose de trois pièces : 1° cabinet de sensibilisation ; 2° cabinet de développement ; 3° cabinet de fixage et de séchage. Toutes ces pièces doivent être fortement aérées, surtout si l'on utilise le cyanure de potassium comme fixateur. On réalise un très bon système d'aération ne donnant pas passage à la lu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mière à l'aide d'un dispositif en chicanes (fig. 93) dont le fonctionnement se comprend à la seule inspection de la figure. En ouvrant la porte F, mobile autour de la charnière P, et faisant fonctionner un ventilateur électrique placé en AB on renouvelle très rapidement l'air du laboratoire. On peut d'ailleurs disposer dans le laboratoire une cheminée d'appel.

78. Appareils et accessoires du laboratoire obscur. — Les cuvettes constituent un des accessoires les plus importants du laboratoire obscur. Ces cuvettes sont des vases plats, à large surface, qui servent à faire agir les dissolutions sur les plaques ou papier photographique; les meilleures sont en porcelaine ; on en fait aussi en faïence, mais elles ne tardent pas à s'altérer ; pour les dimensions moyennes on fait des cuvettes en bois à fond de verre avec recouvrement (fig. 94) ce qui

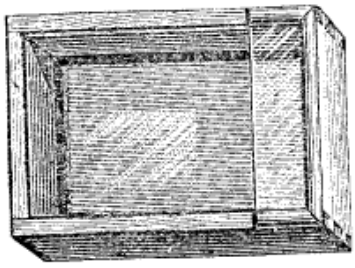


Fig. 94

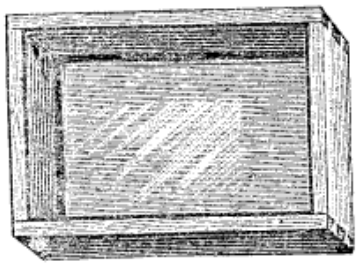


Fig. 95

permet de loger tout le liquide à une extrémité de la cuvette, ou sans recouvrement (fig. 95). Ces cuvettes, quand elles sont de dimensions un peu considérables, sont d'un maniement difficile; pour les opérations de l'agrandissement, pour celles des impressions au citrate de fer, on utilise des cuvettes suspendues sur un grand cadre et pouvant s'incliner autour d'un axe CC′ (fig. 96) ; elles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

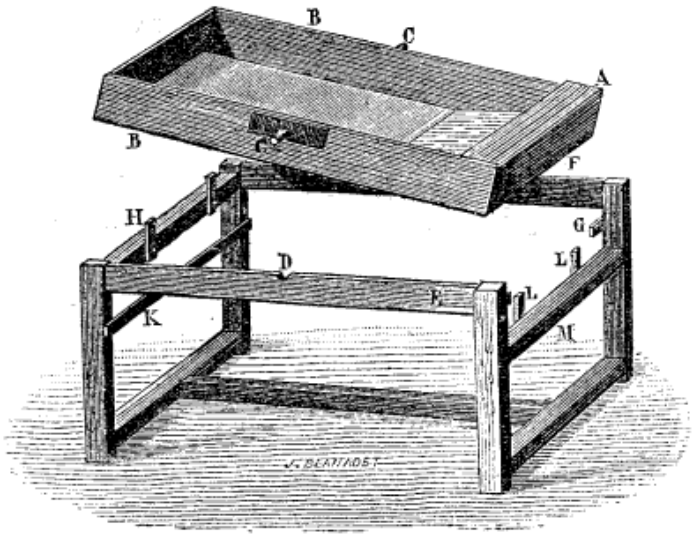


Fig. 96

sont susceptibles de recevoir ainsi un mouvement d'oscillation autour de cet axe pour agiter le liquide qu'elles contiennent. On arrive au même résultat, pour les cuvettes de petites dimensions, en se servant de balance-cuvettes

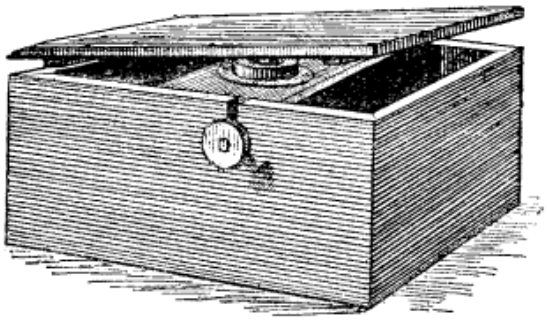


Fig. 97



Fig. 98

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 97) mus par un mouvement d'horlogerie, ou bien l'oscillation est produite à la main (fig. 98). Ces cuvettes sont dites *horizontales* ; on les fabrique aussi en verre, en carton durci, en zinc pour dépouillement à l'eau chaude (fig. 99),

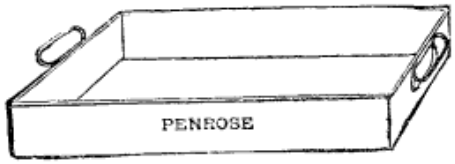


Fig. 99

en gutta-percha, en fer-blanc, en tôle émaillée, en celluloïd, nickel, aluminium, etc. Pour le développement lent, et surtout pour le fixage, on emploie des cuvettes verticales, sans rainures, ou avec un certain nombre de rainures permettant de développer ou de fixer à la fois plusieurs plaques (fig. 100). Si la cuvette verticale est destinée à la

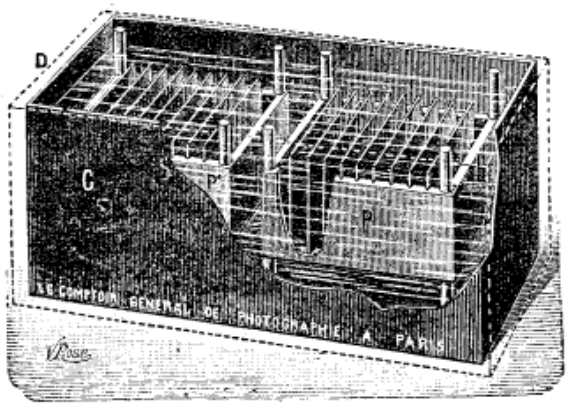


Fig. 100

sensibilisation par bain d'argent elle ne sert que pour une seule plaque à la fois que l'on plonge dans la solution argentique à l'aide d'un crochet (fig. 101).

Pour développer les pellicules, on peut se servir de cuvettes horizontales dans lesquelles on plonge la pellicule fixée à une plaque de verre de même dimension à l'aide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de petites pinces en celluloïd. Pour les pellicules en rouleaux, on se sert d'appareils tout spéciaux que nous décrirons en traitant des cinématographes.

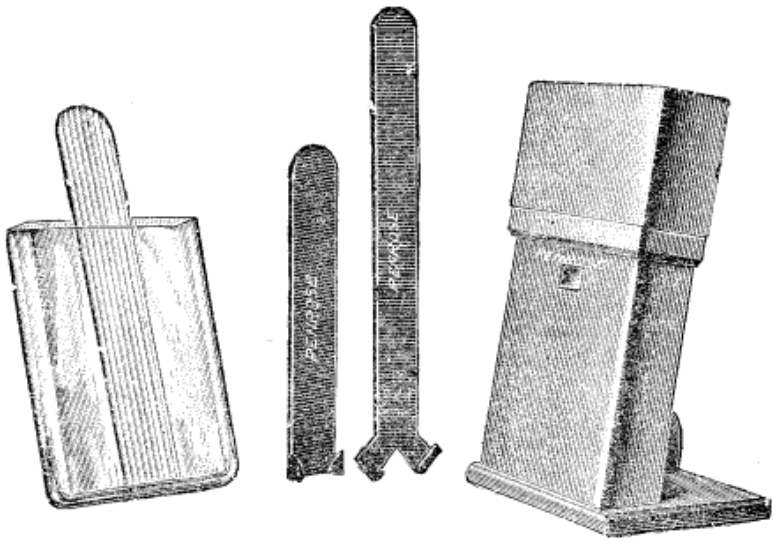


Fig. 101

Le lavage d'un grand nombre de plaques peut s'effectuer dans des cuvettes verticales à rainures; l'eau arrive

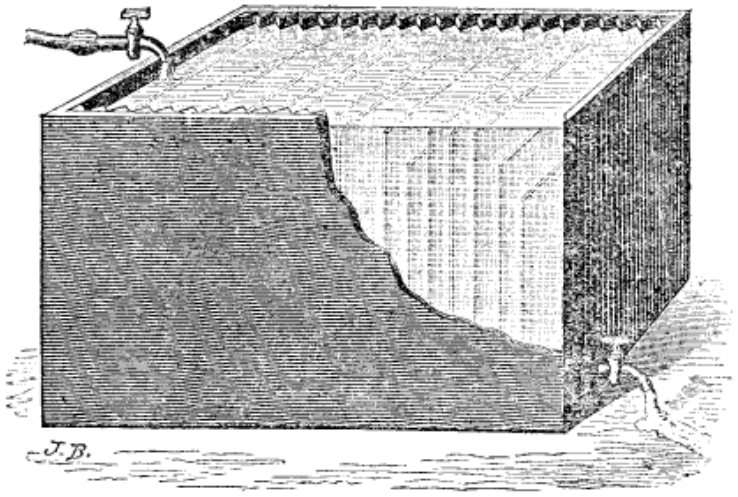


Fig. 102

par la partie supérieure et s'écoule par la partie inférieure (fig. 102) : ces mêmes cuvettes peuvent servir au lavage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des papiers et pellicules placés entre des châssis en toile métallique s'ouvrant en deux comme des livres. On peut placer plusieurs images les unes à côté des autres sur ces toiles; on referme les cadres et on les introduit dans une cuve verticale à rainure, comme s'il s'agissait de laver un négatif sur verre. On peut aussi suspendre les pellicules et papiers à des tringles convenablement disposées dans une cuvette verticale.

Le nettoyage des plaques ayant servi, l'ocrage de l'envers des plaques pour éviter le halo sont des manipulations que l'on effectue à l'aide de la planchette à polir, qui permet de maintenir entre deux rainures horizontales des plaques de formats très différents que l'on utilise dans les laboratoires.

Les plaques nettoyées sont conservées dans des boîtes à rainures qui permettent de les maintenir à l'abri de la poussière; ces boîtes servent aussi à préserver de l'action de la lumière les plaques préparées au collodion sec. Quand les plaques ont été lavées on les fait sécher sur des égouttoirs à rainures de verres ou de porcelaine (fig. 103).

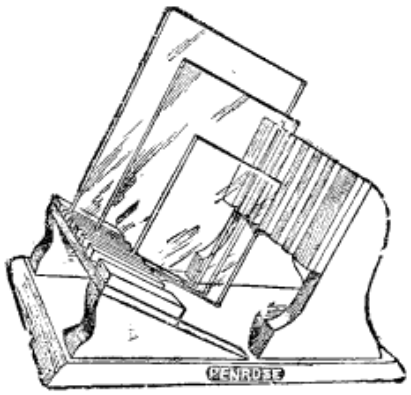


Fig. 103

On utilise dans le laboratoire obscur des mesures graduées servant au mesurage des liquides, des entonnoirs et supports d'entonnoirs, des filtres en papier, des flacons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouchés au liège ou à l'émeri. Les bouchons au liège doivent être choisis avec soin : si l'on veut conserver de l'ammoniaque ou de l'éther dans des flacons bouchés au liège, il convient de chauffer d'abord les bouchons et de les plonger ensuite dans une solution de 3 grammes de gélatine tendre dissoute dans 9 centimètres cubes d'eau à laquelle on a ajouté 2 grammes de glycérine.

Les produits chimiques sont pesés à l'aide de balances que l'on désigne dans le commerce sous le nom de balances de demi-précision ou balances saccharimétriques ; il suffit d'une balance Roberval ordinaire, pouvant porter 5 kilos dans chaque plateau, et d'une petite balance pouvant peser 50 grammes dans chaque plateau, sensible à 2 ou 3 milligrammes sous cette charge.

79. Laboratoire de tirage. — Dans les établissements où l'on pratique les procédés de tirage photo-mécanique, le local où s'impriment les photogrammes porte le nom d'atelier de tirage. Chez les photographes professionnels, le laboratoire de tirage est le local dans lequel se fait, sous l'influence de la lumière du jour ou de la lumière artificielle, l'impression des images positives d'après le négatif: en général le laboratoire de tirage est divisé en deux parties: dans l'une, qui peut être vitrée si le tirage se fait au jour, on expose à la lumière les châssis contenant les négatifs à imprimer ; dans l'autre, on fait subir aux papiers les opérations qui doivent compléter l'action de la lumière.

Les châssis-presse (fig. 104), que l'on désigne aussi sous le nom de châssis à imprimer, châssis positifs, sont destinés à mettre en contact parfait la surface sur laquelle doit agir la lumière avec la surface du négatif traversée par la lumière. Ces châssis sont construits de telle sorte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on puisse, si cela est nécessaire, examiner à un instant quelconque la moitié de l'épreuve, tandis que l'autre

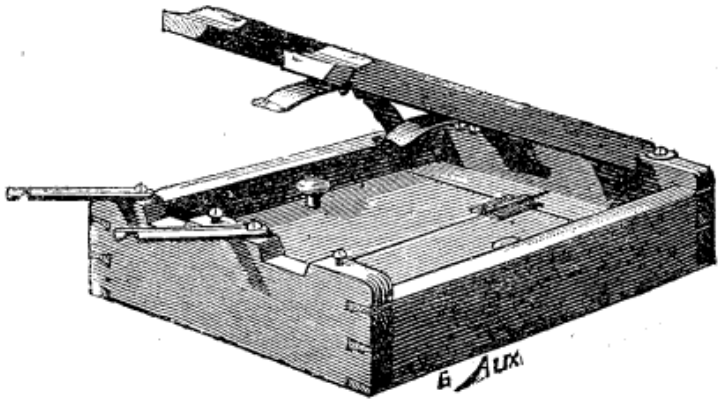


Fig. 104

demeure en contact avec le négatif sans se déplacer. Ils sont formés soit par un cadre de bois, soit par un cadre métallique dans lequel est enchâssée une glace destinée à supporter le négatif : une planchette maintient en place le négatif contre le papier. Dans certains châssis la planchette est composée de quatre parties (fig. 105),

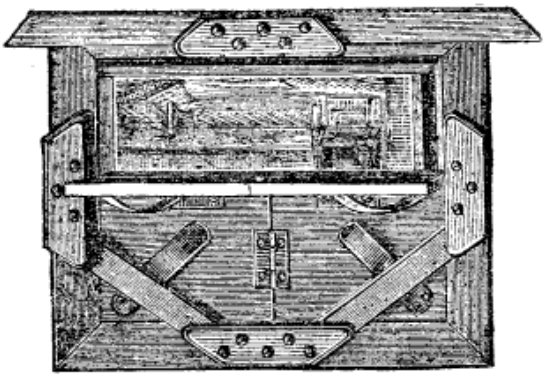


Fig. 105

articulées à charnières permettant d'examiner successivement toutes les parties de l'image qui s'imprime.

Les images à fond blanc dégradé s'obtiennent en plaçant au-dessus du châssis pendant le tirage un cache en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carton opaque, en gélatine teintée, etc., de dimension appropriée à celle du négatif ; ces dégradateurs se trouvent dans le commerce, mais on les prépare pour chaque négatif en découpant dans un carton opaque une silhouette de dimension un peu moindre que l'image à obtenir et formant sur les bords de cette silhouette une série de dentures permettant à la lumière de traverser le négatif tout en diminuant d'intensité. Ces cartons sont maintenus en place grâce à une glissière, qui se fixe au moyen de deux vis sur le bord du châssis, et dans laquelle coulisse une tige portant un ressort à son extrémité; on règle la position de la tige jusqu'à ce que le ressort vienne appuyer sur le bord du dégradateur, et on l'immobilise dans cette position au moyen d'une vis de pression disposée sur la glissière. Pour obtenir une teinte dégradée bien uniforme, on fait tourner le châssis dans un plan horizontal ; on se sert aussi d'un plateau tournant au moyen d'un mouvement d'horlogerie assez puissant.

On peut faire varier les ouvertures et la forme des dégradateurs en utilisant un appareil dont la construction est basée sur celle des diaphragmes à iris : il se compose d'un double cadre de bois s'ouvrant comme un livre ; dans l'un on place un verre dépoli ou un verre vert ; dans l'autre se trouve une ouverture sur le bord de laquelle se placent des dents mobiles, que l'on fait pivoter les unes sur les autres de façon à obtenir une ouverture ovale, ronde, en forme de poire, etc.

Les châssis spéciaux pour le tirage des épreuves en fond dégradé permettent une mise en place exacte du dégradé ; le châssis spécial diffère du châssis ordinaire en ce qu'il possède, au-dessus de la glace, deux feuillures : l'une destinée à recevoir un carton dans lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est une ouverture plus grande que la dimension du dégradé; l'autre, le dégradateur, fait en carton, de dimension extérieure plus petite que la mesure antérieure du châssis présente une ouverture dentée intérieure suivant la forme que doit avoir le dégradé : il se place sur le premier carton; un troisième carton, de même dimension que le premier et de même ouverture, maintient le dégradateur avec l'aide de ressorts assujettis dans la seconde feuillure du châssis-presse. Le négatif ayant été arrêté sur la glace forte au moyen de papier gommé, on dispose le dégradateur à sa place définitive pour tout le tirage à effectuer. La distance du dégradateur au négatif peut être modifiée de façon à obtenir des dégradés plus ou moins fondus; on peut placer une feuille de papier végétal sur le dégradateur de façon à adoucir la lumière, ce qui est utile lorsque l'on imprime des négatifs un peu faibles.

Pour le tirage des diapositives sur verre, on peut employer les châssis ordinaires ; mais afin de gagner du temps on se sert le plus souvent d'un châssis à six places, permettant d'obtenir soit sur papier par développement, soit sur verre, des images d'intensité convenable, et cela quelle que soit l'opacité du négatif. Dans la feuillure d'un châssis-presse ordinaire se trouve un cadre en métal mince présentant six ouvertures du format des négatifs : on place ceux-ci dans l'ordre voulu, puis on referme le châssis, après avoir mis le papier sensible en place. Devant la glace du châssis, se trouve une plaque métallique munie de six portes à ressort correspondant aux six ouvertures et portant chacune un numéro d'ordre; il suffit d'ouvrir successivement chaque porte devant un bec de gaz pour obtenir l'impression. On a eu soin de noter auparavant la densité relative de chaque négatif

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en regard du numéro du volet qui lui correspond, on laisse alors la porte ouverte pendant le temps nécessaire, et de cette façon, toutes les images peuvent être révélées en même temps.

Pour l'impression des épreuves stéréoscopiques sur verre on se sert de châssis rectangulaires ayant une fois et demie la longueur des deux négatifs qui sont sur la même glace. On imprime d'abord l'image de gauche du négatif en contact avec la partie droite de la plaque sensible ; faisant glisser alors le négatif vers l'extrémité droite du châssis, on imprime l'image droite du négatif en contact avec la partie gauche de la surface préparée.

80. Laboratoire de montage. — Dans le laboratoire de montage on découpe les épreuves terminées, on les colle sur carton et on leur donne une certaine planicité en les passant à la presse.

Le découpage des épreuves se fait en limitant d'abord leurs dimensions à l'aide de glaces ou calibres en verre: ces instruments portent un quadrillage qui permet une mise en place facile des images. Les épreuves sont placées sur une glace dure supportée par une tablette tournante, ce qui facilite le rognage que l'on fait soit à l'aide d'une pointe à découper, soit à l'aide d'une plume à vaccin, fixée dans un porte-plume spécial.

Si l'épreuve est destinée à être montée sur carton, on la fait tremper dans l'eau et on la colle sur le carton: on se sert soit d'une raclette en caoutchouc, soit d'un cylindre revêtu de caoutchouc pour faire adhérer l'épreuve au carton. Lorsque l'image est terminée on la retouche et on la fait passer sous la presse à satiner; les modèles de ces presses sont extrêmement nombreux ; les uns permettent de glacer à froid, l'image étant au contact d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque d'acier poli, d'une glace ou d'une pierre lithographique. On peut la satiner à chaud, auquel cas on la lamine entre un cylindre et une règle d'acier poli assez fortement chauffée.

Les images émaillées au collodion, celles à surface très brillante sont montées à l'aide d'un rouleau satineur à eau chaude. C'est un cylindre de métal, soigneusement poli, disposé sur une poignée articulée comme les rouleaux encreurs des anciennes presses d'imprimerie ; le cylindre est creux ; on le remplit d'eau chaude et on le referme au moyen d'un bouchon à vis. Pour monter les épreuves émaillées, on fixe une mince couche de caoutchouc dissous dans la benzine sur le dos de l'image : on applique une couche du même vernis sur le carton à l'endroit où doit être collée la photographie ; on met en contact les surfaces vernies et on fait passer le rouleau satineur sur l'image ; par ce procédé de montage, le brillant du papier n'est pas altéré.

BIBLIOGRAPHIE

ABNEY (W. DE W.). — Leçons d'optique à l'usage des photographes.

DALLMEYER (J. H.). — Du choix et de l'emploi des objectifs photographiques.

DAVANNE (A.). — La photographie. Traité théorique et pratique.

EDER (Dr. J. M.). — Ausfürliches Handbuch der photographie.

FABRE (C.). — Traité encyclopédique de photographie.

FÉRY ET BURAIS. — Traité de photographie industrielle.

HOUDAILLE. — Sur une méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques et des instruments d'optique.

LAINER (A.). — Lehrbuch der photographischen Chemie und Photochemie.

LONDE (A.). — La photographie instantanée.

MARTIN (AD.). — Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MIETHE (Dr.). — Optique photographique.
MOESSARD (P.) — Optique photographique.
— Etudes des lentilles et des objectifs photographiques.
ROHR (MORITZ V.). — Theorie und Geschichte des photographischen Objecktivs.
SORET (A.). — Optique photographique.
WALLON (E.). — Traité élémentaire de l'objectif photographique.
— Choix et usage des objectifs photographiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SECONDE PARTIE

PROCÉDÉS NÉGATIFS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER

EMPLOI DU GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT ; ÉMULSIONS

§ 1. — PRÉPARATION DE L'ÉMULSION

81. Emulsion. — La production des plaques sensibles destinées à la formation de l'image négative a acquis un très grand développement dans ces vingt dernières années : on peut dire que plus des quatre-vingt-dix-neuf centièmes des surfaces destinées à la formation de l'image sont constituées par du gélatino-bromure d'argent, étendu à l'état d'émulsion sur un support qui est le plus souvent le verre.

Si l'on verse une dissolution aqueuse de nitrate d'argent dans une dissolution aqueuse et tiède de gélatine additionnée d'un bromure alcalin, on constate qu'il se forme un précipité de bromure d'argent : grâce à la consistance épaisse du liquide, il est maintenu en suspension ; c'est ce mélange, d'un blanc laiteux, qui constitue l'émulsion au gélatino-bromure d'argent : ce mélange contient des azotates alcalins provenant de la double décomposition du bromure alcalin et nitrate d'argent, qui a formé du bromure d'argent *insoluble* maintenu en suspension dans le liquide et un nitrate *soluble* dans ce liquide. Par évaporation de ce mélange sur une plaque de verre, ce nitrate alcalin cristallise et produit des solutions de con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tinuité dans la couche de gélatino-bromure d'argent ; on est donc forcé d'éliminer par lavage ce nitrate alcalin, si l'émulsion a été préparée comme nous venons de l'indiquer. Le lavage pourrait être effectué avant le séchage complet de la couche de gélatino-bromure étendu sur le verre ; mais pour simplifier les opérations on fait les lavages sur l'émulsion que l'on a fait figer par refroidissement. Avant d'indiquer les moyens mis en œuvre pour réaliser une bonne fabrication industrielle, il convient d'étudier comment l'on obtient et comment on utilise les plaques au gélatino-bromure préparées dans le laboratoire des photographes.

82. Formation de l'émulsion. — Dans les laboratoires on opère sur de petites quantités de matières, de façon à préparer quelques douzaines de plaques de dimension courante et non pas des milliers de ces plaques comme on le fait dans l'industrie : le matériel employé est donc de dimension réduite, mais les principes suivis sont les mêmes dans les deux cas ; les formules seules présentent des modifications. L'émulsion peut être préparée en milieu neutre, alcalin ou acide.

L'émulsion en milieu neutre se prépare en faisant gonfler d'une part 40 grammes de belle gélatine *dure*, c'est-à-dire fondant à une température un peu élevée, dans un litre d'eau contenant en dissolution 60 grammes de bromure d'ammonium ; quand la gélatine est bien gonflée, on chauffe lentement pour amener la température à 40° centigrades au maximum. D'autre part on a préparé une solution de 90 grammes de nitrate d'argent dans 500 centimètres cubes d'eau ; on mélange les deux liquides, leur température étant exactement de 40° centigrades ; l'opération se fait dans l'obscurité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le récipient dans lequel on effectue le mélange est un flacon d'environ deux litres de capacité, bouché à l'émeri ; on agite fortement, sans se préoccuper des bulles d'air qui peuvent se former et qui disparaissent pendant le chauffage ultérieur ; si, après avoir agité pendant quelques minutes, on verse quelques gouttes de cette émulsion sur une plaque de verre et qu'on l'abandonne au refroidissement, on peut constater que la flamme d'une bougie, examinée au travers d'une mince couche de cette émulsion, paraît colorée en rouge rubis. En cet état l'émulsion fournit des images très limpides mais dans lesquelles les contrastes sont très marqués : les images ont de la tendance à la *dureté*, mais en revanche elles possèdent une très grande finesse et les couches sensibles obtenues par l'étendage d'une telle émulsion sont particulièrement favorables à la production d'images au trait ; ces plaques exigent une durée un peu longue d'exposition à la lumière, durée voisine de celle exigée par les plaques préparées par le procédé du collodion humide. Cette même émulsion, abandonnée à elle-même pendant un certain temps, ou maintenue à une température voisine de 100° centigrades, présente des propriétés toutes différentes : une couche mince de cette émulsion étendue sur verre et interposée entre l'œil et la flamme d'une bougie montre cette flamme colorée en bleu verdâtre ou en violet grisâtre. Les plaques préparées avec cette émulsion donnent des images riches en demi-teintes et qui s'obtiennent rapidement ; mais si l'on a porté l'émulsion à une température trop élevée, ou si on l'a chauffée pendant trop longtemps, les images obtenues sont voilées et le grain de la couche est grossier. On a donné le nom de *maturation* de l'émulsion à cette opération ; la durée pendant laquelle on fait *mûrir* le bromure

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'argent est variable ; elle dépend de la quantité et de la qualité de gélatine, de la nature du milieu (neutre, acide, alcalin), de la quantité d'émulsion préparée. L'expérience a montré que la maturation s'effectue rapidement à température élevée, avec une gélatine tendre employée en petite quantité dans un milieu neutre ou légèrement alcalin et si la masse d'émulsion employée n'est pas trop considérable. Avec les proportions que nous avons indiquées, il suffira de maintenir l'émulsion pendant 30 à 35 minutes à la température de 100° pour obtenir le maximum de sensibilité. On effectue la maturation en chauffant lentement le flacon dans un bain-marie dont on élève progressivement la température ; on peut aussi employer dans ce but des autoclaves servant à stériliser les solutions utilisées dans les laboratoires de micrographie ; l'appareil doit être bien réglé, afin d'éviter le surchauffage qui produit des images voilées. Cet insuccès est évité en additionnant l'émulsion de quelques centimètres cubes de solution saturée de bichromate de potasse; cette addition se fait lorsque la température de la masse est tombée à 40° centigrades ; l'émulsion est alors préparée en milieu acide ; elle serait en milieu alcalin si, au lieu de bichromate de potasse on ajoutait de l'ammoniaque après ou avant la maturation.

Quelle que soit la nature de l'émulsion, on l'additionne de 50 grammes de gélatine préalablement gonflée dans l'eau froide et légèrement essorée ; on n'ajoute pas du premier coup toute la quantité de gélatine, car pendant la maturation la gélatine s'altère, ce qui compromet la solidité des couches préparées avec un tel produit ; on laisse fondre cette gélatine et lorsque la température est tombée au voisinage de 30° centigrades, on verse le tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans une cuvette de porcelaine permettant à la gélatine de se prendre en gelée.

Lorsque ce résultat est atteint, on divise la masse en menus fragments que l'on recueille avec une spatule d'argent ; on place le tout dans un nouet fait avec du canevas à broder, préalablement lavé. En tordant ce nouet sous l'eau, on obtient des fragments vermiculés suffisamment fins pour que le lavage puisse être effectué rapidement ; on peut recueillir ces fragments sur un tamis de crin, ne renfermant aucune particule métallique : on lave alors l'émulsion en plaçant ce tamis à la partie supérieure d'un récipient plein d'eau : ou bien on place les fragments de gélatino-bromure dans un nouet d'étoffe que l'on dispose à la partie supérieure d'un vase plein d'eau. Le lavage se fait ainsi très rapidement (fig. 106).

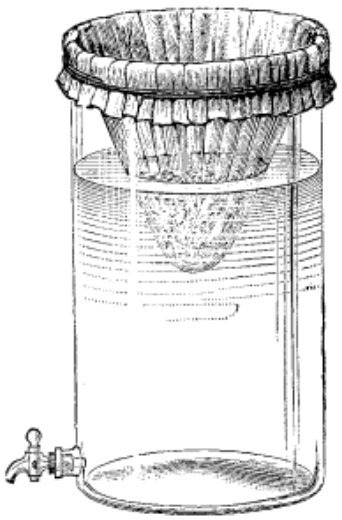


Fig. 106

L'émulsion est suffisamment lavée lorsque l'eau distillée employée à ce lavage ne donne plus de précipité par l'azotate d'argent. La quantité de gélatine qu'elle contient n'est pas suffisante pour la proportion du bro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mure d'argent ; on fait égoutter le gélatino-bromure et on l'additionne de 30 grammes de gélatine préalablement gonflée dans l'eau ; on fait refondre au bain-marie à une température qui n'excède pas 40° centigrades et l'on filtre l'émulsion obtenue.

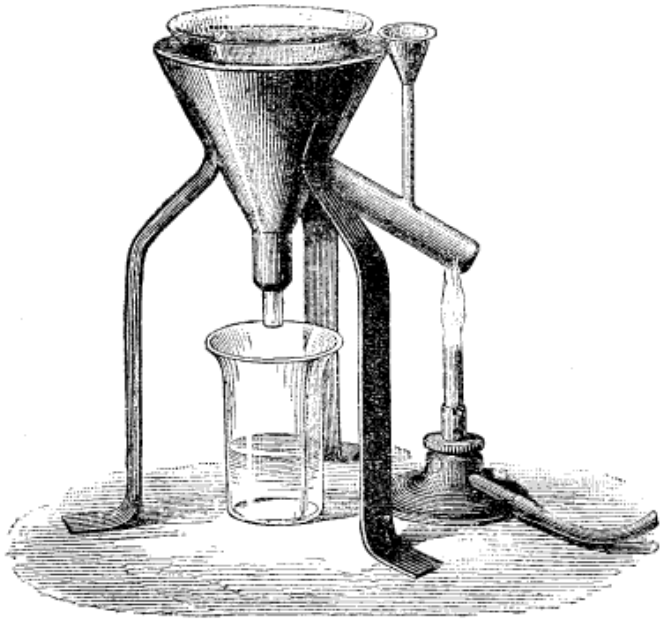


Fig. 107

La filtration se fait à l'aide d'un entonnoir à filtration chaude (fig. 107) ; il faut éviter que les rayons lumineux provenant de la source de chaleur agissent sur l'émul-

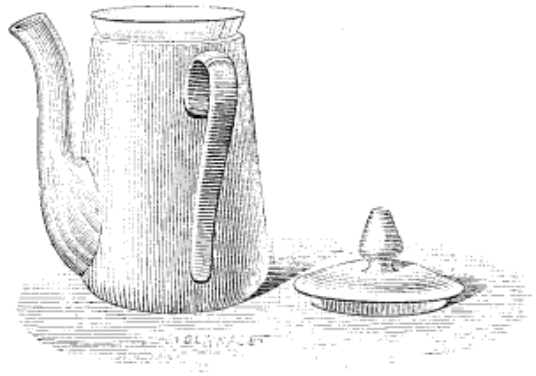


Fig. 108

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion : celle-ci est recueillie dans une verseuse ; le bec de l'entonnoir plonge au fond du récipient (fig. 108), de façon à éviter les bulles d'air ; la filtration s'effectue fort bien en utilisant comme substance filtrante le coton hydrophile. On peut aussi filtrer sous pression au travers d'une peau de chamois (fig. 109) ; enfin on peut employer

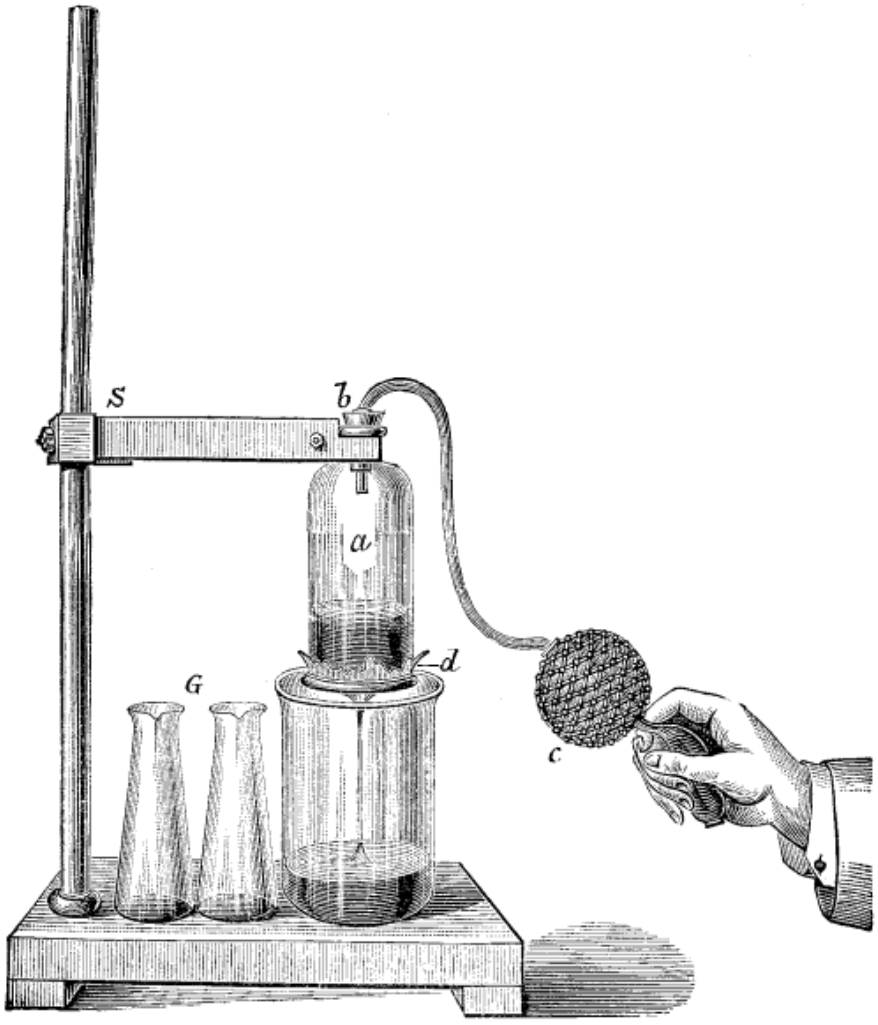


Fig. 109

un papier à filtrer spécial pour liquides visqueux que l'on trouve depuis peu de temps dans le commerce. L'émulsion est alors prête à être étendue sur les verres nettoyés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu de rendre l'émulsion alcaline après maturation, on peut la préparer en se servant d'une solution ammoniacale d'oxyde d'argent. Dans un litre d'eau on fait gonfler 120 grammes de gélatine et on fait dissoudre au bain-marie ; quand la dissolution est complète, on ajoute 80 grammes de bromure d'ammonium et 12 centimètres cubes d'une solution aqueuse de 10 grammes d'iodure de potassium dans 100 centimètres cubes d'eau ; on mélange le tout et l'on porte à la température de 40° centigrades. On ajoute à cette solution une liqueur préparée avec 300 centimètres cubes d'eau, 120 grammes de nitrate d'argent et une quantité d'ammoniaque suffisante pour redissoudre le précipité qui se forme au début : cette solution doit à peine être chauffée par addition d'eau tiède (40° centigrades) pour compléter le volume d'un litre. On verse la solution d'oxyde d'argent ammoniacal dans la solution de gélatine; on opère peu à peu en agitant vivement après chaque addition de la solution argentique ; on laisse l'émulsion mûrir pendant environ une heure à la température de 40° centigrades ; on examine de temps en temps l'émulsion étendue en couche mince sur une lame de verre et on arrête la maturation lorsque la flamme d'une bougie examinée à travers une couche mince d'émulsion paraît gris bleu. On ajoute alors à l'émulsion 60 grammes de gélatine dure préalablement gonflée dans l'eau et dissoute dans le moins d'eau possible. On verse dans une cuvette, pour que l'émulsion fasse prise ; on la divise, on la lave et on la fait redissoudre ; on l'additionne de 20 centimètres cubes d'une solution d'alun de chrome à 2 pour 100 et l'on filtre. Cette solution d'alun a pour but de durcir la gélatine que le traitement à l'ammoniaque a plus ou moins altérée. C'est dans ce but et aussi pour éviter que l'émulsion lavée ne contienne un trop grand

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

excès d'eau que l'on n'ajoute la gélatine dure qu'à la fin des opérations.

83. Etendage de la couche. — Cette opération est souvent désignée sous le nom de *couchage* de l'émulsion; elle s'effectue en effet comme s'il s'agissait de préparer du *papier couché*. Les plaques de verre sur lesquelles on doit étendre l'émulsion sont préalablement lavées après décapage dans une solution de 60 grammes de bichromate de potasse, 60 centimètres cubes d'acide sulfurique et un litre d'eau; les plaques bien lavées sont abandonnées à la dessiccation sur un égouttoir à rainures de verre; on les frotte ensuite avec un tampon de linge imbibé d'une solution contenant 2 à 5 pour 100 de silicate de potasse, ou 1 pour 100 de fluorure de sodium, ou enfin une petite quantité d'infusion de pariétaire; on termine par un polissage au chiffon sec. Elles peuvent alors recevoir l'émulsion.

L'emploi de ces diverses substances a pour but de faciliter l'étendage de la gélatine et de plus, d'empêcher les soulèvements de la couche de gélatino-bromure pendant les manipulations ultérieures. Au moment d'étendre la couche de gélatine, on passe sur la surface qui a été polie un blaireau pour enlever les poussières et on peut alors étendre l'émulsion après avoir placé la plaque au-dessus d'une boîte en zinc remplie d'eau chaude pour empêcher la gélatine de se figer trop rapidement.

Pour obtenir une couche parfaitement uniforme, on passe à la surface de la glace recouverte d'émulsion une baguette de verre portant à ses extrémités deux petits bouts de corde enroulés (fig. 110) qui ont pour objet de maintenir cette baguette à distance constante de la surface de la plaque : on obtient ainsi une couche uniforme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La quantité d'émulsion nécessaire pour couvrir une plaque du format 13 × 18 est d'environ 10 centimètres cubes ; les couches trop épaisses présentent une tendance à se soulever pendant le développement et sont fort longues à sécher ; si pour diminuer le prix de la préparation et obtenir un séchage rapide on emploie une faible quantité d'émulsion, les négatifs obtenus manquent de vigueur et nécessitent presque toujours un renforcement ; l'expérience a montré qu'on ne peut guère s'écarter des quantités que nous venons d'indiquer.

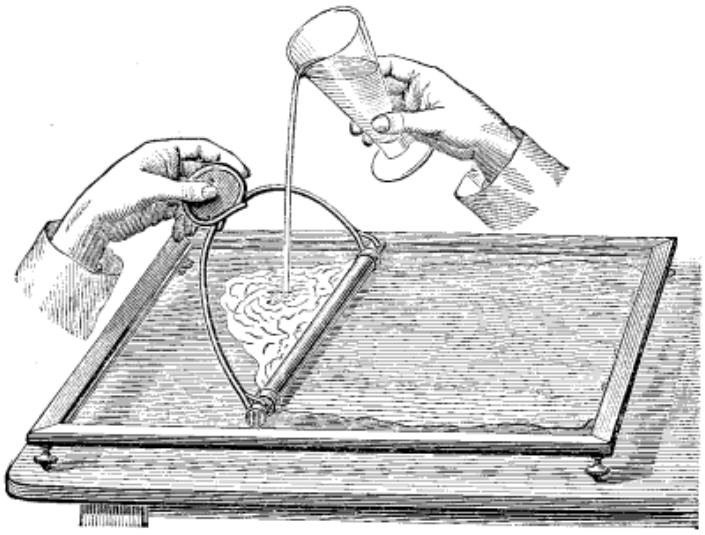


Fig. 110

Lorsque l'étendage est terminé, on place la plaque sur un marbre bien de niveau et froid pour que la gélatine fasse prise ; ce résultat est atteint en quelques minutes et en général n'excède pas le temps nécessaire à la préparation de trois ou quatre plaques de format moyen ; aussitôt que la gélatine a fait prise, il convient de la porter au séchoir à air froid.

Ces manipulations, de même que le séchage, doivent être effectuées rapidement ; en effet l'air contient un très

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand nombre de micro-organismes pour lesquels la surface humide du gélatino-bromure constitue un assez bon milieu de culture : par conséquent ces micro-organismes pourront se multiplier à la surface de la couche sensible et former des taches rondes, plus mates que la surface environnante quand on l'examine par réflexion ; il est assez difficile de remédier, par la retouche, à cet insuccès. On devra donc opérer rapidement et en se mettant autant que possible à l'abri des poussières qui existent un peu partout.

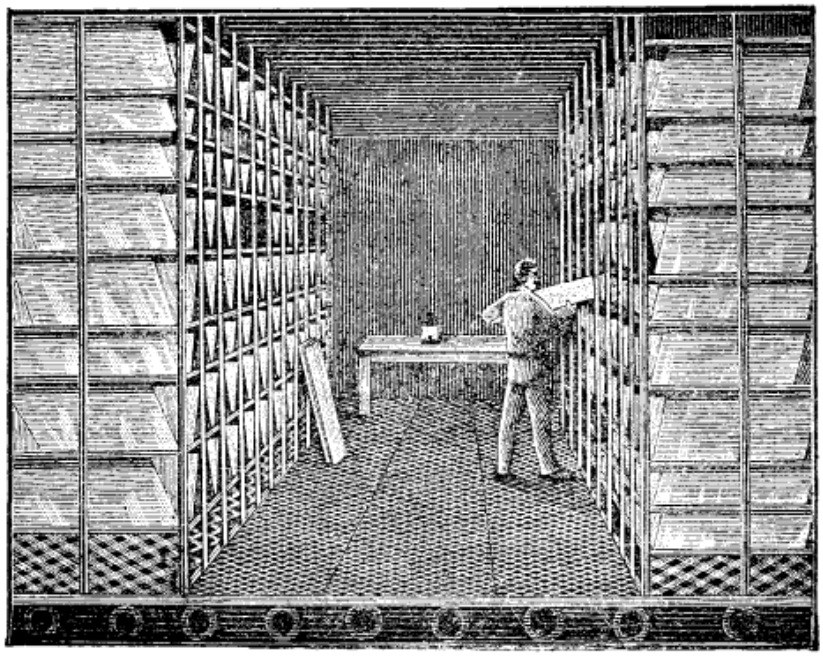


Fig. 111

Le séchage s'effectuera convenablement en employant un courant d'air *froid* que l'on fera circuler dans le séchoir ; ce séchoir peut d'ailleurs être établi avec des étagères (fig. 111) sur lesquelles sont disposées verticalement les plaques préparées : un tuyau extérieur communique avec une cheminée à tirage régulier : on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'ailleurs provoquer ce tirage dans l'appareil par l'emploi d'un courant d'air forcé. On peut aussi établir plus simplement un séchoir constitué par une grande caisse percée de deux ouvertures, l'une pour l'arrivée de l'air filtré, l'autre pour la sortie de l'air humide ; les plaques sont disposées sur un égouttoir à rainures ou à baguettes de verre : ce dispositif permet de sécher les plaques la couche de gélatine étant en dessous, ce qui est avantageux au point de vue de la pureté de la couche.

On emploie l'air froid parce qu'il contient moins de vapeur d'eau que l'air chaud : il est donc plus *sec* que ce dernier ; on fait arriver l'air chargé d'humidité dans une cheminée parce que l'air humide est *plus léger* que l'air sec (comme se composant de deux parties : air sec, plus vapeur d'eau laquelle est plus légère que l'air sec). Ce sont là des propriétés qu'on ne doit pas perdre de vue dans l'établissement d'un séchoir.

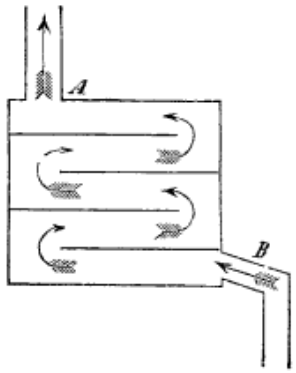


Fig. 112

On peut filtrer l'air en lui faisant traverser plusieurs couches de ouate ou de mousseline : mais ce procédé présente l'inconvénient de ralentir considérablement le tirage : il vaut mieux faire traverser au courant d'air une série d'étagères disposées en chicanes (fig. 112) ; sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque étagère se trouve une plaque de feutre imbibé de glycérine. Ces plaques de feutre sont contenues dans des cuvettes en zinc à bord peu élevé ; la source de chaleur qui provoque l'appel d'air doit être placée à l'extérieur du tuyau de tirage de façon à éliminer l'humidité provenant des produits de la combustion.

On comprend donc la nécessité de cette ventilation qui constitue l'un des facteurs importants dans la fabrication des plaques au gélatino-bromure.

Au sortir du séchoir les plaques peuvent être empaquetées : elles se conservent mieux gélatine contre gélatine que dans des boîtes à rainures où elles sont plus ou moins sujettes à l'action des gaz et des vapeurs qui existent dans l'atmosphère.

On a constaté que la plupart des plaques gagnent en sensibilité après quelques semaines de conservation ; cette sensibilité peut alors se maintenir pendant plusieurs mois. Il faut éviter pour l'emballage des plaques le papier contenant de l'hyposulfite de soude (presque tous en contiennent) ou du pyrolignite de fer : cette substance qui sert à noircir l'intérieur des châssis et certains papiers, provoque la formation d'un voile s'étendant parfois sur toute la plaque, et apparaissant au développement.

84. Sensibilité des plaques au gélatino-bromure. — Dans l'industrie on mesure en général la sensibilité des plaques au gélatino-bromure à l'aide du sensitomètre de Warnerke. Cet instrument est basé sur l'intensité de l'impression produite par la phosphorescence d'une plaque au sulfure de baryum excitée par un poids déterminé et toujours le même de magnésium brûlant à une distance déterminée ; on opère de la façon suivante. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prend une plaque couverte de substances phosphorescentes et on la soumet à la lumière que donne la combustion d'un fragment de ruban de magnésium ; cette plaque prend son maximum de phosphorescence, et l'on s'en sert comme source de lumière pour influencer, pendant un temps fixe de trente secondes, une surface sensible à travers un milieu partagé par cases d'opacité croissante : cette échelle comporte vingt-cinq cases ; les plaques de sensibilité moyenne accusent 21° ; les plus sensibles donnaient autrefois 25° (fig. 113) et certaines

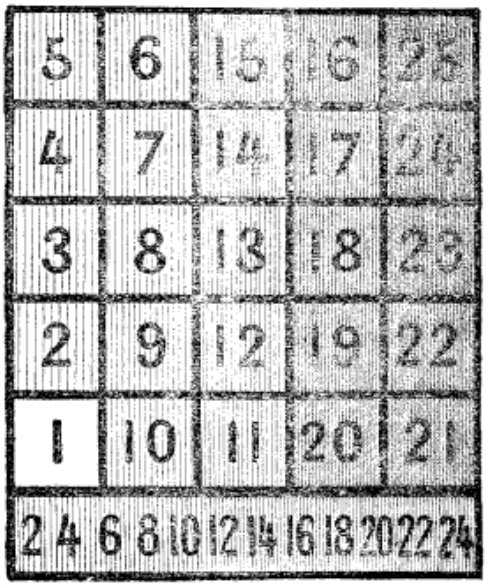


Fig. 113

accusent, avec plus ou moins de netteté, une sensibilité supérieure à ce degré.

Actuellement les plaques de bonne fabrication marquent au moins 25°.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — EXPOSITION ET DÉVELOPPEMENT

85. Emploi des plaques au gélatino-bromure. — Les plaques au gélatino-bromure d'argent sont exposées à la chambre noire dans les châssis négatifs dont on a soigneusement époussetés les rainures : les poussières se fixent très solidement à la surface de la gélatine; or, pendant que l'on relève le volet ou le rideau du châssis, on peut soulever des débris de bois, d'étoffe, etc., qui vont se fixer sur la plaque et qui font obstacle à l'admission de la lumière, d'où production de taches transparentes ; ces taches sont aussi produites par des fragments de verre, des poussières de gélatino-bromure d'argent produits pendant le découpage de grandes plaques et qui sont énergiquement retenus par la gélatine. C'est surtout en employant les chambres à magasin que l'on constate après le développement de la plaque l'existence de taches en forme de trous d'aiguille, et désignés sous le nom de piqûres ; on retrouve ces taches sur les plaques les mieux époussetées : le changement de plaques fait voler la poussière renfermée dans le magasin et la fait tomber sur la plaque. Dans les appareils construits en bois, on peut fixer cette poussière en utilisant le produit connu sous le nom de *Dustless* : c'est un liquide que l'on utilise en Amérique au balayage des parquets. Pour l'emploi en photographie, il suffit de brosser soigneusement l'intérieur de l'appareil photographique et, après avoir agité le flacon, on fait tomber quelques gouttes de liquide sur un chiffon de laine, on enduit soigneusement les parois de la chambre et, au moyen d'un petit bâton, on fait pénétrer cette huile dans tous les coins : le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liquide huileux attire la poussière et la fixe aux parois de l'appareil. L'action de ce produit est efficace pendant une quinzaine de jours ; après ce temps, on brosse l'intérieur de l'appareil avec une brosse dure, on recueille les petites boulettes qui se sont formées par l'agglomération de la poussière, et il suffit alors d'étendre une nouvelle couche de Dustless.

Il est indispensable de brosser les plaques avec un petit coussin de velours avant de les mettre dans le châssis ; pour plus de sûreté, on recommence cette opération avant de plonger la plaque dans le bain de développement ; on évite ainsi d'une manière à peu près complète les taches dites *trous d'aiguille* qui ne constituent pas un défaut de fabrication : les bulles d'air qui existent dans l'émulsion au moment du couchage de la plaque produisent des taches circulaires qui sont visibles avant la mise au châssis.

Le développement peut être fait à l'aide d'un assez grand nombre de substances : celles qui sont le plus employées dans l'industrie sont : l'oxalate ferreux, l'acide pyrogallique, le diamidophénol ou amidol.

86. Développement à l'oxalate ferreux. — Le bain d'oxalate ferreux se prépare en mélangeant une dissolution de sulfate ferreux à une dissolution saturée d'oxalate neutre de potassium. On dissout 300 grammes d'oxalate neutre de potassium dans une quantité d'eau chaude suffisante pour faire un litre. D'autre part, on dissout 5 grammes d'acide tartrique dans 800 cent. cubes d'eau, on ajoute 300 grammes de sulfate ferreux et on amène le tout au volume d'un litre ; enfin, on prépare une dissolution de 100 grammes de bromure de potassium dans un litre d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour développer, on mesure trois volumes de la dissolution d'oxalate de potassium dans lesquels on verse un volume de la dissolution de sulfate ferreux ; à 100 centimètres cubes de ce mélange, on ajoute deux gouttes de solution de bromure de potassium et l'on plonge dans ce bain la plaque bien époussetée : l'image apparaît rapidement si le temps de pose a été convenable ; le révélateur ainsi composé est utilisé par les professionnels qui connaissent l'éclairage du modèle et l'objectif employé. Le bain normal d'oxalate ferreux permet le développement des instantanés les plus rapides ; mais lorsque l'on n'a pas de donnée précise sur le négatif à développer, il convient d'opérer de la manière suivante :

On prépare un premier bain de développement avec 75 centimètres cubes de solution d'oxalate de potassium, 10 centimètres cubes de dissolution de sulfate ferreux et une goutte de solution de bromure de potassium. La plaque plongée dans ce bain ne montrera tout d'abord que les grandes lumières si le temps de pose a été convenable : dans ce cas, on développera la plaque dans le bain normal. Si l'image apparaît au contraire très rapidement dans tout son ensemble, c'est que le temps de pose a été fortement dépassé et l'on plongera immédiatement la plaque dans le bain préparé pour les images à excès de pose et contenant 75 centimètres cubes de solution d'oxalate neutre de potassium, 12 centimètres cubes de solution d'oxalate ferreux et un centimètre cube de solution de bromure de potassium à 10 0/0. Si le temps de pose a été fortement dépassé, on emploiera jusqu'à 3 centimètres cubes de la solution de bromure de potassium.

Enfin, il peut arriver que l'on ait à développer une plaque pour laquelle le temps d'exposition à la lumière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a été par trop insuffisant. Dans ce cas, si l'image n'apparaît pas rapidement dans le bain normal, on retire la plaque du bain et on ajoute à celui-ci quelques gouttes de la solution suivante : eau, 1 litre ; hyposulfite de soude, 1 gramme ; bromure de potassium, 5 grammes ; la dose maxima à employer est de 10 gouttes par 100 centimètres cubes de bain révélateur.

Dans la préparation de ces divers bains, il est indispensable de verser la solution de sulfate ferreux dans la solution d'oxalate de potassium et de ne pas faire l'inverse : le bain doit rester absolument limpide ; s'il devient trouble, il faut le rejeter et en préparer un nouveau.

L'addition d'acide tartrique permet de conserver la solution de sulfate ferreux pendant fort longtemps, pourvu que le flacon qui contient ce liquide soit constamment exposé à la lumière.

L'effet du bromure de potassium est d'empêcher la production d'un voile général sur l'image : le bromure de fer qui se forme dans le bain paraît détruire en partie l'action exercée par la lumière : c'est pourquoi il convient de ne pas commencer le développement avec un vieux bain chargé de bromure qui, en cas de surexposition, empêcherait la formation d'images voilées.

Lorsque l'on ne connaît pas la durée du temps de pose de la plaque à développer, il convient d'avoir sur la table de développement trois cuvettes contenant chacune un bain différent ; on commence par essayer l'action du bain qui contient peu de fer et peu de bromure, pour retirer au besoin la plaque de ce bain et l'immerger dans celui qui est indiqué par l'allure du développement. Si l'insuffisance de pose nécessite l'addition de quelques gouttes d'accélérateur à l'hyposulfite, le bain doit être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rejeté après emploi. On peut conserver, pour développer une ou deux plaques, 100 centimètres cubes de bain qui ont servi à développer une demi-plaque ; mais l'on ne doit pas oublier qu'à mesure que le bain sert au développement, il se charge de bromure ferreux qui est un puissant retardateur ; en utilisant un bain vieux, on s'expose donc à obtenir des images dites *heurtées*.

87. Développement à l'acide pyrogallique. — Le révélateur à l'acide pyrogallique est celui qui est le plus employé par les professionnels qui font des travaux hors de l'atelier : bon nombre d'opérateurs préférent son emploi à celui de l'oxalate ferreux, parce qu'il donne des négatifs très transparents, conservant fort bien les demi-teintes de l'image.

Le développement à l'acide pyrogallique peut s'effectuer en utilisant l'acide pyrogallique solide ou une solution de ce composé ; si l'on a un certain nombre de négatifs à développer, on donnera la préférence à l'emploi d'une dissolution bien dosée ; on ne doit pas oublier que les dissolutions d'acide pyrogallique dans l'eau additionnée de sulfite de soude se décomposent assez vite sous l'influence de l'acide carbonique et de l'oxygène de l'air, à tel point qu'une telle solution conservée pendant un certain temps, ou même fraîchement préparée avec un sulfite contenant des traces de carbonate, peut à elle seule développer l'image.

Le révélateur à l'acide pyrogallique est d'un emploi très avantageux, car il donne des images à grain très fin et se prête fort bien au développement des images présentant un écart considérable dans la durée du temps de pose.

Pour développer à l'aide de solutions préparées à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avance, on fait dissoudre 100 grammes de carbonate de potasse et 100 grammes de sulfite de soude cristallisé, non efflorescent, dans l'eau, de façon à obtenir un litre de liquide ; d'autre part, on prépare une solution de 10 grammes d'acide pyrogallique et 20 grammes de sulfite d'ammoniaque dans un litre d'eau. Pour développer, on immerge la plaque dans une quantité suffisante de la première dissolution pour que toute la surface du gélatino-bromure soit complètement recouverte ; lorsque la couche est suffisamment ramollie par l'action de ce liquide, on ajoute, par 100 centimètres cubes de bain, deux à trois gouttes de solution pyrogallique ; on verse ensuite peu à peu la solution pyrogallique jusqu'à ce que l'image soit complète ; dans certains cas, on arrive jusqu'à 10 centimètres cubes de solution pyrogallique : l'image est très modelée dans tous ses détails, sans empâtement si le temps de pose a été normal ou si les écarts dans la durée du temps de pose ne dépassent pas, en plus ou en moins, 25 0/0 de cette durée. Si le temps de pose est nettement insuffisant, il convient, dès le début, d'employer 3 à 4 centimètres cubes de solution pyrogallique ; mais, dans aucun de ces cas, si l'on se sert de plaques bien préparées, on ne doit utiliser de bromure de potassium. C'est seulement lorsque l'excès de pose se manifeste par l'apparition rapide de l'image dans tous ses détails qu'il convient d'employer le bromure de potassium ; dans ce cas, avant qu'un voile général ait envahi l'image, on ajoute, par 100 centimètres cubes de bain, 15 à 20 gouttes de solution de bromure de potassium ; on peut alors ajouter peu à peu et successivement la solution pyrogallique et celle de bromure si, après addition de l'acide pyrogallique, l'image présente une tendance au voile : il convient d'opérer, dans ce cas, avec une certaine lenteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on veut développer avec l'acide pyrogallique à l'état solide, on prépare un bain alcalin de 100 grammes de carbonate de potasse, 150 grammes de sulfite de soude cristallisé pour un litre d'eau ; on ajoute alors l'acide pyrogallique dans la cuvette après que la plaque a été plongée pendant une ou deux minutes dans le bain alcalin ; au besoin on ajoute la solution de bromure de potassium et l'acide pyrogallique solide peu à peu si la durée du temps de pose a été dépassée ; en général il convient de ne pas utiliser plus de 1 gramme d'acide pyrogallique pour 100 centimètres cubes de solution de carbonate de potasse ; on commencera le développement en ajoutant à la cuvette environ 1 décigramme d'acide pyrogallique ; pendant qu'on fait cette addition au bain, on retire la glace de la cuvette et on agite celle-ci de façon à faire dissoudre rapidement l'acide pyrogallique ; c'est dans la solution rendue homogène par l'agitation que l'on doit plonger la plaque.

88. Développement lent à l'acide pyrogallique. — On peut développer très lentement par l'emploi de l'acide pyrogallique : il suffit que la dissolution soit très diluée. On produit des images dont les détails sont complètement accusés mais qui manquent quelquefois d'intensité, qualité que l'on obtient en employant les formules ordinaires. Si l'on désire que l'opération du développement dure plusieurs heures, on opère en cuvette verticale et en utilisant un bain contenant par litre d'eau 15 grammes de sulfite de soude, 5 grammes de carbonate de soude et 1 gramme d'acide pyrogallique : au besoin, on diluera ce bain avec un égal volume d'eau. La durée du développement est de plusieurs heures, mais l'image ne présente pas de traces de voile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération s'effectue dans des cuvettes à rainures verticales, permettant de placer un assez grand nombre de plaques ; lorsque l'image est complètement développée, c'est-à-dire quand tous les détails ont apparu, on lave et on donne l'intensité à l'aide d'un bain contenant 40 grammes de sulfite de soude cristallisé, 40 grammes de carbonate de soude et 10 grammes d'acide pyrogallique par litre d'eau.

89. Développement à l'amidol. — L'emploi de ce développateur permet d'obtenir des images très détaillées avec une durée d'exposition très courte ; le révélateur doit être préparé au moment de l'employer. On fait une dissolution contenant 100 grammes de sulfite de soude anhydre ou 200 grammes de sulfite cristallisé par litre d'eau ; d'autre part, on a pesé le diamidophénol ou mesuré approximativement le volume de cette substance correspondant à 0 gr. 5. A 100 c. c. d'eau distillée on ajoute 10 c. c. de la solution de sulfite de soude ; on fait baigner la plaque dans ce bain ; on la retire et on ajoute au liquide 0 gr. 5 à 0 gr. 7 environ de diamidophénol. On agite la cuvette pour dissoudre la substance, et quand ce résultat est obtenu, on plonge la plaque dans le bain : les grandes lumières se dessinent seules si le temps de pose n'a pas été dépassé ; on ajoute alors de la solution de sulfite de soude par quantités de 5 à 10 c. c. jusqu'à ce que le bain contienne en totalité 50 c. c. de solution de sulfite. Le plus souvent il suffit d'une quantité moindre de sulfite de soude ; en particulier si la durée de la pose a été dépassée, l'image se développera rapidement avec les 10 c. c. de solution de sulfite et dans certains cas, il conviendra d'ajouter au bain 3 à 4 c. c. de solution de bromure de potassium à 10 pour 100 : il convient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'user largement de cette dissolution, car l'action retardatrice du bromure de potassium se fait sentir plus lentement avec l'amidol qu'avec les autres révélateurs.

On a reproché au révélateur à l'amidol de donner des négatifs manquant de vigueur : cet insuccès peut tenir soit à l'emploi d'une trop grande quantité de sulfite de soude, soit à un très grand excès de pose ; par une addition ménagée de sulfite de soude, il est facile d'obtenir des noirs intenses en usant de l'amidol.

90. Influence de la température. — L'importance de la température de la plaque et des bains pendant le développement est considérable : telle plaque qui, développée à la température de 10° centigrades, paraît sous-exposée paraîtra au contraire surexposée si le développement se fait à la température de 25 à 28° centigrades : cet effet est surtout sensible avec le révélateur au fer et avec celui à l'acide pyrogallique.

La durée d'apparition de l'image pour une même pose est inversement proportionnelle à la température du bain exprimée en degrés centigrades ; la durée d'apparition de l'image pour la plupart des plaques est proportionnelle à la quatrième puissance du temps de pose.

91. Fixage des plaques. — Après le développement, la plaque doit être soigneusement lavée pour enlever l'excès de bain fixateur qui continuerait son action. Si l'on a employé le révélateur à l'oxalate de fer, il est bon de plonger la plaque dans une dissolution contenant 2 grammes d'acide chlorhydrique par litre d'eau ; on élimine ainsi les dernières traces d'oxalate de fer et de potasse qui, en présence d'eau calcaire employée au lavage, produiraient un précipité blanchâtre ; la plaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien lavée est immergée dans un bain contenant 250 grammes d'hyposulfite de soude, 50 grammes de bisulfite de soude liquide et un litre d'eau. La plaque est immergée dans ce bain jusqu'à ce que le bromure d'argent non décomposé soit complètement dissous ; on lave ensuite pour éliminer l'excès d'hyposulfite de soude.

92. Lavages. — Les lavages doivent être faits dans une eau courante ou du moins on doit fréquemment remplacer l'eau dans laquelle se fait le lavage ; on utilisait autrefois un bain d'alun pour durcir la gélatine ; on a renoncé à l'emploi de cette substance, car elle empêche l'élimination rapide de l'hyposulfite de soude. Les plaques peuvent être complètement lavées après le fixage en un temps relativement court et avec peu d'eau dans une cuvette. On commence par rincer la plaque au sortir du bain de fixage, puis on la place dans une cuvette contenant environ 100 c. c. d'eau pour une plaque du format 13 × 18. On balance la cuvette, on renouvelle l'eau après cinq minutes et on recommence cinq fois cette opération ; la durée du lavage dépasse à peine une demi-heure ; elle doit être prolongée pendant plus d'une heure dans les cuves de lavage à eau courante. Si l'on se sert de plaques à couches très épaisses ou de plaques à plusieurs couches contre le halo, le lavage doit être plus prolongé.

93. Renforcement. — L'image obtenue ne possède pas toujours l'opacité suffisante pour fournir une bonne photocopie ; dans ce cas on procède au renforcement. Deux procédés sont généralement usités : l'un est basé sur l'emploi des sels de mercure, l'autre sur l'emploi des sels de cuivre. Dans le premier procédé on utilise l'action de l'iodure de mercure dissous dans le sulfite de soude. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait dissoudre 10 grammes d'iodure mercurique dans une solution de 100 grammes de sulfite de soude anhydre dans un litre d'eau ; on filtre cette dissolution et l'on y plonge le négatif fixé et bien lavé ; on suit les progrès de l'opération et on arrête l'action du bain de mercure au point convenable : la teinte de l'image est d'un bleu foncé. Pour éviter complètement l'altération du négatif renforcé et sommairement lavé, on le plonge dans un bain de développement à l'acide pyrogallique : tout l'iodure d'argent est transformé en argent métallique et il ne reste plus d'iode dans l'image.

L'image trop renforcée avec la solution d'iodure mercurique dans le sulfite de soude peut être affaiblie avant le traitement par le développateur final. Il suffit de la plonger dans une solution d'hyposulfite de soude à 20 pour 100 d'eau ; en prolongeant ce traitement pendant un temps assez long l'image revient à son intensité primitive, la couleur seule est changée. Si l'image trop renforcée a été traitée par le développateur final, on pourra diminuer son intensité en la traitant par un affaiblisseur.

Le renforçateur au bromure de cuivre se prépare en faisant dissoudre 30 grammes de bromure de potassium et 30 grammes de sulfate de cuivre dans un litre d'eau ; la plaque bien lavée est immergée dans cette solution jusqu'à ce que la couche ait complètement blanchi. Si la plaque est surexposée ou voilée, on la lave pendant longtemps pour éliminer le sel de cuivre ; s'il s'agit d'une plaque dans laquelle on cherche à augmenter la visibilité des détails, plutôt que l'intensité, le lavage doit être fait très sommairement avant l'immersion dans un bain d'argent contenant 30 grammes de nitrate d'argent pour un litre d'eau. La couche noircit dans ce bain ; on termine par un lavage à l'eau pour enlever l'excès de nitrate d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

94. Affaiblisseurs. — Un négatif trop développé, de même qu'un négatif dans lequel les noirs sont trop opaques par rapport aux demi-teintes, doit être diminué d'intensité. Dans le premier cas, s'il s'agit d'affaiblir indistinctement toute la surface de l'image, on utilise un mélange de deux solutions, la première contenant 20 grammes de ferricyanure de potassium pour un litre d'eau, la seconde renfermant 20 grammes d'hyposulfite de soude pour un litre. Le négatif bien lavé est plongé dans une cuvette contenant un mélange de ces deux liquides fait par parties égales : une partie de l'argent réduit se transforme en ferricyanure d'argent qui se dissout au fur et à mesure de sa formation dans l'hyposulfite de soude. On arrête l'action de ce bain par le lavage à l'eau.

S'il s'agit de diminuer seulement l'intensité des noirs tout en conservant la même valeur aux demi-teintes, l'emploi du permanganate de potassium est à recommander ; on fait dissoudre 1 gramme de permanganate de potassium dans deux litres d'eau et après dissolution on ajoute à ce liquide deux centimètres cubes d'acide sulfurique commercial. Le négatif est immergé dans cette solution fraîchement préparée : la diminution d'intensité est exactement proportionnelle à la quantité d'argent métallique réduit formant l'image primitive au point considéré. Si la couche de gélatine se colore pendant l'opération, il suffit, après lavage, de plonger la plaque dans une solution d'acide oxalique de 0 gr. 5 à 1 gr. pour cent ; lorsque la coloration a disparu, on lave complètement la plaque.

Cet affaiblissement des grands noirs peut être facilement réalisé par l'emploi du sulfate cérique. On fait une dissolution de 10 grammes de sulfate de cérium dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

100 centimètres cubes d'eau additionnée de 4 centimètres cubes d'acide sulfurique. Cette dissolution est trop concentrée pour l'emploi immédiat : il convient de la diluer avec une quantité d'eau variable avec l'effet à obtenir ; si l'on désire un affaiblisseur très rapide, agissant plus vite sur les parties les plus opaques du négatif que sur celles qui sont le plus transparentes, on utilise la solution de sulfate de cérium à 5 pour cent. Pour ralentir la pénétration du dissolvant dans l'épaisseur de la gélatine, on immerge la plaque tout à fait sèche dans l'affaiblisseur ; on lave avec soin pour arrêter l'action du bain.

Si les négatifs dont on veut affaiblir les noirs sont légèrement voilés, il convient de faire précéder l'action du permanganate ou du sulfate cérique par celle du bain de ferricyanure de potassium qui agit sur toute l'image ; on lave rapidement aussitôt que le voile a disparu : au besoin on fait sécher et l'on fait agir l'affaiblisseur.

95. Vernissage. — La couche de gélatine dans laquelle est formée l'image est susceptible de se gonfler sous l'influence de l'humidité, de se couvrir de taches sous l'action de l'eau, etc. Il convient donc de protéger la gélatine par une couche de vernis ou, à défaut, par une couche de collodion normal.

Le vernis que l'on emploie est le vernis à la gomme laque. Il se prépare en faisant macérer 80 grammes de gomme laque blonde dans un litre d'alcool à 90° ; on laisse macérer pendant un mois sans chauffer et en agitant fréquemment ; on filtre le liquide obtenu et on l'étend sur la surface de la gélatine préalablement chauffée sur une plaque de fonte à la température de 50°.

Si l'on veut enlever le vernis existant à la surface du négatif, on l'immerge dans un mélange de 50 centimètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cubes d'ammoniaque et d'une quantité d'alcool à 90° suffisante pour faire un litre. Après un quart d'heure d'immersion on frotte, sous ce liquide, la surface vernie avec un tampon de coton ; quand le vernis a disparu on rince avec de l'alcool, on lave sous un robinet d'eau et on fait sécher.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

FABRICATION DES PLAQUES AU GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT

§ 1. — INSTALLATION DE L'USINE

96. Considérations générales. — Nous avons indiqué les principes sur lesquels est basée la fabrication des plaques au gélatino-bromure d'argent, principes qui sont suivis dans toute fabrication industrielle ; hâtons-nous d'ajouter que dans les nombreuses usines établies pour la production de ces plaques, les formules les plus diverses sont employées pour la préparation de l'émulsion ; presque toujours, à ces différences correspondent des différences soit dans la sensibilité des plaques, soit dans la finesse du grain, soit encore dans la pureté de la couche lors du développement ; nous avons suffisamment indiqué les raisons qui font varier ces divers facteurs pour que, la cause étant connue, il soit possible de résoudre immédiatement les divers problèmes qui peuvent se présenter en cours de fabrication.

Dans toute production industrielle, le chef de maison doit avant tout se préoccuper du prix de revient du produit manufacturé : matières premières, main-d'œuvre, frais généraux, *imprévu* (qui dans une fabrication bien conduite doit être évalué au moins à 5 pour cent du prix de revient). Une des considérations permettant de prévoir *a priori* si cette industrie pourra prospérer, c'est l'examen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du prix des matières premières : elles se présentent ici sous forme de produits chimiques pour l'émulsion, de verre sur lequel sera étendue cette émulsion et enfin, d'*énergie* se traduisant dans ce cas par dégagement de chaleur nécessaire à la production des divers phénomènes chimiques ou physiques que l'on peut constater pendant la préparation.

Ces considérations n'avaient pas une grande importance au début de la fabrication de ces plaques : les prix de vente étaient élevés, l'intermédiaire entre le producteur et le consommateur percevait une commission assez forte qui lui permettait de s'occuper activement de la vente des plaques et de pousser à la consommation de cet article. Il n'en est plus de même aujourd'hui : le prix des matières premières et de la main-d'œuvre étant le même qu'il y a vingt ans, nous constatons que, par suite de la concurrence, le prix de vente des plaques a baissé d'environ 30 pour cent de ce qu'il était à cette époque ; ceci nous amène à étudier quelles sont les conditions favorables à l'établissement d'une fabrique de plaques au gélatino-bromure d'argent.

Le bas prix des transports étant une condition nécessaire au développement de l'industrie, nous pouvons dire que dans la proximité d'une fabrique de verre, et par suite d'une houillère, se trouvent les premières conditions nécessaires à la prospérité de cette industrie. Le verre sur lequel est étendue l'émulsion est une matière lourde, fragile, nécessitant un emballage assez coûteux : on réduira ces divers frais en s'installant dans le voisinage d'une verrerie.

La houille nous apparaît comme matière première indispensable ; elle actionne les diverses machines de l'usine : par sa transformation en électricité elle fournit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'éclairage ; la vapeur produite par sa combustion sert à chauffer les divers produits chimiques mis en jeu ; elle sert aussi à actionner les machines à glace chargées de produire l'air sec et froid des séchoirs ; sa consommation est relativement considérable et toute économie réalisée sur son transport se répercutera sur l'établissement du prix de revient.

Les autres matières premières, gélatine, bromure, nitrate d'argent, étant employées en quantité relativement minime par rapport au poids des plaques, n'ont pas une importance aussi grande ; la part du transport dans le prix de ces composés est faible : il n'y a donc pas lieu de s'occuper de la proximité de leurs producteurs ; ce qui est beaucoup plus important c'est la pureté des matières premières employées : indiquons rapidement les qualités qu'elles doivent présenter.

97. Verre. — Le verre est demandé aux fabriques de verres à vitres : dans ces usines les verres de premier choix étaient autrefois réservés aux encadreurs ; ce sont ces sortes de verres qui conviennent plus particulièrement aux fabriques de plaques au gélatino-bromure ; comme la production de ces sortes est limitée dans toute usine, le verrier tend toujours à livrer des qualités inférieures à celles qui sont demandées et le fabricant, sous peine d'arrêter partiellement la fabrication, se voit souvent dans la nécessité d'utiliser ces verres défectueux.

Le verre doit être plan, exempt de bulles et d'égale épaisseur d'une extrémité à l'autre de la feuille, de telle sorte qu'une plaque préparée puisse toujours être logée dans son châssis. On divise les verres en *extra-minces*, *minces* et ordinaires. Le Congrès international de photographie de 1901 a décidé que le terme *extra-mince* devra

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'appliquer aux plaques dont le verre a une épaisseur maxima de 1 millimètre, et le terme *mince* aux plaques dont l'épaisseur est comprise entre 1 mm. et 1 mm. 3.

Le défaut de planéité est important car dans l'étendage du gélatino-bromure il conduit à produire des couches d'épaisseur non uniforme ; les bulles, points, piqûres diverses, etc., provoquent des taches visibles sur les épreuves positives, taches qui sont souvent assez fortes pour faire rebuter certaines préparations.

98. Gélatine. — Les gélatines employées sont de plusieurs sortes : on commence la préparation de l'émulsion avec des gélatines très tendres si la maturation se fait à basse température, au contraire avec des gélatines dures si l'on fait mûrir à haute température. Les gélatines anglaises sont très appréciées pour le travail à basse température, tandis que les colles super-extra de Lyon sont préférées pour terminer l'émulsion : on les mélange souvent avec les gélatines suisses ou allemandes qui jouissent d'une grande réputation.

Toutes ces gélatines doivent être exemptes de matières grasses, de sels solubles, d'acides, etc. ; examinées en feuilles de faible épaisseur, elles doivent être incolores ou à peine ambrées ; leur odeur doit être franche et ne pas rappeler l'odeur de colle moisie : une telle odeur est en effet l'indice d'un commencement de décomposition qui est quelquefois suffisant pour provoquer le décollement de la couche de gélatino-bromure.

99. Bromures. — Les bromures les plus employés pour la fabrication du gélatino-bromure sont le bromure d'ammonium et le bromure de potassium. Le bromure d'ammonium est en général préparé en décomposant le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bromure de fer par le carbonate d'ammoniaque ; le produit cristallisé, obtenu par évaporation de la liqueur filtrée, doit être exempt de fer ; ce composé se trouve actuellement à un état de pureté suffisant pour les besoins de la photographie.

Le bromure de potassium est moins employé que celui d'ammonium bien que son prix soit légèrement inférieur au prix de ce dernier ; on utilise le bromure de potassium purifié, en cristaux de petites dimensions ; le bromure de potassium ordinaire en cristaux volumineux est généralement souillé par du carbonate de potasse, ce qui, dans le cas de trop grande insuffisance de bromure par rapport au nitrate d'argent, peut être une cause de voile. On a constaté que l'émulsion préparée à l'aide de bromure d'ammonium murissait plus facilement que l'émulsion préparée par le bromure de potassium.

100. Nitrate d'argent. — Le nitrate d'argent que l'on utilise est le nitrate cristallisé que le commerce des produits chimiques livre à un état de pureté très suffisant ; on évitera l'emploi de nitrate d'argent acide qui fournit des émulsions dont la maturation est longue et qui donne souvent des images dures ; si l'on est obligé de travailler avec un tel nitrate, on neutralisera sa dissolution dans l'eau par l'addition d'une quantité suffisante d'ammoniaque, jusqu'à production d'un léger précipité ne disparaissant pas par l'agitation du liquide.

101. Ammoniaque. — On utilise l'ammoniaque pure, connue dans le commerce sous le nom d'ammoniaque pure à 22° : il est utile qu'elle soit exempte de bases pyridiques qui provoquent souvent la production d'émulsions donnant du voile, malgré l'abréviation de la matu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration. Cet insuccès a fait abandonner l'emploi de l'ammoniaque par bon nombre d'usines.

102. Bichromate de potasse. — Le bichromate de potasse cristallisé tel qu'on le trouve dans le commerce est à un état de pureté suffisant pour la fabrication des émulsions ; cependant peu de fabriques utilisent ce sel, car il a été reconnu que toute émulsion mélangée de bichromate de potasse ne peut donner de glaces extra-rapides, même après des lavages très prolongés ; en revanche, l'addition de cette substance permet d'obtenir des images très brillantes.

103. Rapidité des plaques. — La rapidité des glaces n'est pas seulement utile pour la photographie instantanée ; dans la pratique, il vaut toujours mieux utiliser les plaques extra-rapides, à l'exclusion des plaques lentes : les premières à égalité de lumière et de distance rendent mieux les ombres du sujet. Les plaques lentes doivent être surexposées pour donner les ombres, et dans ce cas, les lumières sont grises ; le négatif est terne. Indépendamment de la mesure faite au sensitomètre Warnerke il est possible de déterminer entre plusieurs plaques quelles sont les plus sensibles : il suffit, non de faire des épreuves instantanées, mais de comparer les plaques en se servant de l'objectif muni de son plus petit diaphragme et photographiant un sujet peu éclairé, exigeant un temps de pose d'au moins une minute. On développe toutes les plaques dans un bain d'oxalate de fer ; le développement doit être prolongé pendant longtemps, on lave, on fixe et l'on peut alors examiner quelle est la plaque qui donne la meilleure image.

On doit donc, dans une bonne fabrication, produire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des plaques aussi sensibles que possible ; mais on ne doit pas oublier que, plus les plaques sont sensibles, plus elles se détériorent par défaut d'emballage. Tout corps, papier ou autre, qui est en contact avec la couche sensible, finit par y imprimer sa trace et dès lors, la plaque est perdue : elle noircit sous l'influence du révélateur sans avoir été exposée à l'action de la lumière.

104. Installation des laboratoires. — Il n'est pas d'industrie dans laquelle les prescriptions relatives à l'hygiène doivent être plus scrupuleusement observées que dans l'industrie du gélatino-bromure. Le fabricant doit avoir deux préoccupations constantes : la propreté du travail, le bien-être du personnel. Le chef d'usine ne doit pas oublier que les principaux obstacles à une bonne production sont la poussière et les micro-organismes ; il doit donc, par tous les moyens possibles, surmonter ces deux difficultés, ce qui n'est pas très aisé, étant donné que le travail se fait dans une obscurité relative.

La poussière peut être à peu près complètement évitée en passant sur le parquet une couche de l'enduit américain appelé *Dustless* ; il suffit, en exigeant des soins de propreté du personnel, de balayer toutes les semaines pour extraire les poussières du parquet qui fixe ainsi les particules les plus légères. Les murs seront peints à l'huile et vernis au vernis dur, de même que le plafond ; on peut aussi revêtir de bois les murs et le plafond et enduire leur surface de l'enduit américain : ce procédé est très efficace, mais coûteux.

L'aération ne peut être pratiquement réalisée qu'en amenant l'air filtré de l'extérieur et à une température convenable : suivant l'importance de l'usine, on dispose de ventilateurs faisant passer l'air dans des chambres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à poussière, ou d'aspirateurs qui amènent l'air de l'extérieur, en lui faisant traverser un dispositif analogue à celui que nous avons indiqué pour les petits laboratoires. Il est bon que cet air soit une température convenable.

La question du chauffage est extrêmement importante : le procédé le meilleur consiste à chauffer par la vapeur d'eau circulant dans des poêles à ailette : ces poêles sont disposés au voisinage des prises d'air, de telle sorte que l'air du dehors se réchauffe rapidement à son entrée dans les salles ; le minimum de température doit être de 12° pendant l'hiver et il convient de se rapprocher le plus possible de 15° centigrades. Pendant l'été, il y a urgence à maintenir une température aussi voisine que possible de 18° centigrades, car la transpiration du personnel est un obstacle très sérieux à une bonne fabrication : la moiteur des mains suffit pour détériorer les plaques les mieux fabriquées ; par les temps de grande chaleur, on pourra de temps en temps injecter dans les salles de travail, l'air frais du séchoir.

La question de l'éclairage ne doit pas être négligée : on utilise l'éclairage électrique malgré son prix élevé et à l'exclusion de tout autre ; mais l'éclairage rouge étant très fatigant pour la vue et pouvant, au bout de peu de temps, provoquer des ophtalmies très douloureuses, on le remplace par l'éclairage vert. Les fabricants de lampes à incandescence livrent aujourd'hui des lampes à verre rouge et à verre vert ; ces derniers n'agissent pas autrement que les lampes rouges sur les plaques sensibles. Il est très important de placer les lampes à la distance maxima compatible avec les nécessités du travail ; on doit, en un mot, réduire autant que possible l'éclairage, et s'il s'agit de plaques sensibles à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les radiations du spectre, les manipuler avec une lumière extrêmement colorée, faible, et à grande distance de la source lumineuse. L'œil s'accommode assez rapidement à cette obscurité relative, et l'on dispose à l'entrée des salles de doubles tambours qui empêchent absolument l'arrivée de la lumière du jour.

Enfin, dans certaines usines, on impose au personnel une livrée qui est en somme constituée par une longue blouse à manches, en étoffe ne peluchant pas, ne produisant pas de poussière ; on assure ainsi la propreté des manipulations.

Il arrive fréquemment dans les manipulations du verre débité à arêtes vives que des coupures se produisent ; on disposera à portée des ateliers des solutions aseptiques, les objets nécessaires à un premier pansement qui, s'il est correctement fait, rend insignifiants ces accidents journaliers, qui, sans cela, pourraient amener une interruption passagère du travail.

§ 2. — PROCÉDÉS OPÉRATOIRES

105. Triage et polissage des verres. — Dans l'installation d'une fabrique de plaques, on doit toujours avoir en vue ce grand principe de la meilleure utilisation du temps et de la force: faire parcourir aux matières et aux produits manufacturés le minimum de distance avant leur sortie de l'usine. La salle de réception des caisses de verre sera donc à proximité du local dans lequel on fait le triage du verre ; à côté de cette salle on le débite en plaques de longueur donnée. On s'arrangera de façon à ne pas avoir de perte en l'amenant aux formats photographiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On rejettera les feuilles de verre ayant des bulles ou des stries par trop nombreuses, et les feuilles acceptées seront débitées au format aussi grand que possible (sans toutefois dépasser 1 m. ou 1 m. 08) ; les verres sont alors sommairement nettoyés à la craie et à la solution de carbonate de soude, puis polis à la machine.

Les machines à polir les verres sont de différentes formes, mais rappellent deux types bien connus d'outils depuis longtemps utilisés : la machine à fourbir les lames de couteau, machines utilisées dans les grands hôtels modernes ; comme la lame du couteau, la feuille de verre passe entre une série de brosses et de cylindres polisseurs et sort à l'autre extrémité complètement propre sur les deux faces ; si l'on utilise une couche préalable de silicate de potasse, d'infusion de pariétaire, etc., c'est par le passage à la machine à polir que se fait l'étendage et le séchage de cette couche.

Les verres polis sont alors examinés et empilés dans le même sens, c'est-à-dire face concave en dessus : c'est sur la face concave que se fait toujours le couchage de l'émulsion : cette opération se fait à la machine.

106. Préparation de l'émulsion. — Nous avons indiqué les principales formules d'émulsion que l'on peut préparer : si l'on recherche la grande sensibilité des plaques, c'est aux formules à l'ammoniaque que l'on doit s'adresser ; si l'on veut préparer une émulsion à grain très fin et peu rapide, on travaillera avec addition de bichromate de potasse et en mélangeant la gélatine aux solutions de bromure alcalin et de nitrate d'argent.

Les solutions préparées, comme nous l'avons indiqué, sont mélangées après avoir été portées à température

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convenable ; si l'on opère sur plus de 10 litres d'émulsion à la fois, il convient de faire le chauffage des récipients à l'aide d'un serpentin de vapeur ; ce serpentin est en tube d'argent : on l'introduit dans les vases en grès contenant les solutions, et lorsque la température convenable est atteinte, on effectue le mélange. L'opération est facilitée si les deux vases sont l'un au-dessus de l'autre. Le récipient contenant la dissolution de nitrate d'argent filtrée est placé au-dessus de la solution de bromure ; par l'intermédiaire d'un robinet en argent, on verse en mince filet la solution d'argent pendant que l'on agite le mélange ; il est important de verser lentement et de favoriser la réaction par agitation du liquide : l'émulsion obtenue est moins grenue que si l'on verse tout d'un coup la solution de nitrate dans celle de bromure et si l'on agite ensuite fortement l'émulsion. Les appareils servant à produire cette agitation sont basés sur les principes de construction qui servent à établir les petits agitateurs mécaniques utilisés dans les laboratoires d'analyse chimique.

La maturation de l'émulsion se fait à température voisine de 100° et dépassant même cette température si l'on se sert d'un autoclave. C'est toujours par chauffage à la vapeur que l'on produit et que l'on maintient l'élévation de température nécessaire à la maturation. Les divers lots d'émulsion que l'on prépare sont réunis dans une chaudière en cuivre fortement argenté : le chauffage s'effectue soit par serpentin de vapeur, soit, mais ce procédé est dangereux au point de vue de la pureté de la couche, par barbottage d'un mince jet de vapeur.

Dans certaines usines, l'émulsion est chauffée à l'autoclave : il n'est pas prudent de dépasser la température de 105° centigrades ; à 110°, on produit, avec presque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les gélatines, des émulsions extrêmement grenues, donnant des images manquant de netteté et qui presque toujours sont voilées.

La maturation étant complète, on fait prendre l'émulsion en gelée ; dans certaines usines, on fait mûrir fortement jusqu'au point où l'émulsion donnerait des images voilées. On mélange ensuite cette émulsion avec une certaine quantité d'émulsion *donnant dur* ; mais c'est là un procédé dont les effets sont incertains : il vaut mieux, en effet, ne pas atteindre la limite à partir de laquelle l'émulsion donnerait des images voilées, car pendant la prise en gelée et le lavage, le phénomène de la maturation continue à se produire lentement.

La prise en gelée de l'émulsion s'effectue dans des moules de forme tronc conique en métal argenté ; aussitôt que la gelée est assez ferme, on démoule et on introduit dans des cylindres perforés analogues à ceux qui servent dans la fabrication des pâtes alimentaires : à l'aide d'un pressoir, on force la gelée à passer en minces filets à travers ces ouvertures : le vermicelle produit est reçu dans l'eau, car l'appareil lui-même est entièrement immergé dans l'eau très froide. Ce procédé de division fournit un grand volume d'émulsion ; il permet d'abréger la durée du lavage et ne donne lieu qu'à très peu de déchets. Un autre moyen de diviser l'émulsion consiste à opérer comme dans les fromageries. A l'aide d'une lyre en fils d'argent, on divise la gelée obtenue dans de grandes cuvettes en plaqué d'argent. Les fragments d'émulsion obtenus sont alors lavés.

107. Lavage de l'émulsion. — Le lavage de l'émulsion peut s'effectuer au début avec de l'eau ordinaire (pourvu qu'elle ne soit pas trop calcaire) ; on termine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après avoir légèrement fait égoutter l'émulsion par un lavage à l'eau distillée. Certaines eaux naturelles sont assez pures pour être employées à ce lavage et à la confection de l'émulsion.

Les appareils laveurs sont de deux types : dans le premier type, l'émulsion étant plongée dans un récipient plein d'eau courante, des agitateurs mécaniques constitués par des roues à augets, soulèvent l'émulsion et renouvellent constamment les surfaces de contact avec l'eau : le lavage s'effectue ainsi très complètement et très rapidement.

Dans l'autre type, le lavage se fait méthodiquement, l'émulsion étant placée dans des trémies disposées à la partie supérieure des récipients traversés par un lent courant d'eau froide : le lavage s'effectue assez vite et sans déchet sensible si l'émulsion est disposée en couche mince dans les trémies ; on favorise l'action de l'eau en remuant de temps en temps les fragments de gélatino-bromure contenus dans ces trémies.

Ce lavage constitue une des opérations les plus longues de la fabrication du gélatino-bromure : aussi a-t-on cherché à s'affranchir de cette opération ; mais jusqu'à ce jour, la préparation du bromure d'argent par action de l'acide bromhydrique sur le carbonate d'argent ou par action du bromure d'ammonium sur la solution ammoniacale de carbonate ou d'oxyde d'argent mêlé à la gélatine, n'ont pas donné de bons résultats ; si l'on essaie de chasser l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque de l'émulsion par un courant d'air, le liquide mousse très abondamment et il se forme du bromure d'argent très grenu ; la maturation dans le vide constituerait la meilleure solution pour éliminer rapidement l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque formé ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais jusqu'à présent ce procédé n'a pas fourni de résultats constants, sans qu'il soit possible de préciser la cause de ces insuccès.

108. Dissolution et filtration de l'émulsion. — L'émulsion lavée est égouttée, puis introduite dans un récipient susceptible d'être chauffé par la vapeur ; on fait dissoudre l'émulsion et on l'additionne de la quantité nécessaire de gélatine dure, préalablement gonflée dans l'eau ; au besoin on complète avec une quantité d'eau suffisante ; on a renoncé à peu près complètement à l'addition de bière à l'émulsion finale, addition qui se faisait beaucoup au début de cette fabrication ; il en est de même de l'addition de dextrine, empois d'amidon, albumine, etc., toutes substances dont le rôle ne paraît pas bien net au point de vue de l'amélioration des résultats et qui constituent une complication en somme peu utile. Il semble cependant que l'addition d'albumine à une émulsion ammoniacale avec maturation à une température inférieure à 50° centigrades donne une émulsion à grain plus fin que celle obtenue sans addition d'albumine.

La proportion de gélatine ajoutée est variable avec la nature de la gélatine : il semble que les proportions de 2,5 de gélatine pour 1 d'argent constituent les quantités les plus convenables : moins il y a de gélatine par rapport à la quantité d'argent, plus la plaque est maniable.

La filtration de gélatino-bromure s'effectue sous pression (fig. 114) ; on utilise soit le filtre en peau de chamois, soit les filtres d'étoffe employés dans l'industrie. L'émulsion arrive du filtre à la trémie distributive de la machine et en ayant le moins possible le contact avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'air. Il faut absolument éviter la formation de bulles pendant la filtration et la production de mousse ; on

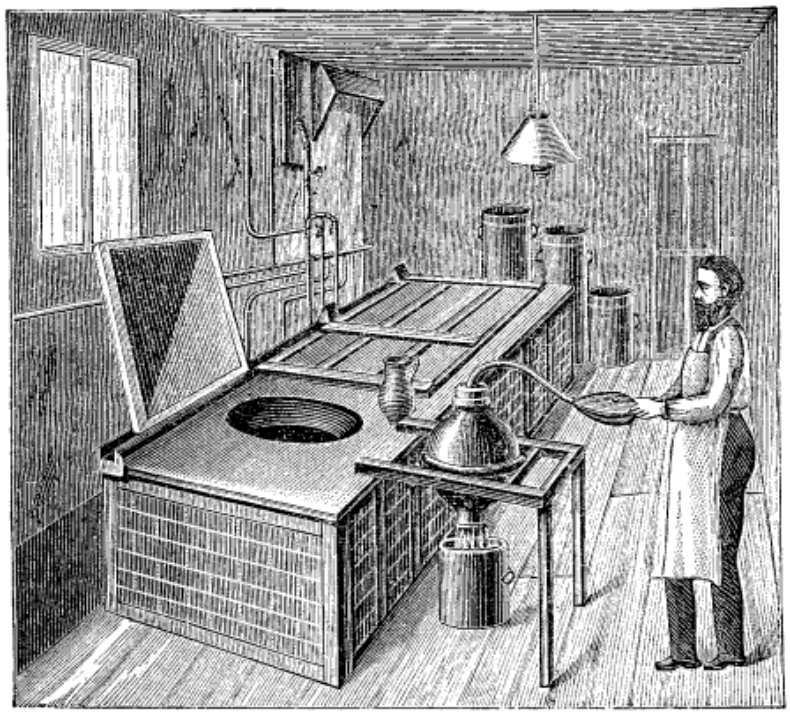


Fig. 114

reçoit le liquide filtré à la partie inférieure du récipient qui doit le contenir.

109. Couchage de l'émulsion. — L'étendage de l'émulsion sur le côté creux du verre s'effectue d'après les principes utilisés dans la fabrication du papier *couché* (papier recouvert d'une mince couche de gélatine et de sulfate de baryte : ce papier est très employé en lithographie).

L'industrie du gélatino-bromure a donc pu profiter des perfectionnements réalisés dans le *barytage* du papier : on sait que cette opération s'effectue en faisant glisser d'une façon continue et absolument uniforme une feuille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de papier sous une mince lame de solution gélatineuse contenant du sulfate de baryte ; la lame liquide s'écoule d'une manière uniforme pendant que le papier passe au-dessous ; tout arrêt dans la marche du papier, toute modification dans l'écoulement de la gélatine produiraient des différences d'épaisseur de la couche, différences d'épaisseur extrêmement préjudiciables aux impressions lithographiques dans lesquelles le foulage doit être très régulier. On comprend donc pourquoi l'industrie du gélatino-bromure s'est immédiatement emparé des types de machines employées à la fabrication du papier couché.

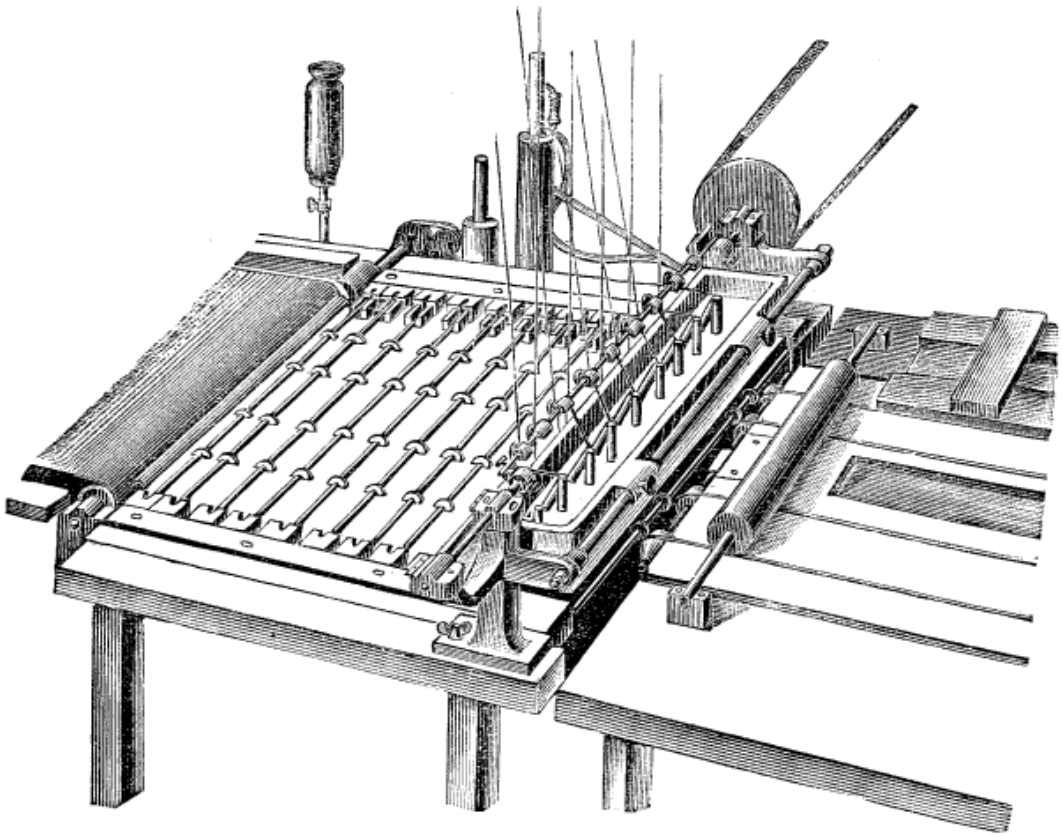


Fig. 115

Quelques modifications de détail ont permis d'appliquer ces machines au couchage des plaques ; le verre n'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus ici comme le papier à l'état de surface continue ; de plus il doit être épousseté avant son passage sous la lame d'émulsion liquide ; enfin il doit être refroidi énergiquement aussitôt que l'émulsion est couchée ; l'émulsion est régulièrement répartie à l'aide d'un rouleau distributeur (fig. 115).

La dévideuse qui déroule le papier est remplacée par une sorte de courroie sans fin dont les deux bords sont formés par deux chaînes Vaucanson ; ces deux bords sont reliés par des lames de métal mince sur lesquelles viennent se poser les plaques ; le métal est d'ailleurs guidé par un plancher métallique, généralement en bronze argenté, du côté où l'on pose les plaques il constitue des caisses réchauffantes, tandis que ces caisses sont réfrigérantes après que les verres ont été recouverts d'émulsion. Ces chaînes tournant lentement font parcourir à la plaque tout le plancher métallique ; la plaque se réchauffe, est époussetée, puis recouverte d'émulsion et rapidement refroidie, de telle sorte que lorsqu'elle arrive à l'extrémité de la machine, l'émulsion est prise en gelée la plaque peut alors être portée au séchoir. Le plus souvent ce transport au séchoir est effectué mécaniquement, de telle sorte qu'à leur arrivée, les plaques sont saisies par les ouvriers et mises en place sur les chevalets où elles doivent sécher.

110. Séchage. — Ces chevalets sont généralement constitués par des rayons sur lesquels sont implantées verticalement des tiges de verre sur lesquelles s'appuient les plaques ; le plus souvent on fait sécher l'émulsion gélatine en dessous pour mettre la couche à l'abri des poussières.

Le séchoir est d'ailleurs disposé de façon à éviter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autant que possible la présence des poussières ; il est constitué par une salle peu élevée de plafond, n'admettant d'autres ouvertures que deux portes à chacune des extrémités et les conduites pour amener l'air froid et sec, et celles pour évacuer l'air humide ; cette évacuation s'effectue par des lanterneaux placés à la partie supérieure de la pièce, communiquant avec l'air extérieur et s'opposant à l'entrée de tout rayon lumineux. L'air extérieur est injecté dans les conduites par une machine soufflante : il est refroidi par circulation dans des tubes réfrigérants sur lesquels se condense l'humidité ; la machine soufflante doit donc être conduite avec une vitesse telle que l'air arrive au séchoir à la température de 7 à 9° centigrades ; l'expérience a montré que l'on réalisait ainsi l'optimum de température pour un séchage rapide ; de plus, à une température aussi basse, le développement des micro-organismes à la surface de la gélatine ne produit pas de dégâts sensibles. La principale difficulté que l'on rencontre dans le séchage provient donc de la conduite de la machine soufflante, difficulté que l'on parvient à vaincre assez facilement.

111. Coupage des plaques. — Au sortir du séchoir, les plaques sont examinées soigneusement : celles qui présentent des défauts sont mises à part, de façon à n'utiliser que les parties sans défauts, ce qui entraîne l'inconvénient des *fausses coupes* ; les autres sont débitées aux formats que comporte la dimension de la feuille préparée. La division des feuilles en plaques plus petites s'effectue à l'aide de planchettes à équerre d'acier, planchettes sur lesquelles coulisse un diamant monté à la façon des *sabots* de miroitier. Ces machines à couper doivent être vérifiées tous les deux ou trois jours et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réglées à nouveau si l'on veut éviter de produire des plaques de dimensions anormales, trop grandes ou trop petites pour les châssis auxquels elles sont destinées (fig. 116).

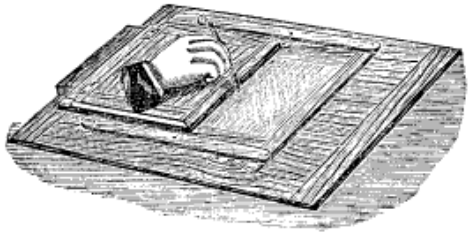


Fig. 116

Les plaques mises à part comme présentant des défauts sont débitées de façon à avoir le moins de perte possible; quelque soin que l'on prenné, on ne peut éviter qu'une partie de la feuille aille aux déchets. Dans certaines machines le diamant est fixe; la plaque est portée sur un chariot mobile (fig. 117).

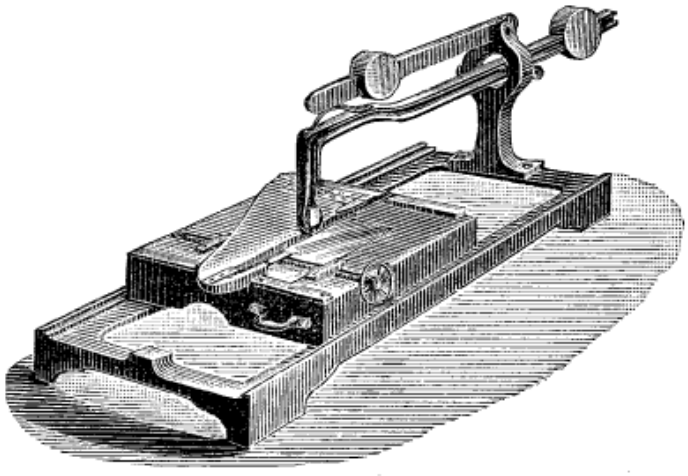


Fig. 117

Cette opération du coupage des plaques s'effectue toujours après essai de l'émulsion : une feuille est prise au hasard dans une partie du séchoir, débitée en plaques ; on en essaie une, et l'on répète cette opération pour deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou trois feuilles prises en divers points du séchoir. Si cet essai donne des résultats satisfaisants, on peut débiter et emballer les plaques.

112. Emballage des plaques. — Les feuilles de verre débitées en plaques sont triées avec soin : quelques précautions que l'on prenne, il se produit toujours, pendant le coupage, quelques petits accidents, tels que : éraillure de la surface de la gélatine, éclats de verre fixés dans la couche, etc. ; on doit donc trier les plaques avant de les emballer. Ce triage se fait en examinant très rapidement la plaque à la lumière verte d'une petite lampe ; les plaques rebutées reviennent au coupage où elles peuvent fournir des plaques de dimensions moindres.

L'emballage se fait presque partout en plaçant les couches de gélatine de telle sorte qu'elles soient alternativement en contact deux à deux ; si les plaques sont de petites dimensions, on les place simplement deux à deux et couche contre couche : l'épaisseur de la gélatine est suffisante pour empêcher le bris du verre. Si les plaques sont de dimensions moyennes, on place à cheval sur les deux petits bords du verre et entre les couches de gélatine une double bande de papier très pur ; l'opération s'exécute en plaçant quatre ou six plaques dans une sorte de boîte à rainure démontable ; les rainures de la partie inférieure et celles de la partie supérieure correspondant aux petits côtés de la plaque sont garnies de ce papier-carton ; en enlevant les rainures et serrant le bloc de plaques ainsi préparées, le papier carton se place à cheval sur les bords des verres et empêche les surfaces de gélatine de venir au contact. Les blocs de plaque ainsi préparés sont enfermés dans du papier de couleur inactinique. Il faut éviter surtout la présence de l'hyposul-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fite de soude dans le papier d'emballage. On se met à l'abri des causes d'insuccès provenant de l'hyposulfite de soude en préparant le papier d'emballage de la manière suivante : on plonge pendant cinq minutes dans une solution de bichromate de potasse légèrement gommée du papier écolier ; ce papier est ensuite séché, exposé sur ses deux faces à la lumière solaire pendant quelques heures, puis lavé de façon à enlever l'excès de bichromate ; il est alors imperméable à l'humidité et aux gaz ; il possède une teinte d'un gris jaunâtre, peu favorable à l'emmagasinement et au passage de la lumière; l'hyposulfite qui se trouvait dans le papier est détruit. Le papier noir est en général coloré par du pyrolignite de fer qui exerce une action désastreuse sur les plaques ; il faut proscrire l'emploi d'un tel papier. Les blocs de plaques enveloppés dans le papier sont alors enfermés dans des boîtes de carton.

Il faut éviter avec le plus grand soin de mettre les plaques en contact avec un papier portant des caractères d'encre ordinaire ou d'encre d'imprimerie, en raison de l'insensibilisation communiquée au gélatino-bromure par l'oxydation de ces substances.

Lorsque les plaques doivent être transportées au loin et qu'elles sont destinées à voyager dans les pays chauds, il faut proscrire absolument l'usage du foin. Celui-ci est toujours plus ou moins humide ; sous l'influence d'une légère élévation de température, cette humidité se répand dans l'intérieur de la caisse et détériore les plaques ; il convient de les expédier dans des boîtes métalliques bien closes, mais il faut exclure le zinc des parties de l'emballage qui peuvent être en contact immédiat avec les plaques : les vapeurs de zinc qui se dégagent très facilement à la température ordinaire sont une cause de voile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

113. Utilisation des résidus. — Les résidus de fabrication des plaques au gélatino-bromure sont constitués par les dépôts qui restent sur les filtres, les bords et débris de plaques, les feuilles rebutées. L'émulsion qui se trouve sur le verre n'a de valeur que par la petite quantité de bromure d'argent qu'elle contient : on récupère l'argent de ce composé en faisant éprouver à la gélatine la fermentation putride : le résidu argentifère abandonne le verre ; on fond ce résidu desséché avec du carbonate de potasse et de soude. Quant au verre ainsi débarrassé de substance étrangère, il est livré au fabricant verrier qui le fond et le transforme en verre à vitres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

ÉMULSION SUR PAPIER ; PELLICULES

§ 1. — PAPIERS

114. Emploi du papier. — Les inconvénients qui résultent de l'emploi du verre sont surtout la fragilité et le poids du support de la couche sensible : ces inconvénients sont compensés par la transparence extrême du verre ; mais dans le cas où cette transparence n'est pas indispensable, on peut remplacer le verre par le papier qui constitue un très bon support de l'émulsion au gélatino-bromure d'argent ; l'industrie prépare ce papier, mais ne produit plus les surfaces sensibles préparées par les anciens procédés (papiers cirés, papiers collodionnés, etc). On peut étendre l'émulsion sur papier pour obtenir un négatif sur papier, ou bien celui-ci ne sera qu'un support transitoire, l'image définitive étant transportée sur verre ou sur une pellicule de gélatine ; de ces deux procédés découlent deux types de produits bien distincts, désignés sous le nom de papier négatif et papier pelliculaire.

115. Papier négatif. — Ce papier se prépare en étendant sur papier gélatiné l'émulsion au gélatino-bromure d'argent.

On n'étend pas l'émulsion directement sur le papier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

car l'expérience a prouvé que les émulsions très sensibles ne se conservent pas au contact du papier ; on interpose donc entre le papier et le gélatino-bromure d'argent une couche de gélatine transparente que l'on durcit à l'aide de l'alun. La préparation de ce papier gélatiné s'effectue de la même façon que la préparation du papier couché ; elle ne présente rien de particulier.

Le papier gélatiné bien sec est alors recouvert d'émulsion, absolument comme s'il s'agissait de baryter le papier; la seule différence réside en ce que la couche d'émulsion devant être épaisse pour fournir un bon négatif, le passage du papier sous la trémie à émulsion s'effectue avec lenteur et que le gélatino-bromure doit être fixé aussi rapidement que possible; on réalise facilement ces desiderata.

Le papier est préparé en bandes de plusieurs mètres de longueur (30 à 40 mètres suivant les dimensions du local dont on dispose); on le débite en bandes plus étroites et plus courtes et on l'enroule sur des bobines destinées à être utilisées avec les châssis à rouleau. On le débite aussi en feuilles qui, fixées sur des cartons ou des adapteurs spéciaux, peuvent être utilisées avec les châssis ordinaires.

Le mode d'emploi de ces papiers ne présente rien de particulier et ne diffère pas de celui des plaques préparées au gélatino-bromure d'argent; il y a lieu de remarquer cependant que la même émulsion étendue sur verre est moins sensible à la lumière que lorsqu'elle est étendue sur papier: ce fait provient de ce que la surface blanche du papier réfléchit la lumière qui a traversé la couche d'émulsion et cette lumière, ainsi réfléchie ou pour mieux dire diffusée, vient augmenter l'action de la lumière directe; par l'emploi du papier il n'y a pas à craindre le phénomène connu sous le nom de halo par réflexion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour conserver la planité du négatif sur papier développé, fixé et lavé, il convient d'ajouter à la dernière eau de lavage environ 2 pour 100 de glycérine ; il ne faut pas employer une trop grande quantité de cette substance, car le négatif contenant un excès de glycérine provoque la dilatation du papier positif servant à l'impression des images, ce qui produit des épreuves positives à contours doublés.

116. Papiers pelliculaires. — Au lieu d'étendre l'émulsion au gélatino-bromure d'argent sur une couche de papier gélatiné, on peut l'étendre sur carton revêtu d'une couche de collodion et talqué, ou bien sur papier enduit d'une couche de vernis au caoutchouc ; ces deux moyens permettent d'obtenir des négatifs à l'état de mince pellicule. Le papier ou le carton employés sont dits *pelliculaires*.

Si l'on veut employer une couche de collodion étendue à la surface du papier ou du carton, ces deux supports doivent être fortement tendus sur une glace : on obtient ce résultat en faisant tremper le carton ou le papier dans l'eau ; en cet état on le colle par les bords à l'aide de bandes de papier sur une glace. Lorsque le papier est sec on collodionne sa surface avec du collodion normal ; on laisse sécher, puis avec un blaireau on passe à la surface du collodion une couche de talc, on frotte énergiquement la surface avec le blaireau de façon à laisser très peu de talc : c'est sur le support ainsi préparé qu'on étend l'émulsion au gélatino-bromure additionnée d'un peu de sucre.

L'exposition à la lumière, développement, lavage et fixage du papier pelliculaire se font exactement comme si le support était en verre. Quand le négatif est sec on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

incise les bords de la couche qui se détache très facilement, abandonnant son support et fournissant un négatif pelliculaire.

117. Papier au caoutchouc. — Si l'on a utilisé le caoutchouc comme support isolant du papier, le mode opératoire est un peu différent. On emploie le caoutchouc en poire dissous dans la benzine, *exempte de thiophène* : des traces de cette substance suffisent en effet pour amener la décomposition de l'émulsion au gélatino-bromure qui, très peu de temps après sa préparation, ne donne plus que des images voilées. Le vernis est préparé en dissolvant 20 grammes de caoutchouc en poire dans un litre de benzine pure; on laisse déposer ce vernis, on décante la partie limpide et à l'aide d'un pinceau on enduit la surface du papier ; on laisse sécher et on étend l'émulsion sur la feuille ainsi préparée, le gélatino-bromure au contact du caoutchouc.

Après exposition à la lumière on développe, on fixe et on lave comme s'il s'agissait d'un négatif sur verre. On fait sécher et lorsque la couche est bien sèche on la mouille et on la reporte sur verre collodionné ; ce verre collodionné se prépare en polissant la surface du verre, la frottant avec du talc et collodionnant cette surface avec du collodion contenant 500 centimètres cubes éther, 500 centimètres cubes alcool, 10 grammes coton-poudre, 1 centimètre cube huile de ricin; aussitôt que le collodion a fait prise on plonge le verre dans l'eau pour dissoudre l'excès d'éther et d'alcool et l'on applique *sous l'eau* la surface gélatinée du négatif contre la surface collodionnée. On retire le tout en évitant l'interposition de bulles d'air et on laisse sécher. Quand le papier est bien sec on l'imbibe de benzine : le caoutchouc se ramollit et si la quantité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

benzine est suffisante il se dissout ; il suffit alors de soulever légèrement le papier pour qu'il abandonne au verre collodionné le négatif ; on nettoie la surface de celui-ci avec un tampon de coton imbibé de benzine ; on laisse sécher. On peut alors inciser les bords du négatif : en soulevant la couche par un angle, elle abandonne le verre, fournissant ainsi un négatif pouvant s'imprimer par les deux faces.

§ 2. — PELLICULES

118. Pellicules en gélatine. — L'émulsion au gélatino-bromure d'argent étendue sur verre graissé à l'aide d'un fiel de bœuf, peut abandonner facilement son support lorsqu'elle est suffisamment sèche: il devient donc relativement aisé d'appliquer une mince pellicule de gélatine transparente, gélatine que l'on utilise en grandes feuilles que l'on débite lorsque l'émulsion et son support sont complètement secs.

La principale difficulté que l'on rencontre dans la préparation des pellicules sensibles provient de l'action exercée par le support sur la couche de gélatino-bromure d'argent; l'altération de cette couche se produit assez rapidement au contact des matières organiques qui constituent le support, et cette altération est d'autant plus rapide que la sensibilité de la préparation à la lumière est plus grande. On évite cet inconvénient en employant comme support une couche d'émulsion peu sensible, sur laquelle on étend des couches de gélatino-bromure de plus en plus sensible. La première couche étendue sur verre frotté au fiel de bœuf marque seulement 5° au sensitomètre Warnerke. On laisse sécher et l'on recouvre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une seconde émulsion plus sensible, puis après séchages successifs, on étend une troisième et une quatrième couche. On incise alors les bords de la couche qui abandonne son support et l'on obtient une pellicule pouvant s'imprimer dans les deux sens et permettant des écarts considérables dans la durée du temps de pose: si cette durée est fortement exagérée, il en résulte un voile sur la première couche, mais la seconde ou la troisième couche donnent un bon négatif; on développe jusqu'à ce que l'image soit visible à l'envers de la plaque et s'il y a lieu on fait disparaître le voile à l'aide du bain affaiblisseur au ferricyanure de potassium, appliqué au pinceau sur la face qui présente du voile.

119. Pellicules sur celluloïd. — Le celluloïd dissous dans l'acétate d'amyle donne une solution limpide fournissant par évaporation une pellicule transparente comme le verre. L'étendage de l'émulsion sur ce support s'effectue comme s'il s'agissait d'étendre l'émulsion sur le verre préalablement silicaté ; dans ce cas la couche doit être aussi épaisse que s'il s'agissait de préparer les plaques.

Ces pellicules sur celluloïd sont fabriquées par bon nombre d'industriels qui les livrent soit en feuilles coupées aux dimensions photographiques, soit en bandes de longueur déterminée pour l'usage des châssis à rouleaux. Par suite de la présence du camphre, de l'acétate d'amyle et des produits nitrés qui entrent dans la composition du support, la sensibilité de la couche de gélatino-bromure d'argent diminue plus ou moins vite, et telle émulsion, pouvant, au début, fournir de bonnes images instantanées n'est plus utilisable que pour les négatifs posés, cela après quelques mois de conservation. Il est donc indis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pensable que les pellicules de celluloïd ne soient pas conservées trop longtemps, ce que l'on peut savoir par la date de fabrication, que tous les fabricants scrupuleux indiquent d'une façon apparente sur l'étiquette qui enveloppe les pellicules.

Au lieu d'étendre l'émulsion sur une seule face de la pellicule on peut l'étendre sur les deux faces en la faisant passer dans une cuvette contenant le gélatino-bromure ; l'émulsion doit être assez refroidie et le mouvement de la pellicule assez rapide pour que la couche soit suffisamment épaisse, et assez lent pour que la gélatine fasse prise ; ce mode opératoire présente des difficultés sous le rapport du séchage, car la pellicule ne peut être soutenue par aucune surface avant qu'elle ne soit complètement sèche ; le séchage s'effectue par suspension des extrémités de la pellicule. Ce mode de préparation présente l'avantage de fournir une pellicule qui se maintient plane pendant toutes les opérations, ce qui n'arrive pas avec les autres surfaces, car la gélatine mouillée a toujours une tendance à faire enrouler le support sur lui-même.

120. Emballage et manipulation des pellicules. — Les pellicules coupées aux dimensions des plaques photographiques sont placées dans une première enveloppe de papier bichromaté, laquelle enveloppe est disposée dans un sac de papier noir ; ce dernier se place dans une enveloppe de papier orangé, de façon à empêcher tout accès de lumière actinique.

Les pellicules en bobines, employées soit pour châssis à rouleaux, soit pour les cinématographes, sont enroulées autour d'un cylindre de bois dur auquel elles sont fixées par une agrafe métallique ; lorsque l'enroulement est terminé, les bords de la pellicule sont ébarbés et celle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ci est enveloppée dans son étui ; ces bobines ne peuvent être mises en place ou retirées du châssis qu'en opérant à l'abri de la lumière du jour.

Depuis une douzaine d'années on fabrique des bobines qui peuvent être placées dans les châssis à rouleaux et retirées de ceux-ci en plein jour ; l'artifice employé est connu depuis longtemps ; il consiste à enrouler en même temps que la pellicule une feuille de papier noir qui est plus longue à ses deux extrémités de deux ou trois fois la largeur de la pellicule ; le papier noir et cette dernière se déroulent en même temps dans le châssis à rouleau, et l'enroulement du papier noir permet lorsque la bobine a été employée, de retirer celle-ci de l'appareil et de la remplacer par une nouvelle. Dans bien des bobines le papier noir est numéroté et chaque numéro d'ordre correspond à la longueur d'une nouvelle plaque utilisée dans la chambre noire ; ce système est plus pratique que celui qui consiste à munir la chambre noire d'un compteur. Lorsque l'exposition est terminée et que l'on veut procéder au développement séparé des diverses images, il suffit de couper la bande pelliculaire suivant les divisions qui sont indiquées sur le papier ; mais le plus souvent on développe toute la bande pelliculaire ; c'est en particulier ce mode opératoire qu'il convient d'adopter lorsqu'il s'agit de bandes cinématographiques.

Les pellicules développées séparément ont toujours une certaine tendance à s'enrouler pendant les manipulations qu'on leur fait subir ; le procédé le plus simple pour éviter cet insuccès consiste à soutenir la pellicule par un carton quand on l'utilise dans les châssis ordinaires ; pour le développement, fixage, etc., on fixe la pellicule contre les dos d'une plaque de verre de même dimension. On place des pinces aux quatre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coins ou même au milieu des bords si le négatif est un peu grand. Ces pinces sont faites de telle sorte qu'elles ne touchent la couche sensible qu'en un seul point, et leur élasticité est telle qu'elles maintiennent les pellicules en contact avec le verre pendant toutes les opérations ; elles sont surtout précieuses pendant le séchage parce qu'elles empêchent la pellicule de s'enrouler spontanément ; dans le bain de développement, elles permettent de suivre la venue de l'image par transparence comme on le ferait avec un négatif sur verre ; le celluloïd, qui constitue la matière formant ces pinces, peut être employé avec tous les bains utilisés pour les pellicules.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

RÉVÉLATEURS, RENFORÇATEURS ET FIXATEURS

§. 1. — RÉVÉLATEURS

122. Préparation des révélateurs. — L'extension considérable prise par la fabrication des appareils à main dits instantanés a provoqué le développement d'une industrie toute spéciale, celle de la fabrication des révélateurs, fixateurs et autres bains utilisés dans les manipulations photographiques ; l'amateur photographe, qui n'opère pas d'une manière continue et qui ne s'intéresse pas aux divers moyens mis en œuvre pour obtenir tel ou tel résultat, ne demande le plus souvent qu'à obtenir une image, presque toujours quelconque, par les procédés les plus expéditifs, sans travail et surtout sans fatigue ; la préparation, d'ailleurs très simple, des diverses dissolutions employées en photographie lui paraît trop compliquée et il préfère s'en rapporter aux fabricants de bains tout préparés : ces bains additionnés d'une quantité d'eau suffisante, fourniront les substances nécessaires aux diverses manipulations. Ces divers bains se fabriquent en employant soit des dissolutions concentrées, soit des substances solides comprimées d'après le procédé qui sert à préparer certains produits pharmaceutiques.

Les substances les plus employées pour la confection

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des révélateurs sont l'acide pyrogallique, l'hydroquinone, le paramidophénol, le métol, l'amidol et la diamidorésorcine. On les mélange à des proportions variables de sulfite de soude et de carbonates alcalins ou de bases alcalines.

122. Révélateur à l'acide pyrogallique. — Le révélateur à l'acide pyrogallique est livré soit en solutions concentrées, soit en comprimés de sulfite et acide pyrogallique, et comprimés de carbonates alcalins ; en comprimés, il est d'une conservation difficile.

La préparation en solution concentrée comporte l'emploi de deux liquides, la solution alcaline d'une part et la solution ammoniacale d'autre part. La solution d'acide pyrogallique contient par litre 100 grammes d'acide pyrogallique et 250 grammes de sulfite d'ammoniaque ; on fait dissoudre le sulfite d'ammoniaque dans l'eau, après dissolution on ajoute l'acide pyrogallique, on laisse déposer et on décante la liqueur limpide que l'on distribue en flacons de 20 ou 40 centimètres cubes. La solution alcaline est formée de 400 centimètres cubes d'ammoniaque à 22°, 30 grammes de bromure d'ammonium et une quantité d'eau suffisante pour faire un litre. On distribue en flacon de 20 ou 40 centimètres cubes de capacité.

Pour préparer le bain révélateur, on mélange 20 centimètres cubes de solution d'acide pyrogallique, 20 centimètres cubes de solution ammoniacale et une quantité d'eau suffisante pour faire un litre ; on obtient ainsi le révélateur normal qui agit d'une façon automatique sur les plaques correctement exposées.

Les comprimés à l'acide pyrogallique se préparent en mélangeant 100 grammes d'acide pyrogallique à 400

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grammes de métabisulfite de potasse ; les deux substances sont fortement malaxées, passées au tamis et on en fait des comprimés de 1 gramme ; d'autre part, on prépare les comprimés alcalins avec 100 grammes de sulfite de soude anhydre, 400 grammes de carbonate de soude desséché et 1 gramme de bromure de potassium ; après mélange intime on fait des comprimés de deux grammes. On conserve ces comprimés en tubes de verre un peu résistant fermés par des bouchons de caoutchouc ; quelque soin que l'on prenne, il est difficile de conserver avec leur couleur blanchâtre les comprimés d'acide pyrogallique ; pour l'usage on mélange un comprimé d'acide pyrogallique et deux comprimés alcalins dans 100 centimètres cubes d'eau.

123. Révélateur à l'hydroquinone. — On prépare ce révélateur à l'état de dissolution concentrée qu'il suffit d'étendre de 3 à 8 volumes d'eau, ou même 12 dans le cas d'images surexposées. On fait dissoudre à chaud dans 700 centimètres cubes d'eau, 250 grammes de sulfite de soude cristallisé, 80 grammes d'hydroquinone, 20 grammes de lithine caustique et 1 gramme de bromure de potassium ; on laisse refroidir à l'abri de l'air, on complète le volume à un litre et on distribue en flacons de 15 centimètres cubes après avoir coloré en rouge par l'éosine ou un peu de phénolphtaléine ; cette substance est ajoutée pour masquer la coloration jaunâtre que prend assez rapidement ce révélateur concentré.

On obtient un bain dont l'action est très rapide en employant un liquide concentré dont voici la composition : sulfite de soude anhydre 200 grammes, hydroquinone 400 grammes, ferrocyanure de potassium 20 gram-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mes, soude caustique à l'alcool 40 grammes, bromure de potassium 1 gramme. On dissout ces diverses substances dans l'eau distillée chaude en les ajoutant au liquide dans l'ordre indiqué ; on colore par l'éosine et on distribue en flacons de 15 centimètres cubes de capacité bouchés à l'aide de bouchons de caoutchouc. Ce liquide doit être étendu de 4 à 7 volumes d'eau.

Le révélateur à l'hydroquinone peut être préparé à l'état de comprimés qui se conservent assez bien. On mélange dans 500 centimètres cubes d'eau chaude 80 grammes de sulfite de soude anhydre, 40 grammes d'hydroquinone, 1 centimètre cube d'une solution d'éosine à la dose de 1 gramme pour 200 centimètres cubes d'eau, on fait bouillir et on ajoute 160 grammes de carbonate de potasse pur et sec ; on fait bouillir jusqu'à formation d'une légère pellicule à la surface du liquide, et on dessèche à l'étuve chauffée à la température de 80° centigrades. On fait des comprimés de 2 gr. 5 avec le produit obtenu ; on dissout chaque comprimé dans 50 à 60 centimètres cubes d'eau.

124. Révélateur au paramidophénol. — Ce révélateur fournit des négatifs très intenses, il développe très rapidement. Dans un litre d'eau bouillante on fait dissoudre 300 grammes de métabisulfite de potasse, 100 grammes de paramidophénol et on ajoute peu à peu une solution de soude caustique jusqu'à ce que la dissolution concentrée soit devenue limpide. Ce révélateur concentré peut être étendu de 10 à 50 volumes d'eau. On obtient des négatifs très intenses en mélangeant ce révélateur à une solution d'hydroquinone ; à chaque 100 centimètres cubes de produit on ajoute 5 centimètres cubes d'une solution contenant 100 grammes de sulfite de soude, 50 grammes d'hydroquinone et 1 litre d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les comprimés se préparent avec 5 grammes de lithine caustique et 25 grammes de sulfite anhydre d'une part pour faire des comprimés de 3 grammes ; d'autre part on fait des comprimés de 1 gramme avec parties égales de paramidophénol et de sulfite anhydre ; le mélange pour 100 centimètres cubes d'eau contenant le comprimé de 3 grammes et celui de 1 gramme donne le révélateur.

125. Révélateur à l'amidol. — Ce révélateur ne se conserve pas à l'état liquide ; on le livre à l'état de comprimés que l'on prépare avec le sulfite de soude pur ; on fait des comprimés de 3 grammes que l'on dissout dans 100 centimètres cubes d'eau ; on ajoute un comprimé de 0 gr. 5 d'amidol.

126. Révélateur à la diamidorésorcine. — Ce révélateur ne se conserve pas longtemps à l'état liquide, mais permet de corriger facilement les écarts de pose par l'emploi raisonné du bromure de potassium. On prépare séparément des comprimés de 3 grammes de sulfite anhydre et de 1 gramme de diamidorésorcine. Pour l'usage on dissout le comprimé de sulfite dans 50 centimètres cubes d'eau, et à 50 centimètres cubes d'eau on ajoute la moitié de cette dissolution de sulfite ; le mélange obtenu est additionné d'un comprimé de 1 gramme de chlorhydrate de diamidorésorcine ; la plaque est plongée dans ce bain et l'on ajoute peu à peu, suivant la venue de l'image, le restant de la dissolution de sulfite. S'il y a excès de pose, le bain est additionné de quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium.

127. Révélateur au métol-hydroquinone. — Le métol est un sulfate de monométhylparamidométacrésol ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il permet d'obtenir des images se développant très rapidement ; mais l'emploi du métol provoque souvent des éruptions cutanées sur les mains ; on évite cet inconvénient, soit en se lavant les mains dans l'eau saturée de sel marin, après s'être servi de révélateur au métol, soit encore en se lavant les mains avec du savon noir et terminant par un lavage avec du savon de toilette, de façon à faire disparaître l'odeur désagréable du savon noir.

Le révélateur concentré au métol-hydroquinone se prépare à l'état de dissolution concentrée : on emploie 200 grammes de sulfite de soude cristallisé, 4 grammes de bromure de potassium, 60 grammes d'hydroquinone, 8 grammes de métol et 15 grammes de lithine caustique ; on colore en rouge, on divise en flacons de 15 centimètres cubes de capacité ; pour l'usage ce révélateur est étendu de 6 à 8 volumes d'eau ; s'il y a excès de pose on peut employer 10 ou 12 volumes d'eau.

Les révélateurs concentrés permettent de préparer rapidement les solutions développatrices sans avoir à effectuer de pesées ; le plus souvent le flacon de petit format qui contient le révélateur peut remplacer la mesure graduée puisqu'il suffit d'ajouter au produit concentré un certain nombre de fois son volume d'eau.

§ 2. — FIXATEURS CONCENTRÉS

128. Hyposulfite desséché. — Si l'on soumet l'hyposulfite de soude à l'action de la chaleur, il perd son eau et constitue alors une masse amorphe qu'il est facile de pulvériser ; la poudre obtenue est mélangée d'un quart de son poids de bisulfite de soude en poudre, et ce mélange est comprimé par paquets de 10 grammes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suffisants pour préparer 250 centimètres cubes de bain fixateur. Le produit se dissout très rapidement dans l'eau.

L'addition de bisulfite de soude permet d'améliorer les négatifs qui sont de teinte jaune au sortir du développateur ; l'excès d'alcali est neutralisé et le bain se conserve pendant fort longtemps sans coloration.

§ 3. — RENFORÇATEURS ET AFFAIBLISSEURS

129. Renforçateurs concentrés. — On prépare un renforçateur concentré à l'iodure de mercure en dissolvant ce sel dans une dissolution saturée de sulfite de soude ; on filtre la liqueur que l'on distribue en petits flacons de verre jaune; on l'étend de quatre à cinq fois son volume d'eau pour obtenir le bain de renforcement usuel qui peut servir pour un assez grand nombre de négatifs. L'action de ce bain doit être suivie d'un traitement par un révélateur quelconque pour éviter le jaunissement de l'image.

On prépare aussi un renforçateur concentré en dissolvant 100 grammes de chlorure mercurique dans un mélange de 200 centimètres cubes d'alcool et une quantité d'eau suffisante pour faire un litre. Cette solution est distribuée en petits flacons de verre jaune, d'une capacité de 20 à 30 centimètres cubes; pour l'emploi, on l'étend de 4 à 5 volumes d'eau. L'image bien débarrassée d'hyposulfite blanchit complètement par l'action prolongée de ce bain. On la fait noircir en la plongeant dans un bain d'oxalate ferreux ; l'oxalate ferreux agit d'une façon exactement proportionnelle en chaque point, conservant toute la gradation des demi-teintes, permettant par conséquent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'impression d'une image aussi modelée et plus harmonieuse que l'image primitive.

130. Affaiblisseurs. — Les affaiblisseurs que l'on vend à l'état de produits concentrés sont constitués par une dissolution de permanganate de potassium, de sulfate de cérium ou par de l'eau céleste.

La dissolution de sulfate de cérium s'obtient en ajoutant 40 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré à un peu moins d'un litre d'eau ; on ajoute 100 grammes de sulfate de cérium et l'on amène le volume à un litre ; on étend de 2 à 5 volumes d'eau pour obtenir l'affaiblisseur.

La dissolution concentrée de permanganate de potasse est obtenue en dissolvant 10 grammes de cette substance dans un litre d'eau ; pour l'emploi elle est diluée à vingt fois son volume et on l'additionne de 1 centimètre cube d'acide sulfurique par litre.

Le persulfate d'ammoniaque employé à la dose de 3 à 10 pour 100 d'eau pour affaiblir les négatifs ne se conserve pas à l'état de dissolution.

L'eau céleste concentrée pour affaiblir se prépare en dissolvant 20 grammes de sulfate de cuivre dans 200 centimètres cubes d'eau ; à ce liquide on ajoute goutte à goutte de l'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité d'abord formé soit dissous ; on complète au volume d'un litre par addition d'eau distillée et on étend cette liqueur de 10 volumes d'eau ; on la mélange avec une solution diluée d'hyposulfite de soude que l'on obtient en ajoutant 10 volumes d'eau à une liqueur aqueuse d'hyposulfite à 10 pour cent; le mélange, fait par parties égales de ces deux liquides, constitue un excellent affaiblisseur aussi bien pour les négatifs que pour les épreuves positives sur papier. Les deux solutions concentrées se conservent fort bien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

COLLODION POUR NÉGATIFS ; COLLODIO-BROMURE ; NÉGATIFS RENVERSÉS

§ 1. — COLLODION HUMIDE

130. Procédé au collodion. — Le procédé au collodion humide est l'un des plus pratiques et des moins coûteux que l'on puisse employer pour obtenir les négatifs destinés aux reproductions industrielles. Ce procédé consiste à utiliser comme surface sensible une mince couche de collodion ioduré étendu sur une glace, et que l'on transforme par immersion dans un bain d'argent en iodure d'argent sensible à la lumière ; la couche sensible est exposée dans la chambre noire au sortir du bain d'argent alors que ce liquide baigne sa surface : d'où le nom de collodion humide. On fait apparaître l'image par l'emploi d'une dissolution de sulfate de protoxyde de fer convenablement acidifié ; l'on fixe à l'aide de cyanure de potassium ou d'hyposulfite de soude.

La plaque sensible est donc préparée peu d'instants avant son emploi au format convenable, sur une glace autrement plane que les verres employés dans la fabrication des plaques au gélatino-bromure ; le négatif obtenu est très fin, très brillant, peut être facilement transporté sur pellicule permettant de l'imprimer par les deux faces, ce qui est très utile pour les procédés de reproduction in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dustrielles ; enfin le prix de revient de la préparation, surtout pour les plaques de grande dimension, est peu élevé ; ce sont ces avantages qui ont maintenu l'emploi du procédé au collodion en photographie industrielle.

Les opérations que l'on effectue pour obtenir un négatif sont en petit nombre. On commence par nettoyer et polir la glace qui sert de support à l'image ; on recouvre cette glace de collodion, on transforme la couche d'iodure en iodure d'argent par immersion dans une solution aqueuse de nitrate d'argent ; la glace est alors exposée à la chambre noire ; elle est, immédiatement après, développée, renforcée, fixée, séchée et vernie ; l'achèvement du négatif peut donc être effectué en très peu de temps.

132 Nettoyage de la glace. — La glace neuve ou portant un négatif à détruire est immergée dans une solution contenant pour un litre d'eau 60 grammes de bichromate de potasse et 60 centimètres cubes d'acide sulfurique ; après une immersion de vingt-quatre heures en cuvette de porcelaine ou de verre, la glace est lavée et essuyée à sec ; il convient de ne pas laisser évaporer l'eau

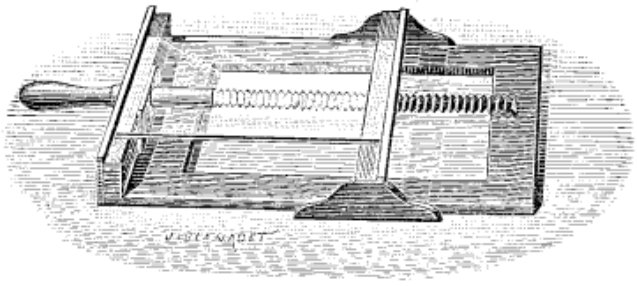


Fig. 118

à sa surface. On la place alors sur une presse à polir (fig. 118) et on la frotte en rond avec un tampon de papier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Joseph imbibé de teinture d'iode ; on frotte à sec avec un vieux chiffon et l'on peut alors placer la glace dans une boîte à rainures jusqu'au moment de l'utiliser ; le polissage à la teinture d'iode doit être fait le jour même où la glace doit être utilisée ; la buée produite par l'haleine doit se condenser d'une façon uniforme à la surface d'une glace bien polie.

Au moment de l'employer, la plaque est passée au talc : cette opération a pour but de fournir une surface bien homogène et de faciliter le décollement du collodion quand on transporte l'image sur couche de gélatine. Ce polissage s'effectue en projetant une petite quantité de talc à la surface de la glace et frottant à sec avec un blaireau, de façon à enlever autant que possible tout le talc dont il ne doit rester qu'un nuage imperceptible ; on peut alors collodionner.

133. Collodionnage de la glace.—Le collodion utilisé en photographie est une dissolution de coton-poudre dans un mélange d'éther et d'alcool, additionné d'iodures et de bromures ; parmi les innombrables formules de collodion, celle qui est le plus en faveur contient 400 centimètres cubes d'alcool, 600 centimètres cubes d'éther, 10 grammes de coton-poudre, 6 grammes d'iodure d'ammonium, 6 grammes d'iodure de cadmium et 2 grammes de bromure d'ammonium. Pour préparer ce collodion on commence par peser le coton-poudre (la qualité dite résistante est celle qui convient le mieux) que l'on place dans un flacon d'une capacité d'environ 1.200 centimètres cubes ; les iodures et le bromure sont pesés et placés dans un mortier de verre ; on mesure dans une éprouvette graduée 400 centimètres cubes d'alcool à 95° et l'on verse 15 à 20 centimètres cubes de cet alcool sur les iodures,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on triture peu à peu, on laisse déposer la partie non dissoute, on verse l'alcool du mortier dans le flacon de façon à imbiber le coton-poudre, et on recommence de triturer avec de l'alcool les iodures contenus dans le mortier ; lorsque tout est dissous, ce qui exige quelques minutes, le mortier est rincé avec ce qui reste d'alcool, et le tout est versé sur le coton. On ajoute alors par petite quantité à la fois les 600 centimètres cubes d'éther à 62° ; on agite fortement après chaque addition d'éther : dans ces conditions le coton-poudre se dissout rapidement ; le liquide visqueux que l'on obtient est coloré en jaune-citron ; on l'additionne de quelques paillettes d'iode de manière à lui donner une coloration d'un brun clair. Le collodion est alors abandonné au repos dans un endroit frais ; après quatre ou cinq jours, on peut soutirer la partie limpide.

On peut aussi préparer le collodion en dissolvant le coton-poudre dans l'éther et dans une partie de l'alcool, et ajoutant à la liqueur limpide obtenue, une solution alcoolique des iodures et bromures. Dans ce cas on fait dissoudre les 10 grammes de coton-poudre dans 200 centimètres cubes d'alcool et 600 centimètres d'éther en procédant par additions successives d'éther ; à 80 centimètres cubes de ce collodion, dit *normal* limpide, on ajoute 20 centimètres cubes de solution iodurante limpide, préparée avec 6 grammes d'iodure d'ammonium, 6 grammes d'iodure de cadmium et 2 grammes de bromure d'ammonium ; le collodion ainsi préparé était autrefois appelé collodion sensibilisé.

La filtration du collodion est une opération que l'on peut effectuer à l'abri de l'air à l'aide d'appareils spéciaux (fig. 119) ; mais il vaut mieux opérer par décantation, parce que le collodion destiné aux travaux indus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

triels n'acquiert toutes ses qualités qu'après six à quinze jours, suivant la nature du coton-poudre employé.

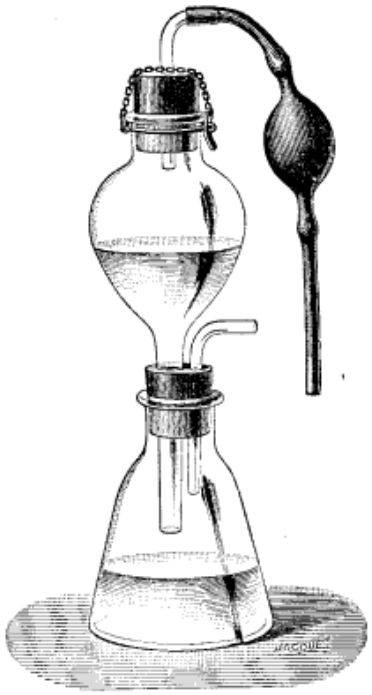


Fig. 119

En hiver, on utilise trois parties d'éther pour deux d'alcool ; en été, on emploie parties égales des deux liquides car le mélange s'évapore plus vite.

La glace talquée doit être recouverte d'une couche uniforme de collodion, sans taches, ni bourrelets d'épaisseur. La glace est tenue par l'angle droit inférieur (fig 120) ou encore placée sur un mince coussin de ouate, disposé sur la main gauche, de façon à ce qu'elle soit en équilibre ; la surface étant horizontale et le goulot du flacon étant nettoyé, on verse une petite quantité de collodion dans un flacon spécial, servant à recueillir l'excès de liquide qui s'écoulera de la glace ; on s'assure ainsi de la propreté du goulot du flacon. On verse alors le collodion au milieu de la glace et, tout en versant lentement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on incline la glace vers l'angle gauche supérieur, puis vers l'angle gauche inférieur ; lorsque la surface de la glace est plus qu'à moitié couverte on fait arriver le collodion au milieu et on le fait écouler par l'angle droit inférieur.

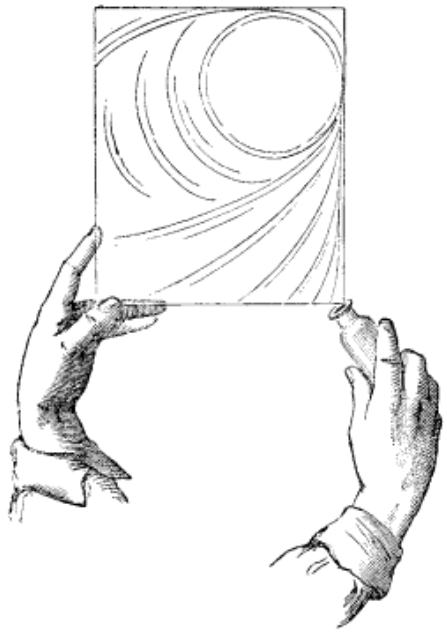


Fig. 120

Tous ces mouvements doivent être faits avec une certaine lenteur, sans à coup, sous peine de produire des bourrelets épais qui se traduisent par des différences de densité dans l'image. Lorsque le collodion arrive vers l'angle droit inférieur on place au-dessous de ce point le flacon spécial destiné à recevoir l'excédent de collodion : il s'agit alors de faire disparaître les stries et marbrures qui tendent à se produire ; en admettant que l'écoulement du collodion se fasse suivant la diagonale verticale, ce qui tend à produire des stries dans le sens de cette diagonale, on relève la glace presque verticalement, et on lui donne un léger mouvement oscillatoire, assez lent, qui tendrait, s'il était poussé à l'extrême, à amener successivement à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'horizontalité les côtés les plus longs. Lorsque le collodion est complètement égoutté (fig. 121), la buée se condense sur la face postérieure de la glace, si celle-ci n'est pas trop épaisse ; le doigt appuyé sur la partie où a eu lieu

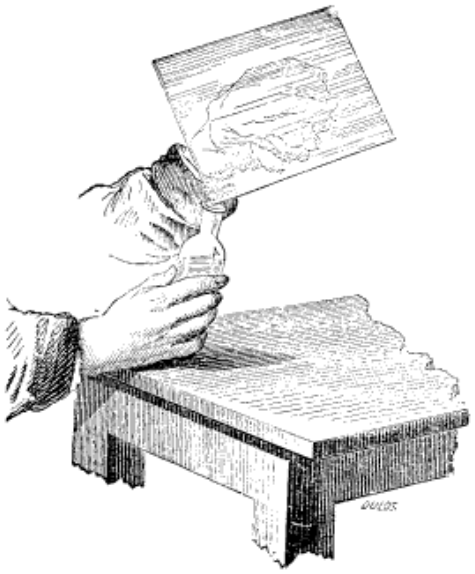


Fig. 121

l'égouttement laisse son empreinte ; c'est le moment précis de mettre la glace au bain d'argent ; si l'on attendait plus longtemps, la glace ne serait pas uniformément sensible dans toute son étendue ; si l'on effectuait trop tôt cette opération, le collodion s'enlèverait par places dans le bain d'argent.

134. Sensibilisation au bain d'argent. — Le bain d'argent est une solution de nitrate d'argent dans l'eau distillée, solution qui avant l'emploi, doit être saturée d'iodure d'argent. A cet effet, on dissout 80 grammes de nitrate d'argent fondu blanc, ou de nitrate recristallisé, sans réaction fortement acide, dans un litre d'eau distillée ; après dissolution, on ajoute au liquide quelques centimètres cubes d'une solution d'iodure de zinc ; il se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

farme de l'iodure d'argent qui se dissout par l'agitation ; on continue l'addition d'iodure de zinc jusqu'à ce que le précipité d'iodure ne se dissolve plus ; on filtre la liqueur après l'avoir alcalinisée et exposée pendant une heure ou deux à la lumière solaire. Sous l'influence de cette lumière, le nitrate d'argent brûle les matières organiques du bain, laisse déposer un peu d'argent métallique sur les parois de la bouteille, et le liquide tend à se charger d'une petite quantité d'acide nitrique si l'eau contient une proportion un peu notable de matières organiques ; on filtre la partie limpide après avoir ajouté dans le filtre deux à trois décigrammes d'acide borique qui maintiennent au bain une réaction légèrement acide. Un bain à réaction alcaline donne des images voilées ; un bain acidulé par une proportion même faible d'acide azotique, tend à fournir des images sans vigueur ; par l'emploi de l'acide borique, on obtient des images limpides et vigoureuses.

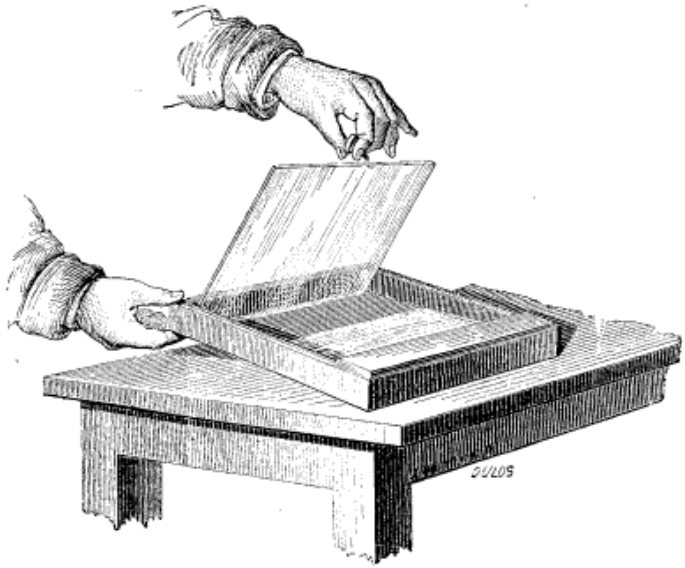


Fig. 122

Le bain d'argent est filtré dans une cuvette à recouvrement (fig. 122) ; on soulève la cuvette pour faire arriver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le liquide dans la partie à recouvrement, et appuyant la glace contre le bord vide de la cuvette on abaisse la plaque presque au niveau du liquide ; à ce moment on rend la cuvette horizontale, et le bain d'argent recouvre alors sans temps d'arrêt la surface collodionnée ; tout temps d'arrêt dans l'action du bain produit une ligne qui ne peut être effacée.

Au lieu d'une cuvette horizontale, on peut utiliser une cuvette verticale dans laquelle on plonge la glace à l'aide d'un crochet (fig. 123). La cuvette verticale nécessite l'emploi d'une quantité de bain d'argent plus grande que celle exigée par la cuvette horizontale.

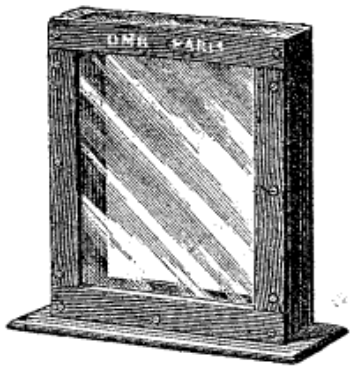


Fig. 123

Deux minutes après avoir immergé la plaque dans le bain d'argent, on soulève celle-ci à l'aide d'un crochet ; en examinant la surface à une lumière rasante on constate des stries huileuses dues à l'inégale densité du mélange éthéro-alcoolique et du bain d'argent ; on agite le liquide de la cuvette par lentes oscillations de manière à faire disparaître ces stries ; en trois ou quatre minutes ce résultat est atteint ; on retire alors la plaque du bain, on la pose verticalement par la tranche sur plusieurs doubles de papier buvard, en mettant dans le haut l'angle par lequel s'est fait l'égouttement du collodion. A l'aide

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un fort tampon de papier Joseph, on essuie le dos de la plaque, on la met dans le châssis et on dispose une bande de papier buvard épais à la partie inférieure, du côté non collodionné, pour absorber l'excès de nitrate d'argent. Le châssis peut alors être porté à la chambre noire pour l'exposition à la lumière.

135. Exposition à la lumière. — La durée d'exposition à la lumière est assez longue dans les opérations courantes de la photographie industrielle; il peut même arriver que la couche de collodion humide commence de sécher par places; on peut le plus souvent obvier à cet inconvénient en disposant dans l'intérieur de la chambre noire, une ou plusieurs éponges mouillées, qui maintiennent dans celle-ci une atmosphère humide, empêchant l'évaporation rapide de la solution d'argent ; en s'évaporant à la surface de la plaque, le bain d'argent se concentre et dissout plus ou moins complètement la couche sensible ; il se produit donc des taches au développement.

Lorsque l'exposition a été prolongée pendant longtemps, il est bon, au sortir du châssis, de recouvrir la plaque d'une petite quantité de bain d'argent, de façon à favoriser l'action du révélateur ; mais si la couche était par trop sèche, ce moyen serait insuffisant pour empêcher les taches et il n'y a pas de remède en pareil cas. En maintenant une atmosphère humide à l'intérieur de la chambre, on peut prolonger la durée de la pose pendant vingt ou vingt-cinq minutes, sans crainte d'accidents.

136. Développement au sulfate de fer. — Le développement se fait à l'aide d'une dissolution acidifiée de sulfate ferreux. Le choix de l'acide n'est pas indifférent :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on emploie soit l'acide acétique, soit l'acide tartrique.

L'emploi de l'acide tartrique présente des avantages qui doivent le faire préférer aux autres composés : en effet, par simple exposition à la lumière, on évite l'oxydation du sulfate ferreux de ce bain de fer ; de plus, on obtient des négatifs intenses et de couleur peu actinique; l'image étant développée très lentement, possède une grande finesse et ne présente pas trace de foisonnement dans les parties les plus déliées; grâce à la lenteur de son action, le bain de fer à l'acide tartrique peut être employé comme renforçateur.

On le prépare avec 50 grammes de sulfate ferreux dissous dans un litre d'eau contenant 10 grammes d'acide tartrique ; on ajoute 30 centimètres cubes d'alcool, parce que le bain d'argent se chargeant d'éther et d'alcool, la couche sensible imprégnée de ce bain ne serait que très irrégulièrement baignée par une solution de fer ne contenant pas d'alcool.

Si la glace est de grandes dimensions, il est mieux de développer en cuvette à recouvrement, avec une quantité de bain de fer suffisante pour couvrir la plaque d'un seul coup. Dans ce cas, on utilise une cuvette à fond de verre, qui permet d'examiner l'image par transparence sans la retirer de la cuvette. L'image apparaît rapidement ; on fait osciller constamment la cuvette, et lorsque l'image a acquis l'intensité suffisante, on lave la plaque sous le jet d'un robinet donnant de l'eau sous faible pression (la couche de collodion étant fragile serait facilement déchirée par un jet d'eau projeté un peu fortement). Si l'intensité n'est pas suffisante et que la solution révélatrice se trouble fortement on la rejette, on lave la plaque et on recommence le développement après avoir baigné la couche avec une solution de 50 grammes de nitrate d'ar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gent, 10 grammes d'acide citrique pour un litre d'eau : ce liquide ne doit être employé que dans la proportion maximum de 15 centimètres cubes pour 100 centimètres cubes de bain de fer.

Les glaces de petites dimensions peuvent être développées en les tenant de la main gauche par un angle opposé à l'égouttement du collodion ; on verse d'un seul coup sur la plaque et sans se presser le bain de fer contenu dans un verre à expérience : 25 centimètres cubes suffisent pour une plaque 21×27.

137. Renforcement de l'image. — Il peut arriver que l'image manque d'intensité après le développement. S'il s'agit d'une image à demi-teintes, on la renforce par l'emploi de l'acide pyrogallique et du nitrate d'argent. La plaque bien lavée est uniformément baignée d'une solution contenant 10 grammes d'acide pyrogallique et 5 grammes d'acide citrique par litre d'eau ; on recueille le liquide qui s'écoule de la plaque dans un verre spécial (tasse à acide pyrogallique) dans lequel on a versé, par 25 centimètres cubes de solution pyrogallique, 1 à 2 centimètres cubes d'une solution de 25 grammes de nitrate d'argent et 10 grammes d'acide citrique dans un litre d'eau ; on reverse ce mélange sur la plaque et on recueille le liquide dans le gobelet où l'on ajoute de temps en temps un peu de dissolution citro-argentique. On doit verser doucement ce mélange sur la plaque et non le projeter avec force, car l'endroit frappé se renforce avec plus d'intensité que le restant de l'image. Le liquide se teinte en brun ; aussitôt qu'il devient un peu trouble on le rejette et on lave la plaque ; si le renforcement est insuffisant, on recommence avec une nouvelle quantité d'acide pyrogallique et de nitrate d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

S'il s'agit de reproductions d'images au trait, on peut développer l'image avec le bain pyrogallique utilisé pour le renforcement ; mais l'emploi de l'acide pyrogallique pour cet objet présente l'inconvénient de nécessiter une durée de pose plus longue que quand on emploie le bain de fer : en revanche, le négatif acquiert presque toujours l'intensité nécessaire par le seul développement. Si cette intensité n'est pas suffisante, si la teinte du négatif est bleuâtre, on fixe et l'on renforce après fixage par changement de teinte.

138. Fixage du négatif. — Le fixage du négatif se fait en dehors du cabinet noir : on emploie l'hyposulfite de soude ou le cyanure de potassium. Des traces minimes d'hyposulfite de soude introduites dans le bain d'argent suffisent pour le mettre hors de service ; d'un autre côté le bain de cyanure de potassium émet des vapeurs d'acide cyanhydrique qui peuvent donner lieu à des troubles graves, nausées, vertiges, etc. ; c'est pour ces motifs que le fixage se fait en dehors du cabinet noir, mais à une lumière pas trop vive. Le cyanure de potassium *ronge* un peu la couche d'argent réduit, car au contact de l'oxygène de l'air il se forme de l'oxyde d'argent soluble dans le cyanure de potassium : l'aspect du négatif est brillant, la couche d'argent est blanche : c'est le fixateur préféré pour les négatifs d'images au trait ; l'hyposulfite de soude conserve mieux les demi-teintes, mais fixe plus lentement ; la couche d'argent est grisâtre.

Le premier bain contient 30 grammes de cyanure de potassium en plaques pour un litre d'eau ; le fixateur à l'hyposulfite est constitué par une dissolution d'hyposulfite de soude à 20 pour 100.

L'image est rapidement lavée au sortir du bain de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixage ; l'hyposulfite de soude est un peu plus long à éliminer que le cyanure de potassium. Il suffit en général de remuer la plaque pendant une ou deux minutes sous un mince filet d'eau convenablement dirigé ; si le négatif ne doit pas être pelliculé, on le recouvre d'une solution de gomme arabique à 4 pour 100 ; on laisse sécher spontanément sur un chevalet, ou si l'on est pressé, à une douce chaleur.

139. Renforcement après fixage. — Le renforcement après fixage est surtout réservé aux reproductions de sujets au trait ; mais ce mode de renforcement ne s'applique qu'aux négatifs non voilés ; on immerge la plaque dans un bain contenant 20 grammes de sulfate de cuivre et 20 grammes de bromure de potassium pour un litre d'eau ; la couche blanchit ; on lave pour éliminer le sel de cuivre et on immerge la plaque dans une dissolution de 50 grammes de nitrate d'argent pour un litre d'eau ; la couche noircit et il suffit souvent de ce traitement, suivi d'un bon lavage, pour amener une intensité suffisante ; on peut d'ailleurs recommencer ce traitement plusieurs fois et terminer par le développement alcalin à l'acide pyrogallique ; après blanchissement par la solution de bromure de cuivre, on lave avec soin et on recouvre le négatif d'une solution de 5 grammes d'acide pyrogallique dans un litre d'eau ; on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque ; le bromure d'argent ainsi réduit possède une couleur brun verdâtre très peu actinique ; ce mode de renforcement présente le très grand avantage de ne pas provoquer le foisonnement des contours de l'image.

140. Vernissage du négatif. — Si le négatif ne doit pas être pelliculé, il convient de préserver la couche de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

collodion qui est très fragile et qui pourrait être éraillée pendant le tirage ; c'est dans ce but que l'on recouvre la surface du négatif d'une couche de vernis, généralement alcoolique ; mais certaines variétés de coton-poudre sont solubles dans l'alcool, dans l'acétone que l'on rencontre presque toujours dans les alcools destinés à la fabrication des vernis ; on court donc le risque, en vernissant le négatif, de le voir diminuer d'intensité par suite de la dissolution de la couche ; on évite cet inconvénient en recouvrant le négatif d'une couche de gomme arabique à 4 pour 100 ; lorsque la couche de gomme est sèche, on vernit en chauffant légèrement le négatif et en recouvrant sa surface de vernis à la gomme laque ; nous avons indiqué la formule de ce vernis (p. 223), on opère comme s'il s'agissait de collodionner la plaque.

§ 2. — COLLODIO-BROMURE

141. Collodion sec. — Nous avons vu que dans le cas de pose très prolongée la couche de bain d'argent qui se trouve à la surface de la plaque sensible peut partiellement s'évaporer, et dans ce cas le négatif est à refaire ; d'autre part, la préparation de la plaque doit s'effectuer à proximité du sujet à photographier ; par suite, si l'on veut employer le procédé du collodion humide, on est obligé, dans certains cas, de transporter un laboratoire portatif. C'est pour éviter ces inconvénients que l'on a imaginé les procédés au *collodion sec* : ce sont les procédés dans lesquels on emploie le collodion étendu à la surface de la glace et formant un enduit sec.

Les procédés au collodion sec consistent en principe à préparer une plaque exactement comme s'il s'agissait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'opérer au collodion humide; mais au sortir du bain d'argent la plaque est lavée à l'eau distillée pour éliminer complètement le nitrate d'argent; ce résultat étant atteint, on recouvre la plaque d'un enduit préservateur (tanin, dextrine, albumine, etc.), et on laisse sécher dans l'obscurité. La plaque est exposée à la chambre noire, puis développée par un révélateur alcalin.

Les plaques au collodion sec ne sont plus employées pour l'obtention des négatifs à cause de leur faible sensibilité; on les utilise industriellement dans les procédés d'impression des images positives; nous décrirons le procédé en traitant des images positives. Les émulsions au collodio-bromure ont remplacé les anciens procédés au collodion sec pour l'obtention des négatifs.

142. Emulsion au collodio-bromure. — Les procédés d'émulsion au collodio-bromure sont basés sur la précipitation du bromure d'argent dans le collodion.

On utilise deux collodions, l'un préparé avec du pyroxile résistant, l'autre avec du coton-poudre pulvérulent; dans les deux collodions, on dissout un bromure composé, préparé en évaporant à siccité un mélange de bromure de cadmium, bromure de zinc et bromure d'ammonium; ces substances se trouvent toutes préparées dans l'industrie des produits chimiques.

Le collodion pulvérulent contient 24 grammes de coton pulvérulent, 200 grammes d'alcool, 12 grammes de bromure composé et 400 centimètres cubes d'éther; le collodion résistant est fait avec 6 grammes de coton-poudre résistant, 12 grammes de bromure composé, 200 centimètres cubes d'alcool à 92° et 400 centimètres cubes d'éther à 66°.

Le collodion destiné à être émulsionné se prépare en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mélangeant parties égales des deux collodions ; si la couche obtenue se déchire, on augmente la proportion de collodion résistant et on prend 3 parties de collodion résistant pour 2 parties de collodion pulvérulent ; en vieillissant, le collodion pulvérulent fournit des couches sensibles peu solides ; il convient alors d'augmenter la proportion de collodion résistant.

Pour 100 centimètres cubes du mélange des collodions on pèse 3 gr. 15 de nitrate d'argent fondu, pulvérisé, et on les place dans un flacon avec 3 à 4 centimètres cubes d'eau ; on chauffe le flacon au bain-marie et lorsque le nitrate d'argent est dissous, on ajoute 25 centimètres cubes d'alcool à 95° ; si l'argent se précipite en petits cristaux, on réchauffe le flacon en le plongeant dans l'eau chaude. Cette opération se fait dans le laboratoire éclairé par la lumière rouge ; on ajoute alors, peu à peu, dans le flacon les 100 centimètres cubes de mélange des collodions et on agite vivement ; l'émulsion obtenue doit être translucide ; quelques gouttes versées sur une lame de verre doivent montrer en rouge orangé la flamme d'une bougie ; quelquefois le précipité prend un aspect plâtreux : en agitant assez longtemps cette apparence disparaît ; l'émulsion doit renfermer un faible excès d'argent, ce que l'on reconnaît en précipitant quelques gouttes d'émulsion par l'eau et ajoutant un peu de dissolution de chromate neutre de potasse ; il se produit un précipité rougeâtre.

On laisse mûrir l'émulsion pendant trente-six ou quarante-huit heures ; pendant ce temps, on l'agite fortement quatre ou cinq fois ; on neutralise alors l'excès de nitrate d'argent et à 125 centimètres cubes d'émulsion, on ajoute 10 à 12 centimètres cubes d'un collodion contenant 80 centimètres cubes d'alcool à 95°, 10 grammes de chlorure de cobalt, 2 grammes de pyroxyle et 120

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centimètres cubes d'éther; on agite fortement et on essaie de nouveau l'émulsion, en précipitant par l'eau quelques centimètres cubes de celle-ci, filtrant et essayant l'eau de lavage avec quelques gouttes d'une dissolution d'azotate d'argent : il doit se produire un précipité blanc.

L'émulsion est alors précipitée par l'eau : la précipitation à chaud fournit une émulsion plus sensible que celle obtenue par précipitation à froid ; on effectue cette opération en versant l'émulsion en mince filet dans une terrine pleine d'eau à 70 ou 80° centigrades (fig. 124);

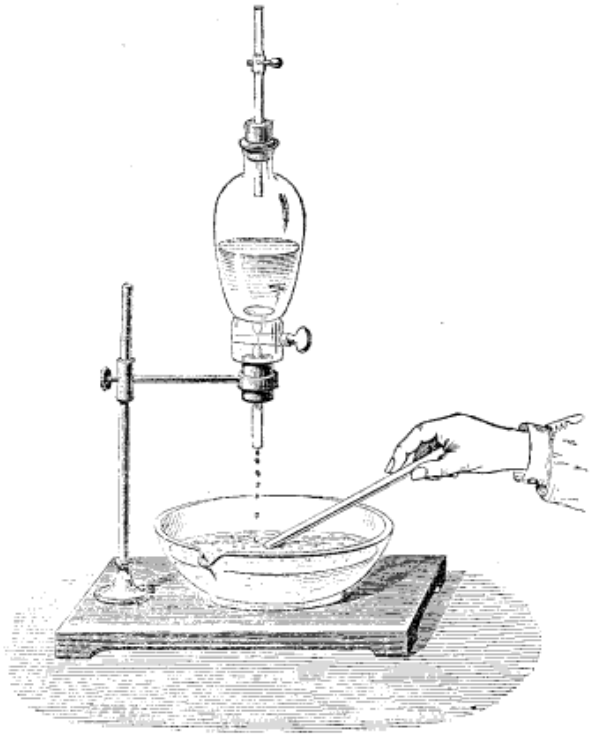


Fig. 124

mais il faut absolument éviter de faire cette opération à proximité d'une lampe, foyer, etc., car les vapeurs d'éther forment avec l'air un mélange détonant; les vapeurs d'éther doivent sortir du laboratoire sans passer au voi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sinage d'une flamme. La précipitation peut être faite à froid dans une grande quantité d'eau; dans l'un ou l'autre cas, on obtient des parcelles cotonneuses, qu'on lave à l'eau distillée.

Au lieu de précipiter l'émulsion, on peut la faire évaporer dans une grande cuvette de porcelaine: la pellicule obtenue est divisée avec une spatule d'argent ou de verre, lavée d'abord à l'eau chaude, puis à l'eau froide. Ce lavage se fait dans un flacon à deux tubulures dont le goulot est fermé par de la gaze (fig. 125); on fait arriver l'eau par



Fig. 125

la tubulure inférieure: les parcelles d'émulsion sont constamment agitées et assez rapidement lavées; on peut aussi les recueillir dans un nouet de mousseline que l'on place à la partie supérieure d'un récipient plein d'eau. Après lavage complet, on recueille le produit dans plusieurs épaisseurs de papier à filtrer, on le comprime pour éliminer l'excès d'eau; on fait séjourner les pellicules dans l'alcool, on presse de nouveau et la dessiccation s'effectue alors rapidement. On redissout 4 grammes à 4 gr. 50 de ces parcelles d'émulsion *sèche* en les faisant gonfler dans 50 centimètres cubes d'alcool; on ajoute 50 centimètre cubes d'éther lorsque les pellicules sont bien imbi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bées d'alcool, ce que l'on reconnaît en agitant : le liquide tend à mousser ; on agite et après disparition des grumeaux, on peut étendre sur glaces talquées.

On peut préparer une émulsion donnant des images très fines et particulièrement bonnes pour les procédés orthochromatiques en modifiant les formules que nous venons d'indiquer. On prépare le collodion en faisant dissoudre 28 grammes de bromure d'ammonium dans 25 centimètres cubes d'eau ; on ajoute 350 centimètres cubes d'alcool absolu ; on verse cette solution dans un collodion préparé avec 150 centimètres cubes d'alcool absolu, 26 grammes de coton-poudre, 500 centimètres cubes d'éther et 25 cc. d'acide acétique ; d'autre part, on fait dissoudre à la température de 40° centigrades 35 grammes de nitrate d'argent dans 25 centimètres cubes d'eau distillée ; on ajoute goutte à goutte de l'ammoniaque pour redissoudre le précipité d'abord formé : il suffit d'environ 35 centimètres cubes d'ammoniaque concentrée ; on verse le tout dans 350 centimètres cubes d'alcool porté à 35-40°. Cette dissolution ammoniacale d'argent est ajoutée peu à peu au collodion bromuré ; on opère dans le cabinet noir et on agite vigoureusement après chaque addition. La quantité d'acide acétique doit être suffisante pour qu'après addition de la solution d'argent, la réaction soit franchement acide ; on agite fortement pendant deux heures et l'on peut faire évaporer l'émulsion, ou la précipiter, la laver et la faire sécher. L'émulsion finale est obtenue en faisant gonfler 5 à 6 grammes d'émulsion sèche dans 40 centimètres cubes d'alcool ; on ajoute peu à peu 60 centimètres cubes d'éther, on agite fréquemment pendant douze heures ; on peut alors filtrer l'émulsion sur du coton et l'étendre sur glace talquée ; on laisse sécher dans l'obscurité, ou on l'emploie à l'état humide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

143. Exposition à la lumière. — La durée d'exposition à la lumière des plaques préparées comme nous venons de l'indiquer, est d'environ le double de celle nécessitée par une plaque au collodion humide, ce qui, au point de vue industriel, présente des inconvénients si l'on opère à la lumière artificielle ; on peut abréger la durée du temps de pose en rendant l'émulsion orthochromatique.

144. Développement. — Le développement des plaques au collodio-bromure s'effectue soit à l'aide des révélateurs alcalins, soit avec l'amidol. La couche de collodion supporte fort mal l'alcalinité des révélateurs employés pour le gélatino-bromure : la dose d'alcali doit être très faible : l'ammoniaque et l'acide pyrogallique fournissent de bonnes images.

On commence par verser à la surface de la couche sèche un mélange d'eau et d'alcool ; ce mélange permet au révélateur de pénétrer bien également l'image ; on lave et on plonge la plaque dans une dissolution contenant 10 grammes de sulfite de soude, 8 grammes d'acide pyrogallique, 1 litre d'eau. Lorsque la couche est bien imbibée de ce liquide, on retire la glace de la cuvette et, par 100 centimètres cubes de révélateur employé, on ajoute, goutte à goutte, un mélange contenant 100 centimètres cubes d'eau, 40 centimètres cubes d'ammoniaque et 4 grammes de bromure de potassium. On emploie au maximum 5 centimètres cubes de ce mélange par 100 centimètres cubes de révélateur. L'image se développe assez vite ; elle est très limpide si la durée du temps de pose n'a pas été excessive ; en cas d'excès de pose, on ajoute au révélateur quelques gouttes de dissolution de bromure de potassium à 10 0/0.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu d'acide pyrogallique, on peut employer l'amidol ou la diamidorésorine en opérant comme s'il s'agissait de développer une plaque au gélatino-bromure, à cette différence près que l'image se développe en employant moins de sulfite que lorsqu'il s'agit d'un négatif au gélatino-bromure.

Le renforcement du négatif est souvent nécessaire; on effectue cette opération en lavant la couche et opérant comme s'il s'agissait de renforcer un négatif préparé par les procédés du collodion humide; généralement l'emploi de l'acide pyrogallique avec acide citrique et nitrate d'argent fournit une intensité suffisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI

ORTHOCHROMATISME. — HALO. — PELLICULAGE DES NÉGATIFS

§ 1. — ORTHOCHROMATISME

145. Procédés orthochromatiques. — H. Vogel a montré que l'on peut rendre le bromure d'argent sensible à l'action de n'importe quelle couleur, ou augmenter la sensibilité qu'il possède déjà à l'égard de certaines radiations ; il suffit de l'additionner d'une matière qui favorise la décomposition du bromure d'argent et qui absorbe la couleur en question sans agir sur les autres. On peut ainsi remédier à l'inactivité de certaines radiations parfois si gênantes.

C'est sur ce principe qu'est basée la préparation des plaques orthochromatiques ; on peut rendre sensibles à diverses radiations les émulsions au gélatino-bromure, celles au collodio-bromure et même les couches préparées au collodion humide.

146 Gélatino-bromure orthochromatique. – On utilise deux procédés pour rendre sensibles aux couleurs les plaques au gélatino-bromure d'argent : on peut se servir d'émulsions qui, étendues sur plaques, possèdent cette sensibilité, ou bien l'on plonge la plaque préparée par le procédé ordinaire, dans un bain qui possède la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propriété de rendre la plaque particulièrement sensible à telle radiation que l'on veut.

Dans les deux cas, il convient de n'employer que les sensibilisateurs agissant à faible dose. Pour donner à une émulsion déterminée une sensibilité pour les diverses régions spectrales comparables à celle de notre œil pour les mêmes radiations, on photographie un spectre solaire en employant l'émulsion à modifier, et on détermine les régions pour lesquelles il y a lieu d'augmenter la sensibilité ; on recherche ensuite parmi les colorants actifs à dose très minime ceux dont les sels d'argent présentent une bande d'absorption dans ces diverses régions. A l'aide d'essais spectrographiques méthodiques, on arrive promptement à déterminer les teintures à utiliser et les proportions relatives de chacune d'elles ; on réalise ainsi facilement le *panchromatisme*. Pour diminuer la trop grande sensibilité des préparations orthochromatiques pour le vert bleu du spectre, on interpose dans le trajet des rayons lumineux pendant l'exposition un écran verdâtre convenablement choisi ; à l'aide de cet artifice, on peut reproduire les teintes correspondantes aux diverses couleurs avec une approximation plus grande que par tout autre procédé.

La liqueur qui permet de rendre orthochromatique une émulsion ne doit être ajoutée à celle-ci que lorsque l'émulsion est lavée et redissoute. Pour rendre une émulsion sensible aux diverses radiations du spectre, on ajoute à 100 centimètres cubes d'émulsion 10 centimètres cubes d'une solution alcoolique saturée de rouge de glycine, 2 centimètres cubes de solution alcoolique d'érythrosine à la dose de 2 grammes pour un litre d'alcool et 3 centimètres cubes de solution alcoolique de cyanine dissoute à la dose de 2 grammes par litre d'alcool.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut rendre l'émulsion sensible au jaune et au vert avec une liqueur contenant un mélange d'éosine jaunâtre et de cyanine ; il suffit d'ajouter à 2 litres d'émulsion 6 centimètres cubes d'une dissolution au deux millième d'un mélange de trois parties d'éosine jaunnâtre et de une partie de cyanine.

Dans la seconde méthode, on plonge d'abord dans l'ammoniaque une plaque préparée au gélatino-bromure ; on l'immerge ensuite dans la solution colorante et on fait sécher dans l'obscurité : il convient de choisir des plaques de rapidité moyenne, car, soumises à cette opération, les plaques extra-rapides du commerce donnent très facilement des négatifs voilés.

Pour rendre une plaque sensible aux couleurs, l'érythrosine a le pouvoir sensibilisateur maximum ; on plonge la plaque dans un bain contenant 20 centimètres cubes d'ammoniaque pour 1 litre d'eau ; après deux minutes d'immersion, on la place dans un bain contenant : eau, 1 litre ; ammoniaque, 20 centimètres cubes ; solution d'érythrosine dissoute à la dose de 2 grammes par litre, 20 centimètres cubes ; on fait sécher dans l'obscurité et on utilise aussitôt après le séchage.

On obtient des plaques sensibles au jaune et au rouge en employant la naphto-fluorescéine ; on plonge d'abord la plaque dans un bain de 20 centimètres cubes d'ammoniaque pour 1 litre d'eau, puis on l'immerge dans un bain contenant 1 litre d'eau, 20 centimètres cubes d'ammoniaque et 120 centimètres cubes de solution de naphto-fluorescéine à 1 0/0 ; on fait sécher dans l'obscurité absolue.

Si les plaques sont traitées par un bain d'érythrosinate d'argent avec excès d'argent, on peut les employer sans écran coloré ; leur conservation est de courte durée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à moins qu'elles ne soient préparées à l'aide du citrate d'argent. On prépare dans l'obscurité du citrate d'argent par mélange d'une solution de 1 gramme de citrate de potassium dans 10 centimètres cubes d'eau et 1 gramme de nitrate d'argent dans 10 centimètres cubes d'eau ; le précipité est lavé, et aux trois quarts de ce précipité, on mélange assez d'ammoniaque pour le dissoudre ; on ajoute alors à la liqueur le quatrième quart de citrate d'argent ; on agite et on dilue avec de l'eau pour amener à 500 centimètres cubes la solution résultante ; d'autre part, on fait dissoudre 1 gramme d'érythrosine pure dans 300 centimètres cubes d'eau ; on mélange, dans l'obscurité, cette solution d'érythrosine avec la solution ammoniacale de citrate d'argent. Le mélange obtenu est additionné d'une solution de 4 grammes d'acide picrique dans 30 centimètres cubes d'alcool absolu. On agite fortement et le liquide résultant est additionné de 33 centimètres cubes d'ammoniaque de densité 0,91 ; on filtre la solution résultant de ce mélange : elle constitue le bain de réserve. Pour l'usage, on prend 10 centimètres cubes de ce bain et on l'additionne de 300 centimètres cubes d'eau. Les plaques à orthochromatiser sont plongées d'abord dans l'eau distillée pendant trois minutes, puis pendant une minute dans une solution de 10 centimètres cubes d'ammoniaque pour 1 litre d'eau, enfin pendant deux minutes dans le bain orthochromatisant ; on fait sécher dans l'obscurité complète.

Pour rendre les plaques sensibles au rouge, on utilise la cyanine chlorurée ; on la prépare à l'aide de la cyanine du commerce qui est un iodure. On place la cyanine du commerce dans une capsule de porcelaine et on la recouvre d'un mélange par parties égales d'eau et d'acide chlorhydrique ; on évapore à sec au bain-marie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et on élimine à l'étuve les dernières traces d'acide chlorhydrique libre ; le résidu constitue la cyanine chlorurée. On prépare une solution mère de cyanine en dissolvant 1 gramme de cette substance dans 500 centimètres cubes d'alcool. On prépare le bain avec 100 centimètres cubes d'eau, 30 centimètres cubes d'alcool et 5 centimètres cubes de cyanine ; la plaque est plongée dans ce bain et séchée dans l'obscurité. Pour éviter les chances de voile, on opère à la lumière d'un verre rouge très foncé en ayant soin d'ajouter quelques gouttes d'acide acétique dans la solution étendue de cyanine jusqu'à décoloration : le traitement peut être fait à la lumière rouge, mais la plaque doit sécher à l'obscurité, car l'acide acétique s'évapore et la cyanine se revivifie en reprenant sa nuance.

Les plaques que l'on veut sensibiliser pour le jaune et pour le rouge sont traitées par une solution d'azaline qui est préparée une solution mère avec 1 gramme de rouge de quinoléine, 500 centimètres cubes d'alcool et 50 centimètres cubes d'une solution de 1 gramme de cyanine dans 500 centimètres cubes d'alcool. On prend alors 4 centimètres cubes de cette solution d'azaline, 1 centimètre cube d'ammoniaque, 30 centimètres cubes d'alcool et 70 centimètres cubes d'eau. La plaque, plongée d'abord dans l'eau ammoniacale, est égouttée, puis immergée dans ce bain ; on fait sécher dans l'obscurité.

Pour rendre les plaques au gélatino-bromure sensibles aux rayons verts, on les plonge dans une solution contenant 1 litre d'eau, 0 gr. 5 d'éosine jaune, 100 centimètres cubes d'alcool à 90° et 10 centimètres cubes d'ammoniaque ; on fait sécher dans l'obscurité la plus complète.

Dans la préparation des plaques orthochromatiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a constaté que, par addition d'un excès de matière colorante, la sensibilité des plaques diminue. Pour expliquer ce fait, on admet que la teinture ne peut s'unir qu'en faible quantité aux composés sensibles, et que, si l'on dépasse une certaine proportion, l'excès de matière colorante forme à la surface de la plaque une couche absorbant les rayons actiniques et les empêchant d'agir sur les couches sous-jacentes.

147. Collodio-Bromure. — Pour rendre orthochromatique une émulsion au collodion préparée avec acide acétique (**142**) on fait dissoudre 1 gramme de cyanine dans 150 centimètres cubes d'alcool, et à un litre d'émulsion contenant 60 grammes de pellicules sèches on ajoute 100 centimètres cubes de cette liqueur et 10 grammes de glycérine ; on peut augmenter la sensibilité de cette émulsion en faisant dissoudre 0 gr. 5 de nitrate d'argent dans 2 centimètres cubes d'eau, ajoutant 10 centimètres cubes d'alcool et versant la liqueur obtenue dans un litre d'émulsion.

On rend l'émulsion sensible au jaune et au rouge à l'aide de l'érythrosinate d'argent. On fait trois solutions : la première contient 8 grammes d'érythrosine, 100 centimètres cubes d'eau distillée et 900 centimètres cubes d'alcool absolu ; la seconde renferme 15 grammes de nitrate d'argent, 250 centimètres cubes d'eau distillée, une quantité d'ammoniaque suffisante pour redissoudre le précipité d'abord formé et 750 centimètres cubes d'alcool absolu ; la troisième est préparée avec 10 grammes d'acide picrique, 30 grammes d'eau distillée et une quantité suffisante d'ammoniaque pour neutraliser la dissolution qui est amenée au volume d'un litre par addition d'alcool absolu. La solution orthochromati-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que se prépare en mélangeant 225 centimètres cubes de la première solution, 100 centimètres cubes de la seconde, 100 centimètres cubes de la troisième, 75 centimètres cubes de glycérine, 400 centimètres cubes d'alcool à 95° et 60 centimètres cubes d'eau ; on laisse déposer ce liquide pendant un quart d'heure et l'on y ajoute de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il devienne limpide ; on filtre au bout d'un jour ou deux et on le mélange à l'émulsion dans la proportion de 200 centimètres cubes pour un litre d'émulsion.

Après addition de la matière colorante, l'émulsion est fortement agitée, filtrée à travers du coton lavé à l'éther ; elle est à ce moment prête à être employée. L'émulsion colorée reste en bon état pendant un jour ou deux, mais il vaut mieux l'employer le jour même de sa préparation ; elle devient insensible au bout d'une semaine.

Au lieu de mélanger la matière colorante à l'émulsion au collodio-bromure, on peut opérer par trempage de la plaque recouverte d'émulsion. Dans ce cas on utilise une émulsion non lavée, non précipitée ; lorsqu'après la sensibilisation par le nitrate d'argent l'émulsion est suffisamment mûre, on la filtre, on l'étend sur une glace ; quand la couche a fait prise on plonge la glace dans une cuvette d'eau de façon à laver complètement la couche ; on rince sous un robinet et on la plonge pendant une minute dans un bain contenant : érythrosine 1 gramme, nitrate d'argent 1 gramme, acide picrique 1 gramme, ammoniaque 30 centimètres cubes, alcool 500 centimètres cubes, eau 500 centimètres cubes ; on abandonne ensuite à la dessiccation dans l'obscurité.

Les plaques recouvertes de ces émulsions colorées sont plus sensibles quand elles sont humides que quand elles sont sèches ; les plaques préparées par trempage dans un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bain de teinture sont presque aussi sensibles à l'état sec qu'à l'état humide.

Le meilleur développateur pour ces plaques est le révélateur à l'acide pyrogallique et ammoniaque.

148. Collodion humide. — Le collodion utilisé ne renferme que du bromure ; on le prépare avec 400 centimères cubes d'alcool, 600 centimètres cubes d'éther, 10 grammes de bromure de cadmium, 10 grammes de bromure d'ammonium et 15 grammes de coton poudre ; quand le collodion est limpide, on l'additionne de 50 centimètres cubes d'une solution contenant 0 gr. 25 d'éosine pour 100 centimètres cubes d'alcool.

Le collodion est étendu sur une plaque à la manière habituelle et la sensibilisation se fait dans un bain d'argent à 15 pour cent, neutralisé d'abord par un petit excès de carbonate d'argent, puis acidifié par l'acide borique. La plaque est exposée à l'état humide. Le développement se fait avec un bain contenant 70 grammes de sulfate de fer et d'ammoniaque, 50 centimètres cubes d'acide acétique, 30 centimètres cubes d'alcool et un litre d'eau.

Ce procédé est très employé dans les ateliers où l'on fait des reproductions d'objets colorés ; le collodion à l'éosine se conserve fort bien dans l'obscurité.

149. Emploi des plaques orthochromatiques. — D'une façon générale on peut dire que les plaques préparées par trempage sont moins sensibles que celles obtenues par mélange de la matière colorante à l'émulsion ; de plus, elles sont sujettes à donner des images présentant des taches au développement. Cette opération se fait avec les solutions employées d'habitude, mais en observant certaines précautions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est indispensable d'éviter l'action des radiations orange, jaune ou verte pendant le développement des plaques orthochromatiques ; le mieux est de développer dans une cuvette de porcelaine que l'on recouvre d'un carton noir ; il est préférable de développer énergiquement le négatif, sauf à diminuer son intensité, que de le renforcer, car le renforçage d'une plaque orthochromatique réussit rarement d'une manière convenable. Si la couleur sensibilisatrice adhère encore quelque part dans la couche après le lavage final, il suffit de plonger la plaque pendant quelques minutes dans l'alcool, la matière colorante se dissout très facilement ; on termine par un lavage à l'eau.

§ 2. — PLAQUES ANTI-HALO

150. Halo. — Le phénomène connu sous le nom de halo ou auréole photographique provient de la réflexion des rayons lumineux sur la face postérieure du verre ; ces rayons lumineux, (sauf le cas de couches de gélatino-bromure très épaisses ou de plusieurs couches), ne sont pas absorbés par l'émulsion et reviennent frapper l'envers de la couche, produisant autour de l'image une auréole qui enlève toute netteté au contour des objets fortement éclairés ou de ceux qui se dégagent sur un fond fortement éclairé. Les plaques qui permettent d'éviter cet insuccès sont dites anti-halo.

On prépare les plaques anti-halo en étendant l'émulsion sur un support imperméable ou très peu perméable à la lumière, ou encore en employant plusieurs couches de gélatino-bromures de moins en moins sensibles à mesure qu'on s'approche de la surface du verre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut enfin étendre au dos de la plaque un vernis d'indice de réfraction très voisin de celui du verre ; la réflexion qui a lieu à la surface du verre est très affaiblie ; elle est reportée presque entièrement à la surface de séparation du vernis et de l'air ; le halo est sensiblement nul à cause de l'opacité du vernis.

151. Plaques anti-halo au gélatino-bromure. — Ces plaques sont surtout utilisées pour photographier des vitraux, des intérieurs peu éclairés, des dessous de bois, etc. : plusieurs procédés permettent de les obtenir.

On prépare spécialement ces anti-halo de la manière suivante : sur une glace collodionnée et talquée on étend une couche épaisse de gélatine à 12 pour cent, quand cette couche est sèche, on la recouvre de la mixture suivante : 12 grammes de gélatine sont dissous dans 90 centimètres cubes d'eau, après fusion au bain-marie on ajoute 8 grammes de sucre et 80 centimètres cubes de glycérine ; quand tout est bien mélangé on ajoute 6 centimètres cubes d'une solution alcoolique saturée de chrysoidure, 6 centimètres cubes d'une solution alcoolique saturée d'amine et 15 centimètres cubes d'une solution saturée de violet de méthyle dans l'alcool ; quand le tout est bien mélangé on étend sur la plaque gélatinée, disposée horizontalement ; la couche est sèche au bout de deux à trois jours ; on la détache du verre et par une légère pression exercée avec un rouleau de caoutchouc on la fait adhérer au dos de la plaque ; ces coussinets anti-halo peuvent servir pendant fort longtemps.

L'emploi du papier de pâte chromographe peut être employé pour le même objet après que l'on a coloré ce papier en bleu ou en noir ; pour éviter qu'il rouille le ressort des châssis on interpose entre le papier et le ressort des châssis une feuille de papier paraffiné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient un excellent enduit contre le halo en mélangeant à sec 100 parties d'acre rouge en poudre et 50 parties de dextrine ; on ajoute 50 à 45 parties d'eau et 3 parties de glycérine; on malaxe le tout et on le passe au travers d'un tamis de toile métallique en s'aidant d'un pinceau plat à poils durs; on conserve cet enduit en tubes d'étain, semblables à ceux des couleurs pour peintures. Pour l'usage on étend cet enduit au dos des plaques avec un pinceau ; on met immédiatement sur la couche humide une feuille de papier jaune que l'on lisse avec les doigts. Pour enlever l'enduit au moment de développer on place pendant quelques minutes la surface du papier sur un feutre humecté d'eau; le papier se ramollit et à l'aide d'une éponge légèrement mouillée on enlève l'excès de couleur.

Au lieu de cette couleur on peut employer un mélange de 1 partie de caramel, 1 partie de solution épaisse de gomme arabique, 2 parties de terre de Sienne brûlée et 2 parties d'alcool méthyliqne; ce produit mis en tubes se conserve fort bien ; on l'applique au dos de la glace à l'aide d'un tampon de toile.

Les vernis ou pâtes obtenues à l'aide de substances insolubles dans l'eau sont d'un emploi assez pratique ; on peut utiliser dans ce but un mélange de 6 volumes d'essence de girofle et 1 volume d'essence de térébenthine mélangés d'une quantité de noir de fumée suffisante pour former une pâte qui s'étendra facilement sur le revers des plaques au moyen d'un pinceau ou d'un tampon de coton ; avant le développement on enlève cette pâte noire au moyen d'un tampon de papier Joseph.

Un vernis séchant rapidement est obteuu en ajoutant à une solution de caoutchouc dans la benzine du bitume de Judée pulvérisé jusqu'à ce que la liqueur soit devenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout à fait sirupeuse, exactement comme la mélasse un peu épaisse ; il faut que cette mixture puisse s'appliquer lentement au pinceau au dos des plaques ; pour l'éliminer avant le développement, on place la glace, gélatine en dessous, sur du papier buvard, et avec un large ciseau de menuisier très bien affûté on rabote la plaque : la plus grande partie du bitume est ainsi enlevée avant le développement ; ce qui reste s'enlève avec de la benzine après achèvement du négatif.

L'émulsion est étendue sur une couche de gélatino-iodure d'argent peu sensible à la lumière et qui se dissout ultérieurement dans l'hyposulfite de soude ; ce mode de fabrication est breveté. Au lieu d'iodure on peut employer le chlorure ou le chromate d'argent, mais l'emploi de ce sel diminue la sensibilité de l'émulsion.

Le gélatino-bromure est étendu sur une couche de gélatine ou de collodion coloré par une matière facilement soluble dans divers réactifs, tels que l'alcool, l'acétone, le bisulfite de soude : ces substances sont facilement éliminées soit pendant les manipulations de la plaque, soit après que le négatif est terminé. Un très grand nombre de matières colorantes peuvent être employées pour cet usage : celles qui conviennent le mieux sont celles qui sont colorées en rouge ou jaune orangé quand on les incorpore à la couche préliminaire de gélatine et qui demeurent incolores sous l'influence des réactifs employés au développement ou au fixage.

Au lieu d'une couche de gélatine colorée on peut utiliser un verre sur lequel on étend l'émulsion ; le verre jaune ou vert est très pratique pour cet objet. Lorsque le négatif est terminé on le transforme en négatif pelliculaire propre à l'impression.

Le procédé qui consiste à utiliser une couche d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

enduit anti-halo étendu au dos de la glace est en somme très pratique, surtout si l'enduit est préparé sur une feuille d'étoffe que l'on fait adhérer à la plaque et qui peut servir plusieurs fois.

Les *anti-halo adhésifs* peuvent être constitués par une simple feuille de papier mixtionné noir pour procédé au charbon dont on badigeonne l'envers de vernis au caoutchouc après l'avoir collodionné ; on plonge pendant un quart d'heure ce papier dans une solution de 3 grammes d'acide phénique, 300 grammes de glycérine et 750 centimètres cubes d'eau ; lorsque la gélatine est bien gonflée on fait adhérer ce papier au dos de la plaque à préserver en s'aidant de la roulette et du rouleau.

Dans le même but on utilise une feuille de caoutchouc noir que l'on fait adhérer au dos de la plaque avec quelques gouttes de benzine.

On obtient facilement une excellente mixture séchant très vite, ne produisant pas de poussières et très facile à enlever en utilisant le savon blanc ; on fait macérer pendant huit jours 15 grammes de savon blanc, finement pulvérisé dans 300 centimètres cubes d'alcool ; on filtre la dissolution et on l'additionne de 3 g. 5 d'érythrosine et 3 gr. 5 d'aurine ; on applique ce mélange avec un pinceau sur le dos des plaques ; il se sèche rapidement ; avant le développement il suffit de frotter avec un linge sur le dos des plaques pour enlever l'anti-halo.

Les collodions colorés peuvent être appliqués au dos des plaques et fournissent d'excellents vernis anti-halo.

La meilleure formule, s'appliquant à toutes les plaques, se prépare en faisant dissoudre 3 grammes d'érythrosine et 3 grammes d'aurantia dans 500 centimètres cubes d'alcool ; on ajoute par petites fractions et en agitant fortement chaque fois 500 centimètres cubes d'éther ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque tout est dissous on ajoute 10 centimètres cubes d'huile de ricin pour donner de la souplesse à la couche ; on enlève cet enduit après séchage du négatif en employant un tampon de papier imbibé d'alcool.

L'industrie prépare ces diverses substances que l'opérateur n'a qu'à appliquer aux glaces qu'il utilise s'il ne s'est pas procuré les glaces anti-halo que l'on fabrique aujourd'hui dans presque toutes les usines et que l'on vend à un prix plus élevé que celui des plaques ordinaires.

§ 3. — PELLICULAGE DES NÉGATIFS

152. Négatifs au collodion. — On désigne sous le nom de pelliculage des négatifs l'opération qui a pour but de transporter sur une pellicule souple l'image négative qui a été obtenue sur plaque ; cette opération s'effectue très fréquemment en photographie industrielle, soit qu'il s'agisse d'imprimer le négatif par l'une ou l'autre face, soit que l'on veuille faire une mise en page de plusieurs négatifs sur une même planche ; plusieurs procédés permettent d'obtenir ces résultats.

Le négatif au collodion peut être transporté sur pellicule de gélatine ; il est utile qu'après le nettoyage la glace ait été talquée.

On commence par coller sur les bords de la glace des bandelettes de papier de façon à former du côté de la couche de collodion du négatif une cuvette de 8 à 10 millimètres de profondeur. On laisse sécher le papier et l'on place la glace sur un trépied à vis calantes. On recouvre la couche de collodion d'une dissolution de 100 grammes de belle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gélatine dans un litre d'eau additionné de 10 grammes de glycérine et 2 grammes d'acide phénique. Cette solution étendue chaude (13° cent.) sur le collodion ne tarde pas à faire prise ; on abandonne alors à la dessiccation à l'abri des poussières ; comme cette opération dure de 4 à 5 jours suivant l'épaisseur de la couche, il est indispensable d'ajouter un antiseptique à la gélatine. Quand la couche est parfaitement sèche, on la collodionne, on incise ses bords jusqu'au verre et l'on soulève par un angle ; la pellicule s'enlève d'elle-même. On conserve à plat ces pellicules entre des feuilles de papier buvard ; elles permettent d'imprimer le négatif par le recto ou par le verso. De plus, on a par ce procédé substitué à un support fragile et lourd un support souple et incassable, ce qui est précieux pour les négatifs de grande dimension.

Si le négatif est destiné aux procédés d'impression sur zinc ou si l'on veut réunir plusieurs négatifs sur une même planche, on opère de la manière suivante. Le négatif étant bien sec on le recouvre d'une solution de 20 gr. de caoutchouc dans un litre de benzine cristallisable : cette solution ne doit pas avoir plus de consistance que du sirop ; au besoin on l'étend de benzine ; ce vernissage au caoutchouc s'effectue comme s'il s'agissait de collodionner la plaque. On laisse sécher à l'abri de la poussière, au besoin en chauffant très faiblement le négatif et quand la couche de caoutchouc est bien sèche on la recouvre d'une couche de collodion normal contenant : 500 centimètres cubes d'alcool, 20 grammes de coton-poudre et 500 centimètres cubes d'éther. Aussitôt que l'éther et l'alcool sont évaporés, on incise les bords de la couche avec une pointe coupante, on mouille le négatif et on applique à la surface une feuille de papier mouillé d'eau, en évitant l'interposition des bulles d'air ; on passe dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce but une raclette de caoutchouc à la surface d'une toile caoutchoutée placée contre la surface du papier ; on soulève en même temps un angle du papier et un angle du négatif ; on tire à soi ; le négatif abandonne le verre qui lui servait de support et reste sur le papier.

Le négatif pelliculaire est alors mis en place sur une grande glace ; on reporte la pellicule et son papier sur la glace après avoir mouillé le côté collodionné ; à l'aide de la raclette on chasse l'eau restant sur la glace, on éponge avec du papier buvard et on met en place en utilisant le procédé indiqué plus loin pour la mise en page.

Le pelliculage des négatifs préparé par le procédé du collodio-bromure s'effectue par le même procédé ; si l'on veut des négatifs pouvant être imprimés par le recto et le verso, on a le soin de prendre une couche de gélatine assez mince pour ne pas diminuer la finesse de l'image.

153. Négatifs au gélatino-bromure. — Le négatit bien lavé est immergé dans une solution de 100 centimètres cubes de formol commercial pour un litre d'eau ; l'immersion est prolongée pendant 10 minutes, on lave et on laisse sécher. Le négatif placé de niveau est recouvert soit d'une solution de gélatine, soit de collodion épais contenant de l'huile de ricin ; ce collodion se prépare avec 25 grammes de coton-poudre, 500 centimètres cubes d'alcool, 500 centimètres cubes d'éther et 20 centimètres cubes d'huile de ricin ; on emploie de 16 à 18 centimètres cubes de ce collodion pour une plaque du format 13×18. On laisse sécher, on lave le négatif, on découpe 1 à 2 millimètres du bord avec une lame à découper et on soulève par un angle en tirant à soi ; la pellicule s'enlève facilement ; on l'immerge dans un bain contenant 50 centimètres cubes de glycérine, 50 centimètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cubes d'alcool et 1 litre d'eau. On fait sécher en appliquant la pellicule glycérinée sur son ancien support, préalablement nettoyé avec de la glycérine étendue d'eau ; on passe la raclette et on fait sécher.

On peut obtenir un négatif pelliculaire sur gélatine épaisse. On borde le cliché avec du papier fort de façon à obtenir une cuvette dont les bords ont environ 2 millimètres de hauteur ; dans la cuvette ainsi obtenue, dont le négatif forme le fond, on verse une couche de solution de gélatine, de façon à avoir une épaisseur de 2 millimètres environ. Cette solution se prépare en faisant dissoudre 150 grammes de gélatine dans un litre d'eau additionné de 20 grammes de glycérine : on fait dissoudre au bain-marie et on filtre à chaud ce liquide avant de le verser sur le négatif disposé bien horizontalement ; après dessiccation complète, on verse sur la couche de gélatine une couche de collodion normal qui empêche l'action de l'humidité sur la pellicule ; on laisse sécher complètement, on incise les bords avec une lame tranchante et on enlève du verre le négatif pelliculaire qui sert à l'impression, la face gélatino-bromure en contact du papier ou de la plaque sensible.

BIBLIOGRAPHIE

AUDRA. — *Le gélatino-bromure d'argent.*
CHARDON. — *Photographie sèche par émulsion au bromure d'argent.*
CLERC (L.-P.). — *La Chimie du Photographe.*
DAVANNE (A.). — *La Photographie.*
EDER (Dr J.-M.). — *Die Photographie mit Bromsilber-Gelatine und Chlorsilber-Gelatine.*
FABRE (C.). — *Traité Encyclopédique de Photographie.*
FERY (C.) et BURAIS. — *Traité de Photographie industrielle.*
LONDE (A.). — *Traité pratique du développement.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LUMIÈRE (N. et L.). — *Développements organiques en Photographie.*
MATHET (L.). — *Guide pratique pour l'emploi des surfaces orthochromatiques.*
— *Leçons élémentaires de chimie photographique.*
NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — *Chimie des manipulations photographiques.*
SEYEWETZ (A.). — *Le développement de l'image latente. Théorie et pratique.*
VOGEL (D.-H.-W.). — *Handbuch der Photographie.*
— *La photographie des objets colorés avec leur valeur réelle.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

PROCÉDÉS POSITIFS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER

SUPPORTS OPAQUES, TRANSLUCIDES, TRANSPARENTS

154. Emploi du papier. — Les images positives sont obtenues soit sur papier, soit sur verre dépoli ou sur verre poli.

Les procédés d'impression sur papier sont de beaucoup les plus nombreux et permettent de réaliser une très grande variété de teintes d'image ; on peut imprimer sur papier soit par procédés chimiques, soit par les procédés d'impression utilisés dans les arts graphiques auquel cas les papiers utilisés peuvent être de même qualité que les bons papiers utilisés en lithographie ou en gravure.

S'il s'agit d'impressions par procédés chimiques, il faut, en général, utiliser des papiers d'une nature spéciale et fabriqués en vue des applications à la photographie. La pâte du papier doit être exempte de sels calcaires dont la présence viendrait modifier certaines réactions ; elle doit être exempte de points de fer ou de cuivre, métaux qui, agissant sur les sels d'or ou d'argent, les réduiraient et provoqueraient ainsi des taches ; enfin la pâte doit être exempte de toute matière destinée à la surcharger et par là même à diminuer la résistance du papier dans les divers bains.

Les épreuves sur papier sont souvent destinées à être collées sur des cartons permettant de les collectionner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en album ; dans ce cas, la force du papier employé est de 8 à 10 kilos à la rame. Ce papier résiste bien dans les divers bains et se laisse facilement coller sur le carton. Dans certains modes d'impression, on utilise le papier couché (papier revêtu d'une émulsion au sulfate de baryte) ; la force de ce papier doit être telle que le poids de la rame soit de 20 à 30 kilos ; nous verrons en traitant de la fabrication de ces papiers, qu'il est fort difficile d'utiliser ceux qui sont trop légers.

L'encollage du papier a une très grande importance sur la nature de l'image ; les papiers destinés aux impressions par réaction chimique sont généralement encollés à l'amidon, plus rarement à la gélatine. Lorsque ces encollages sont faits spécialement pour les papiers destinés à la photographie, il n'en résulte pas d'inconvénients.

Le choix du papier à employer est assez difficile ; mais l'on peut dire que ce serait une économie mal entendue que d'employer des papiers de qualité inférieure ; en particulier, la présence de pâte de bois que l'on peut déceler par réactions chimiques amènerait à brève échéance le jaunissement de l'épreuve exposée au jour et par suite sa destruction. Le poids des cendres que laisse le papier est un facteur extrêmement important et dont on doit tenir compte : la cellulose pure ne laisse pas de cendres, le coton ordinaire, lorsqu'il est pur, en fournit ; les papiers employés en photographie ne doivent pas donner plus de trois pour cent de résidu pour être d'un bon usage avec la plupart des procédés à réactions chimiques.

Certains papiers employés par les peintres, les dessinateurs ne sont pas préparés en vue des opérations photographiques ; il convient alors de leur faire subir un traitement chimique qui consiste à les immerger dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau chargée de 3 0/0 d'acide chlorhydrique ; on lave jusqu'à disparition de réaction acide et l'on fait sécher ; ce mode de purification permet d'employer tous les papiers qui ne sont pas trop chargés de matières minérales.

155. Supports translucides. — Les supports translucides les plus usités sont le verre dépoli, le celluloïd, le verre opale.

Le verre dépoli sert surtout pour l'obtention des épreuves destinées à former des vitraux : le grain du dépoli doit être fin et bien égal : l'image est formée sur la surface polie du verre. L'inconvénient qui résulte de l'emploi de ce verre provient de ce que la distance entre le dépoli et l'image est souvent trop faible ; dans ce cas, les facettes du verre dépoli donnent des *effets de neige* dans les parties transparentes de l'épreuve surtout si celle-ci est très brillante.

Le celluloïd est employé soit en feuilles minces translucides, soit en feuilles épaisses ayant l'épaisseur d'un carton de force moyenne; les feuilles minces sont ou blanches ou colorées généralement en rose; elles ressemblent assez bien à de minces feuilles d'ivoire. Les feuilles épaisses remplacent le verre opale dont elles n'ont pas la fragilité. La surface du celluloïd peut être polie ou dépolie. Ce support sert surtout pour reporter des images au charbon ou au collodion; on l'utilise aussi recouvert d'émulsion au gélatino-chlorure ou au gélatino-bromure.

Le verre opale est surtout utilisé comme support provisoire dans le procédé dit au charbon: il présente la blancheur du papier et par suite l'opérateur peut se rendre compte de l'effet obtenu par dépouillement de l'image.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce verre opale se trouve en feuilles de tous formats dans le commerce. Si le verre opale est destiné au dépouillement des images au charbon on doit prendre du verre double ; au contraire si ce verre doit servir pour des diapositives on prendra du verre mince et dans certains cas pour augmenter la matité des blancs il y aura intérêt à faire dépolir la face du verre opposée à l'image. On trouve depuis peu de temps dans le commerce, des plaques au gélatino-bromure ou au gélatino-chlorure préparées sur verre opale ; elles permettent d'obtenir des images positives d'un très bel effet.

156. Supports transparents. — Deux sortes de supports transparents pour images photographiques sont utilisés : le verre et le celluloïd.

Le verre recouvert d'une couche sensible à la lumière permet d'obtenir les diapositives le plus fréquemment préparées. S'il s'agit d'images stéréoscopiques, de vitraux de petite dimension on emploiera le verre mince ou l'extra-mince.

L'image sur verre transparent est presque toujours examinée derrière un verre dépoli qui forme un fond uniforme ; on peut, dans certains cas, remplacer ce dépoli par un vernis à grain très fin que l'on applique à la surface postérieure du verre ; ce vernis se prépare en dissolvant 60 grammes de sandaraque et 60 grammes de gomme Dammar dans un litre d'éther ; on ajoute peu à peu de la benzine dans la solution filtrée de ces substances et on essaie chaque fois l'action de la benzine qui produit un vernis dépoli ; il faut environ de 60 à 80 centimètres cubes de benzine cristallisable pour produire un bon dépoli ; plus on emploie de benzine plus le grain du dépoli est grossier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les images transparentes sur verre sont surtout destinées aux épreuves pour projections. Le format de ces épreuves est en France de 85 × 105 millimètres; les images sur verre sont munies d'un second verre transparent qui empêche la couche d'être éraillée pendant les diverses manipulations.

Les supports transparents en celluloïd sont surtout destinés aux bandes cinématographiques sur lesquelles on imprime toute une série d'images; ces supports transparents sont revêtus d'émulsion au gélatino-bromure, débitées en bandes de largeur convenable et perforées de façon à pouvoir être utilisées dans les cinématographes usuels.

On fait aussi des bandes pelliculaires sur lesquelles on imprime des images stéréoscopiques. L'examen de ces épreuves s'effectue en déroulant la bobine portant les deux images, de façon à les amener dans l'axe de deux oculaires; une bobine receptrice reçoit les images que l'on a examinées; ce système a été établi en vue de remplacer les stéréoscopes américains.

En étudiant chacun des procédés de tirage, nous indiquerons quels sont de ces supports, ceux qu'il convient d'employer suivant les cas extrêmement nombreux qui se présentent dans les applications.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

GÉLATINO-CHLORURE; COLLODIO-CHLORURE ET PROCÉDÉS AU COLLODION

§ 1. — GÉLATINO-CHLORURE

157. Gélatino-chlorure d'argent. — Les épreuves sur papier au gélatino-chlorure d'argent s'obtiennent en général par noircissement direct de la couche d'émulsion.

On prépare cette émulsion à l'aide de quatre dissolutions : A) on fait dissoudre 20 grammes d'acide citrique dans 100 centimètres cubes d'eau et on ajoute une quantité d'ammoniaque suffisante pour ramener au bleu le papier de tournesol; B) dans 400 centimètres cubes d'eau distillée on fait dissoudre 25 grammes de nitrate d'argent; C) dans 400 centimètres cubes d'eau on fait dissondre 7 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et on fait gonfler dans ce liquide 25 grammes de gélatine; D) on fait une dissolution de 22 grammes de nitrate d'argent dans 100 centimètres cubes d'eau distillée. L'émulsion est obtenue en chauffant au bain-marie la dissolution C et ajoutant peu à peu en agitant et continuant de chauffer à 40° centigrades la dissolution D; l'émulsion étant obtenue on l'additionne de la solution A, puis de la dissolution B. Si le grain de l'émulsion obtenue est trop fort, on la chauffe au bain-marie à la température de 80° C. pendant cinq minutes; on laisse faire prise par refroidis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sement et on divise à l'état de parcelles minimes, comme s'il s'agissait d'une émulsion au gélatino-bromure ; on lave ces parcelles d'émulsion dans une première eau pendant cinq minutes, puis on renouvelle plusieurs fois l'eau de lavage jusqu'à élimination des sels solubles ou à disparition de la réaction alcaline de l'émulsion ; on recueille les parcelles lavées, on les fait égoutter avec soin ; on fait dissoudre cette émulsion et sans ajouter de gélatine, on la filtre à l'aide d'un entonnoir garni de coton hydrophile : elle est alors prête à être étendue sur papier ou sur verre.

Le papier employé n'est autre que le beau papier couché des lithographes. L'étendage peut être fait à la machine en opérant exactement comme s'il s'agissait de papier au gélatino-bromure d'argent ou bien, dans une petite usine, on peut préparer le papier à la feuille ; il suffit de maintenir l'émulsion dans une cuvette chauffée au bain-marie et de faire glisser la feuille de papier à la surface du bain ; la feuille entraîne une quantité suffisante d'émulsion ; on l'abandonne pendant quelques minutes à plat sur une grande glace et on la suspend pour la faire sécher ; on la débite ensuite aux formats photographiques. L'emballage de cette émulsion se fait en pochettes de papier paraffiné, renfermées dans des enveloppes de papier couleur jaune orangé.

Ce papier demande à être traité avec précautions ; il noircit à une faible lumière, est facilement taché par des doigts malpropres ou humides ; quand le papier a pris une légère teinte brunâtre, on peut encore en faire usage parce que cette coloration disparaît par le virage et le fixage.

La même émulsion étendue sur verre transparent ou sur verre opale permet d'obtenir des images positives par noircissement direct.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — COLLODIO-CHLORURE D'ARGENT

158. Préparation du collodio-chlorure. — L'émulsion au collodio-chlorure d'argent se prépare surtout à l'aide des mélanges de chlorure de strontium et de chlorure de lithium. On fait dissoudre 24 grammes de coton-poudre dans 400 centimètres cubes d'alcool et 400 centimètres cubes d'éther ; on a au préalable fait dissoudre dans l'alcool 4 grammes de chlorure de strontium et 2 grammes de chlorure de lithium ; d'autre part on place dans un grand flacon 28 grammes de nitrate d'argent finement pulvérisé et 15 centimètres cubes d'eau distillée ; on chauffe au bain-marie pour faire dissoudre le nitrate d'argent et lorsque ce résultat est obtenu on ajoute 100 centimètres cubes d'alcool à 90°. C'est dans la solution argentique ainsi préparée que l'on verse par petites fractions le collodion chloruré. Le mélange se fait peu à peu, par petites quantités, et en agitant fortement chaque fois que l'on a ajouté du collodion chloruré ; on opère à la lumière jaune. Quand on a ajouté tout le collodion on verse dans l'émulsion obtenue 100 centimètres cubes d'éther et 12 centimètres cubes de glycérine ; on agite fortement, on laisse déposer et après filtration on étend l'émulsion sur des feuilles de papier couché.

L'étendage de cette émulsion se fait par des procédés identiques à ceux de l'étendage du collodion sur feuilles de verre. Le couchage du collodio-chlorure par l'emploi de machines permettant de récupérer les vapeurs d'éther et d'alcool n'a pas fourni jusqu'à présent de bons résultats.

Le papier est rapidement séché ; on le coupe aux dimen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sions usuelles et les feuilles découpées sont empilées les deux surfaces sensibles étant en regard. Ce papier doit être préservé de la lumière et de l'humidité et surtout des vapeurs ammoniacales; il jaunit facilement; on le conserve dans plusieurs enveloppes de papier paraffiné; ces enveloppes sont renfermées dans une pochette de carton brun qui le préserve de l'action de la lumière.

Au lieu d'étendre l'émulsion sur papier couché, on l'étend sur papier simplement gélatiné, non aluné, de telle sorte que, la gélatine étant soluble dans l'eau chaude l'image terminée puisse être transférée sur verre et débarrassée de son support papier par l'action de l'eau bouillante.

L'émulsion au collodio-chlorure sert aussi à préparer des plaques sur verre opale ou sur verre transparent destiné à l'obtention de diapositives; cette application est peu répandue car la couche de collodio-chlorure a une certaine tendance à se détacher du verre et d'autre part l'emploi du gélatino-chlorure offre un moyen plus économique de préparations pour ce genre de travail.

§ 3. — DIAPOSITIVES AU COLLODION

159. Avantages de ces procédés. — L'emploi du collodion pour obtenir des diapositives par transparence permet de produire des images d'une très grande limpidité et d'une finesse que l'on demanderait vainement aux autres procédés; la préparation est économique et s'effectue rapidement. Les moyens employés sont : le procédé au collodion humide, le collodio-bromure, le collodion albuminé et le collodion sec au tanin.

La préparation des plaques diapositives par le procédé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du collodium humide et par le procédé du collodio-bromure ne diffère pas de celle que nous avons indiquée précédemment lorsqu'il s'agissait d'obtenir des négatifs; le mode opératoire est absolument le même.

160. Collodion albuminé. — Ce procédé permet d'obtenir les diapositives les plus harmonieuses et les plus fines. Il consiste à collodionner une plaque, la sensibiliser au bain d'argent, la laver de façon à enlever tout excès de nitrate d'argent et la recouvrir avec de l'albumine iodurée ou iodobromurée dont l'effet est d'anéantir la sensibilité première que le bain d'argent avait donné à la préparation qui devient alors inerte à la lumière et peut se conserver pendant fort longtemps à cet état. Peu de temps avant l'utilisation des glaces préparées on les sensibilise dans un bain d'argent acidifié par l'acide acétique cristallisable, on lave et si l'on veut prolonger la conservation, on termine la préparation en couvrant la surface d'une solution d'acide gallique.

Le collodion que l'on utilise doit donner une couche qui, sensibilisée, ne sera pas trop opaline. On le prépare en dissolvant 10 grammes d'iodure d'ammonium et 3 grammes de bromure de cadmium dans 400 centimètres cubes d'alcool à 90°; on ajoute 10 grammes de coton-poudre, puis peu à peu 600 centimètres cubes d'éther; on laisse déposer pendant quelques jours et on décante la partie limpide; ce collodion doit être coloré en jaune et présenter la teinte du vin de Madère; au besoin on ajoutera quelques paillettes d'iode pour lui communiquer cette coloration.

La plaque est nettoyée, talquée et collodionnée par les moyens habituels décrits plus haut; on laisse évaporer le trop grand excès d'alcool et d'éther et lorsque la couche a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait prise on la plonge dans un bain d'argent, contenant 80 grammes de nitrate d'argent, 10 gouttes d'acide azotique et un litre d'eau ; le bain a été préalablement saturé d'iodure d'argent comme s'il était destiné à être utilisé pour les glaces préparées par le procédé du collodion humide. Lorsque ce bain a servi pendant un certain temps, on l'additionne de quelques gouttes de solution de carbonate de soude pur jusqu'à production d'un précipité permanent et on l'expose en cet état à la lumière solaire soit dans une cuvette de porcelaine soit dans un flacon de verre blanc ; les matières organiques nuisibles forment avec l'argent un précipité noirâtre que l'on sépare par filtration ; au liquide filtré on ajoute une quantité suffisante d'acide azotique pour qu'il manifeste au papier bleu de tournesol une réaction franchement acide ; cette addition d'acide a pour objet d'empêcher la production du voile sur la plaque pendant le développement.

La sensibilisation est prolongée pendant un temps suffisamment long pour que tout le bromure de la couche soit transformé en bromure d'argent ; ce résultat est généralement atteint en cinq à six minutes : en général on sensibilise en même temps de deux à six plaques (suivant leur dimension) dans le même bain d'argent.

Les lavages doivent être faits avec la plus méticuleuse propreté : il faut autant que possible, lorsqu'on retire la glace du bain d'argent, éviter de la toucher directement avec les doigts afin d'éviter le contact de la couche sensible avec des matières étrangères qui ont pu rester sur les mains. On relève la glace avec la main droite au moyen du crochet spécial et on en saisit l'angle avec la main gauche, mais en interposant entre le pouce et l'index un petit fragment de papier buvard, qui seul a le contact du liquide et que l'on jette ensuite ; la glace étant soutenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par le crochet et les deux doigts est mise à égoutter pendant une ou deux minutes ; on la reprend ensuite pour la plonger dans la cuvette de lavage.

Le lavage doit être fait en plongeant successivement la glace dans quatre cuvettes : la première et la seconde contiennent de l'eau distillée ou a défaut de l'eau de pluie ; la troisième renferme une solution de bromure de potassium à la dose de 5 grammes pour un litre d'eau ; la quatrième contient de l'eau distillée ; la durée d'immersion dans chaque cuvette est d'environ 4 minutes.

Au sortir de chaque cuvette la glace est égouttée sur un égouttoir à rainures de verre ou à rainures de porcelaine : a défaut on peut utiliser un égouttoir en bois que l'on vernit fortement au vernis blanc : cet égouttage permet d'abréger la durée des lavages ; on favorise l'action de l'eau en donnant de temps à autre aux cuvettes un petit mouvement de bascule pour agiter les liquides.

Après le dernier égouttage la glace est lavée sous le jet d'une pissette contenant de l'eau distillée : on peut conserver cette eau de lavage pour remplacer l'eau de la première cuvette lorsqu'elle est trop chargée de nitrate d'argent.

On laisse égoutter la plaque et on la recouvre de la solution d'albumine : il faut effectuer cette opération au moment où la glace tenue verticalement ne laisse plus écouler de gouttes. On mesure 1000 centimètres cubes de blancs d'œufs ; on ajoute 100 centimètres cubes d'eau acidulée par 10 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable ; on agite doucement avec un agitateur en verre jusqu'à ce que le mélange soit devenu bien homogène et bien fluide ; on abandonne au repos pendant plusieurs heures jusqu'à ce qu'un précipité peu abondant soit rassemblé au fond du flacon et qu'un magma plus léger soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réuni à la partie supérieure; entre les deux on a une couche d'albumine limpide que l'on peut filtrer à l'aide d'un entonnoir garni de tampon de coton hydrophyle; on ajoute alors par 100 centimètres cubes d'albumine filtrée 1 gramme d'iodure d'ammonium et 0,825 de bromure d'ammonium.

Si la liqueur n'est pas absolument limpide on la filtre de nouveau au papier, opération qui doit toujours être renouvelée au moment de la préparation des glaces et que l'on effectue de la manière suivante: on prend un vase à bec bien propre et l'on place l'entonnoir de manière à faire descendre la douille presque au fond du vase afin d'éviter la formation des bulles d'air; le premier liquide qui passe rince l'entonnoir, la surface extérieure du filtre, la surface intérieure du vase et entraîne toutes les poussières qui auraient pu rester; on rejette ces premiers liquides sur le filtre et on continue la filtration. Quand le vase est suffisamment plein on attend quelques minutes pour que les bulles entraînées remontent à la surface; on les enlève avec un peu de papier et l'albumine est alors prête à être versée.

On couvre d'albumine la glace en opérant à peu près comme s'il s'agissait de collodionner: on rejette l'excédent d'albumine qui s'écoule de la glace et on recommence l'albuminage de la même surface avec une nouvelle quantité de liqueur d'albumine: on laisse la glace dans la position horizontale sur un trépied à vis calantes pendant que l'on passe la première couche d'albumine sur la glace suivante; on fait ensuite sécher en plaçant la glace verticalement sur un séchoir; quand il ne s'écoule plus de liquide on peut mettre les glaces sécher en les dressant sur la tranche et en les appuyant presque verticalement contre le mur garni de buvard; le temps néces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saire à la dessiccation *complète* est variable; on peut admettre que les glaces préparées dans la soirée seront sèches dans la matinée du lendemain.

Les glaces ainsi préparées peuvent être conservées indéfiniment, même au grand jour; il est bon d'enlever l'excès d'albumine qui se trouve au dos de la plaque: pour cela on la place, couche en dessous sur la presse à nettoyer, on les frotte d'abord avec une éponge ou un linge humide, puis avec un tampon de papier Joseph.

Pour sensibiliser la couche d'albumine iodo-bromurée, on opère dans le cabinet noir, on se sert d'un bain d'acéto-nitrate d'argent contenant 70 grammes de nitrate d'argent et 70 grammes d'acide acétique pour un litre d'eau. La glace est plongée dans ce bain sans temps d'arrêt; on ne remue pas le liquide et on retire la glace après trente secondes d'immersion; on lave ensuite successivement dans quatre ou cinq cuvettes contenant de l'eau de pluie ou de l'eau distillée pour éliminer l'excès de nitrate d'argent; on fait sécher dans l'obscurité.

En cet état la glace conserve toute sa sensibilité pendant trois ou quatre jours seulement. Pour les besoins industriels il est utile que la glace puisse se conserver pendant plusieurs semaines; on atteint ce résultat en couvrant la glace après le dernier lavage, de deux couches successives d'une solution de 5 grammes d'acide gallique dans une litre d'eau distillée; cette solution doit être très soigneusement filtrée.

Si le bain d'argent dans lequel se fait la seconde sensibilisation devient brun, il n'y a pas lieu de s'en inquiéter; toutes les fois qu'on s'est servi du bain on le reverse dans le flacon qui doit contenir ce liquide et on ramène au volume primitif par addition d'une quantité suffisante d'un bain fait avec 100 grammes de nitrate d'ar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gent, 70 grammes d'acide acétique et quantité d'eau suffisante pour faire un litre.

Le développement des plaques préparées par ce procédé se fait en utilisant à la fois le révélateur alcalin et le révélateur acide, très rarement en utilisant seulement le dernier.

L'emploi du révélateur alcalin permet d'éviter la production d'images positives présentant des effets dits *de neige*. On prépare deux solutions : A) eau, 1.000 centimètres cubes, carbonate d'ammoniaque 10 grammes, bromure de potassium 0 gr. 5 ; B) eau 1.000 centimètres cubes, sulfite de soude cristallisé 10 grammes, acide pyrogallique 10 grammes. Avant le développement, la glace est plongée dans une cuvette contenant un mélange fait par parties égales d'eau et d'alcool ; aussitôt que la glace est bien imbibée de ce liquide on le reverse dans le flacon qui doit le contenir et on plonge la glace dans la cuvette à développement pleine d'eau ; quand on n'aperçoit plus de stries huileuses à la surface de la glace, on rejette l'eau et on la remplace par un mélange fait par parties égales des deux liquides A et B ; l'image apparaît presque immédiatement sans tendance au voile si le temps de pose a été convenable ; si le temps de pose est dépassé, l'image paraît tout d'abord voilée ; dans ce cas il convient d'arrêter immédiatement le développement et de remplacer le révélateur alcalin par la solution acide ; si l'excès de pose n'est pas trop grand, on peut continuer le développement en ajoutant immédiatement au bain quelques centimètres cubes d'une solution de bromure de potassium à 10 pour cent.

Quand l'image paraît complètement développée dans ses détails et sans s'inquiéter de son intensité, on rejette le révélateur alcalin et, sans laver, on le remplace par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le révélateur à l'acide pyrogallique préparé avec 4 grammes d'acide citrique, 4 grammes d'acide pyrogallique et un litre d'eau ; on laisse agir ce bain pendant une minute de façon à saturer l'alcalinité de la couche de collodion ; on retire la glace de la cuvette et on ajoute quelques gouttes d'une solution de 40 grammes de nitrate d'argent dans un litre d'eau ; le développement est terminé en quelques minutes ; la teinte de l'image est le noir brun.

Le fixage se fait à l'aide d'une dissolution de 200 grammes d'hyposulfite de soude dans un litre d'eau ; on lave à grande eau et on fait sécher sur l'égouttoir.

La couche d'albumine et de collodion est assez résistante ; mais si la diapositive ne doit pas être protégée par un verre transparent, il est indispensable de vernir la couche avec une dissolution alcoolique de gomme laque à 10 pour cent. Ce vernissage se fait en portant la glace à la température de 50° centigrades environ ; on opère comme s'il s'agissait de collodionner ; en cet état la couche est à peu près aussi solide que si elle était constituée par du gélatino-bromure d'argent.

161. Collodion sec au tanin. — La préparation des glaces par l'emploi du collodion sec au tanin est plus simple que celle que nous venons de décrire : il suffit, en effet, d'étendre le collodion sur une glace, sensibiliser au bain d'argent, laver, recouvrir la couche d'une dissolution aqueuse de tanin et laisser sécher ; la couche sensible est plus fragile que celle obtenue par le procédé du collodion albuminé.

La glace nettoyée, polie au talc, est recouverte d'une couche de collodion contenant : alcool 400 centimètres cubes, iodure de cadmium 5 grammes, iodure d'ammo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nium 5 grammes, bromure d'ammonium 5 grammes, coton-poudre 12 grammes, éther 60 centimètres cubes : ce collodion doit être coloré en jaune au moment de l'emploi. La couche étendue sur glace ayant fait prise, on sensibilise dans un bain d'argent contenant 80 grammes de nitrate d'argent, un litre d'eau et environ six gouttes d'acide azotique. On laisse l'immersion au bain d'argent se prolonger pendant cinq minutes ; on lave d'abord comme s'il s'agissait de préparer des plaques au collodion albuminé, en ne négligeant pas l'emploi du bromure dans les eaux de lavage ; après égouttage sommaire on recouvre la couche sensible d'une solution de tanin préparée de la manière suivante : on fait dissoudre 30 grammes de *tanin à l'alcool* dans l'eau distillée et quand la dissolution paraît complète on ajoute environ un centimètre cube d'albumine des œufs ; on agite fortement, on laisse déposer et l'on filtre ; cette addition d'albumine a pour objet de faciliter le dépôt des matières insolubles dans l'eau qui sont mélangées au tanin ; à un litre du liquide plusieurs fois filtré jusqu'à clarification complète, on ajoute 50 centimètres cubes d'alcool à 90° ; l'alcool facilite la pénétration de la couche par le liquide.

Cette solution de tanin est étendue à la surface des glaces comme s'il s'agissait de collodionner ; on maintient la glace horizontale pendant une demi-minute environ, on rejette le liquide et on verse une nouvelle dose de préservateur au tanin ; on fait égoutter et on abandonne à la dessiccation à l'abri de la lumière.

Toutes les opérations relatives à ce procédé doivent être faites dans le laboratoire éclairé par deux épaisseurs de verre jaune.

Après exposition à la lumière soit sous un négatif,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit à la chambre noire, s'il s'agit d'agrandir ou de réduire les dimensions de l'image, il convient de ramollir la couche de collodion par immersion dans une cuvette contenant un mélange fait par parties égales d'eau et d'alcool : la couche reprend sa transparence, on la lave sous un robinet et l'on commence le développement par l'emploi du révélateur alcalin. La glace est immergée dans une solution de 8 grammes de carbonate d'ammoniaque (en masses dures et translucides), 0 gr. 5 de bromure de potassium et un litre d'eau ; à ce liquide on ajoute peu à peu quelques gouttes d'une dissolution de 20 grammes d'acide pyrogallique, 20 grammes de sulfite de soude cristallisé dans un litre d'eau. L'image apparaît rapidement et, en général, ne possède pas l'intensité nécessaire. On termine alors le développement par l'emploi du révélateur acide comme s'il s'agissait du collodion albuminé.

Le fixage se fait à l'aide d'une dissolution d'hyposulfite de soude à la dose de 200 grammes dissous dans l'eau de façon à obtenir un litre de liquide ; on lave soigneusement la couche qui est très fragile et on laisse simplement sécher si la diapositive doit être protégée par un verre transparent. Dans le cas contraire, il est indispensable de vernir à l'aide du vernis à la gomme laque ; mais pour éviter la dissolution partielle de la couche, dissolution produite par certains alcools impurs, il convient de verser à la surface du collodion et avant dessiccation une dissolution de gomme arabique à la dose de 30 grammes pour un litre d'eau ; on laisse sécher cette couche à l'abri des poussières et l'on peut ensuite procéder au vernissage à chaud.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

FERROTYPES

162. Matériel. — Les procédés de ferrotypie permettent d'obtenir directement des positives à la chambre noire ; mais l'image est examinée par réflexion ; ces images sont faites sur minces plaques de tôle recouvertes sur leurs deux faces d'un vernis brun-marron ou noir ; ces plaques résistent assez bien à l'action des divers bains employés en photographie ; elles peuvent être découpées facilement à l'aide de ciseaux ordinaires ; les épreuves obtenues portent le nom de ferrotypes ou ambrotypes.

Les plaques sont livrées aux dimensions uniformes de 356 mm. sur 254 mm. que l'on débite au format convenable.

La chambre noire que l'on utilise porte une série d'objectifs permettant d'effectuer en une seule pose un assez grand nombre d'images ; neuf ou douze petits objectifs sont montés sur la même planchette ; derrière cette planchette une sorte de trémie forme autant de chambres noires séparées qu'il y a d'objectifs. Très souvent un châssis multiplicateur adapté à la chambre noire permet de doubler le nombre d'images, de façon à livrer la douzaine de portraits à très bon marché. Ces images sont développées, fixées, séchées, vernies, coupées avec des ciseaux et mises dans de petits cadres en cuivre es-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tampé. Cette industrie photographique est relativement prospère ; pour obtenir l'image le procédé le plus employé est celui du collodion humide légèrement modifié ; on trouve depuis peu dans le commerce des plaques préparées au gélatino-bromure avec une émulsion lente ; mais les résultats obtenus par l'emploi de ces plaques ne valent pas ceux que donne l'utilisation du collodion.

163. Préparation des ferrotypes. — Les plaques destinées aux ferrotypes sont découpées au format convenable à l'aide de ciseaux ; pendant cette opération il faut éviter le contact des doigts avec la surface vernie. Après découpage on passe sur la surface métallique mise à nu par l'action des ciseaux un pinceau imbibé de vernis à la gomme laque ou au caoutchouc pour éviter la décomposition du bain d'argent par le fer.

La plaque est simplement nettoyée à l'alcool iodé étendu de son volume d'eau ; on la recouvre alors d'un collodion spécial ; si l'on désire des blancs brillants, d'apparence métallique, on utilise un collodion contenant 300 centimètres cubes d'alcool, 700 centimètres cubes d'éther et 7 gr. 50 de coton-poudre ; d'autre part, on prépare une dissolution de 16 grammes d'iodure d'ammonium dans 180 centimètres cubes d'alcool à 96°, et l'on additionne ce liquide de 1 gr. 60 de nitrate d'argent dissous dans aussi peu d'eau que possible : il se produit d'abord un précipité qui ne tarde pas à se dissoudre. La dissolution de coton-poudre et celles des iodures se conservent bien si elles sont séparées ; quand elles sont mélangées, le collodion obtenu perd rapidement ses bonnes qualités.

On mélangera donc, peu de temps avant l'emploi, 18 centimètres cubes de solution iodurante et 100 centimètres cubes de solution de coton-poudre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient des images d'un blanc brillant par l'emploi d'un collodion contenant 400 centimètres cubes d'alcool, 8 grammes de coton-poudre, 4 grammes d'iodure d'ammonium, 2 grammes d'iodure de cadmium, 1 gramme de bromure d'ammonium, 1 gramme de bromure de cadmium et une quantité d'iode suffisante pour lui donner la couleur du vin de Madère ; au moment de l'emploi on ajoute à 100 centimètres cubes de ce collodion 6 à 8 gouttes d'une solution alcoolique d'iodure de fer à 5 pour cent.

La plaque collodionnée est plongée dans le bain d'argent : la formule de ce bain est 60 grammes de nitrate d'argent pour un litre d'eau et quantité d'acide azotique suffisante pour donner une réaction franchement acide. Quand on ne se sert pas de ce bain, on le maintient exposé à la lumière solaire après l'avoir additionné de quelques gouttes de solution saturée de bicarbonate de soude jusqu'à production d'un précipité permanent : cette précaution est indispensable pour la précipitation des matières organiques qui peuvent causer du voile ; on filtre et après avoir filtré on acidule de nouveau par l'acide azotique.

La durée de l'immersion ne doit pas être trop prolongée et il convient de retirer la plaque du bain d'argent aussitôt que les traînées huileuses ont disparu de la surface. La plaque sensibilisée est placée dans le châssis, la face collodionnée étant tournée vers l'objectif ; à l'envers de la plaque on dispose une glace de même grandeur pour égaliser la pression du ressort.

La durée du temps de pose doit être moindre que celle nécessaire à l'obtention d'un négatif du même sujet ; un excès de pose conduit à la production d'images grises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le développement s'effectue à l'aide d'une dissolution de sulfate et d'azotate de fer ; on prépare le bain en dissolvant 100 grammes de sulfate ferreux dans 400 centimètres cubes d'eau additionnés de 10 gouttes d'acide sulfurique ; d'autre part, on fait dissoudre 60 grammes de nitrate de baryte dans 600 centimètres cubes d'eau tiède ; on filtre les deux dissolutions séparées, on les mélange et on laisse déposer le sulfate de baryte formé ; on décante la partie limpide et on l'additionne de 7 centimètres cubes d'acide azotique par litre, après quoi on ajoute 30 centimètres cubes d'alcool. Ce bain de développement ne se conserve que quelques jours.

La plaque est recouverte de cette dissolution que l'on verse en grand excès de façon à entraîner la plus grande partie de l'azotate d'argent qui est à la surface du collodion ; s'il y a excès de pose l'image vient très rapidement, mais elle est grise ; une image qui se développe lentement est en général très brillante quand elle est terminée ; l'expérience prouve que pour obtenir de beaux blancs, il faut que la réduction de l'argent sur la couche de collodion se fasse avec une lenteur extrême.

Le fixage se fait dans un bain de cyanure de potassium dissous dans l'eau à la dose de 20 grammes de cyanure pour un litre d'eau ; aussitôt que l'épreuve est dépouillée de l'excès d'iodure d'argent on arrête l'action du bain fixateur. Si l'on prolongeait la durée d'action du bain de cyanure l'intensité de l'image s'affaiblirait beaucoup.

Si après le lavage et le fixage l'image présente un léger voile, on utilise une solution aqueuse d'iode dans l'iodure de potassium plus ou moins étendue d'eau suivant l'intensité du voile.

L'épreuve terminée est séchée à la lampe et on la vernit soit à l'aide du vernis à la gomme laque et alcool,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit à l'aide d'une dissolution de 80 grammes de copal dans un litre de benzine.

On peut avant le vernissage donner à l'épreuve une couleur d'un blanc bleuâtre; après le fixage et le lavage, il suffit de plonger la plaque dans une solution de bichlorure de mercure dissous à la dose de 20 grammes pour un litre d'eau ; l'image noircit d'abord, puis blanchit; les épreuves ainsi modifiées ont un ton noir froid, peu agréable.

164. Appareils pour l'emploi des plaques préparées à l'avance. — La ferrotypie est surtout employée par les photographes professionnels faisant des voyages et voulant donner immédiatement leurs épreuves aux personnes qui viennent poser. Deux sortes d'appareils sont employés : les uns assez semblables aux appareils ordinaires ; les autres faisant en quelque sorte automatiquement les diverses manipulations.

Les premiers doivent être assez solidement construits pour leur assurer une rigidité absolue, rigidité indispensable à cause du court foyer des objectifs ; ils doivent aussi être d'un poids restreint pour être très transportables. On les établit à chariot à double crémaillère (fig. 126) pour pouvoir opérer à n'importe quelle distance du sujet ; le soufflet à tirage moyen est en peau ; on munit l'appareil de 6 objectifs à portraits extra-rapides, de mêmes foyers, et les châssis négatifs, déposés en général pour recevoir des plaques de 175×255 mm. (moitié du format de la plaque ferrotype), sont du système à multiplicateur : ils permettent de faire deux séries de vues sur la même plaque. On peut donc sur la même plaque obtenir deux séries de portraits de poses différentes, ou faire poser rapidement un autre sujet. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

système d'ouverture et de fermeture des objectifs est assuré par un obturateur à double rideau s'ouvrant par

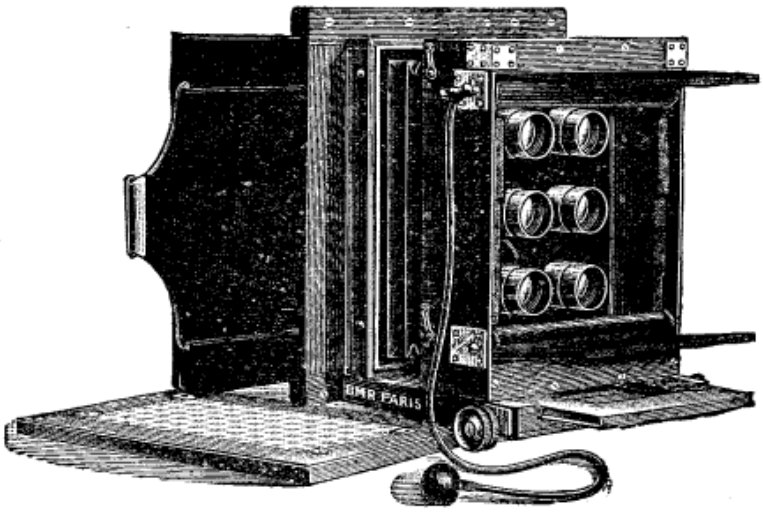


Fig. 126

une clef située sur le côté et se fermant au moyen d'une poire aussitôt que la pose est terminée (fig. 127).

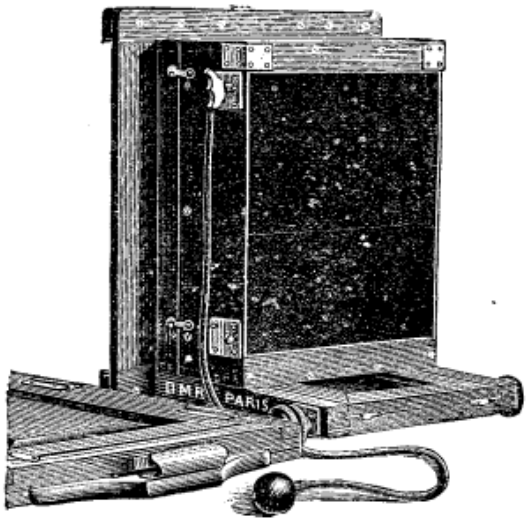


Fig. 127

Les appareils automatiques sont fort nombreux ; l'un des plus pratiques (fig. 128) permet d'opérer sur plaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ferrotype préparée à l'avance au gélatino-bromure et que l'on trouve dans le commerce ; les manipulations

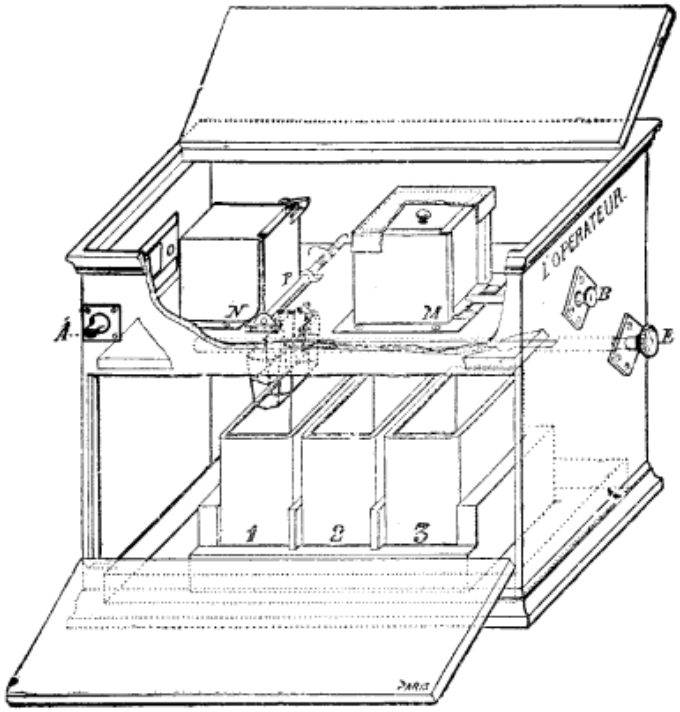


Fig. 128

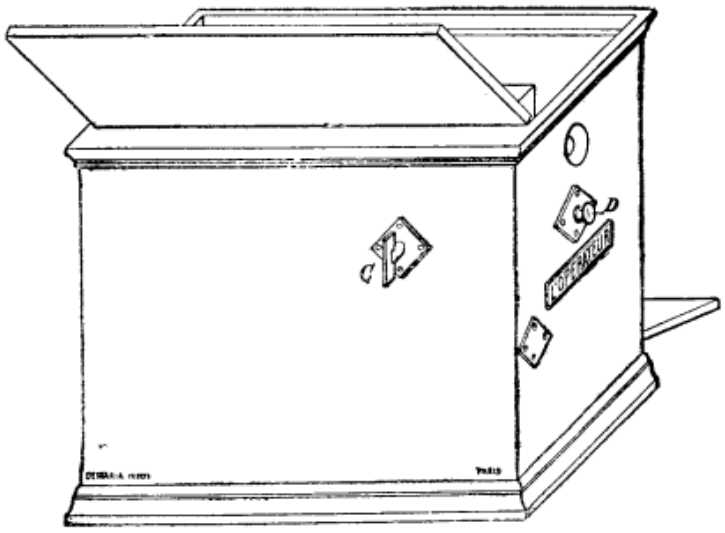


Fig. 129

s'effectuent en pleine lumière, sans aucun abri, en moins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une minute. On vérifie de temps en temps la mise au point à l'aide d'une glace dépolie P (fig. 128), le modèle étant toujours à la même distance de l'appareil. Les plaques sensibles sont contenues dans une boîte M ; à l'aide du bouton B on fait passer la plaque du magasin M sur le porte-plaque P ramené à l'horizontalité. On tourne le bouton C (fig. 130) qui permet de ramener la plaque

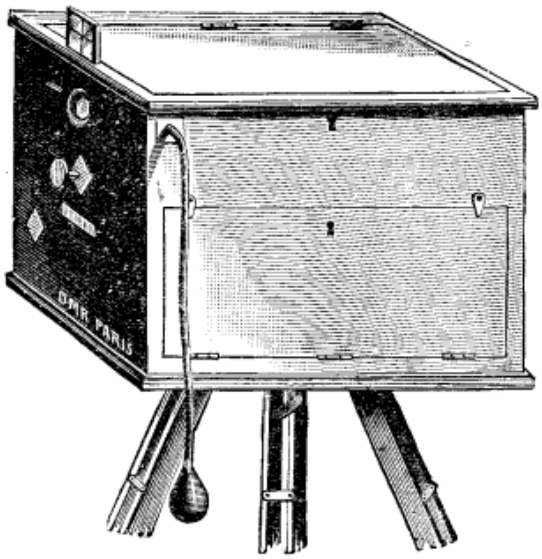


Fig. 130

sensible à la verticalité et l'on peut alors opérer. Après la pose on tire la tige qui fait tomber la plaque dans un petit panier métallique, ce qui permet de la faire descendre dans les diverses cuvettes 1, 2, 3 en tournant plus ou moins cette tige. Ces cuvettes contiennent le révélateur, le fixateur et l'eau de lavage ; au sortir de la cuvette 3 on lave encore dans une cuvette quelconque placée en dehors de l'appareil ; on fait sécher et on encadre l'image.

Cet appareil, très employé dans les fêtes, foires, etc., permet de faire des portraits pendant la nuit en utilisant la lumière du magnésium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

165. Applications diverses des positives au collodion. — Les positives obtenues par le procédé que nous venons de décrire ne sont pas les seules que l'on puisse produire : au lieu de plaque ferrotype, on peut utiliser le verre et reporter l'image soit sur bois servant à la gravure, soit sur cuivre, sur zinc ou sur acier.

S'il s'agit de transporter l'image sur bois, on enlève l'encollage blanc qui se trouve sur le bois préparé et on le remplace par un encollage au noir fin obtenu en passant au tampon, sur la surface du bois, une couche de noir Bourgeois additionné d'un mélange de gomme ; on sèche avec un tampon de linge fin; le cuivre et l'acier sont vernis au vernis noir des graveurs, vernis que l'on trouve tout préparé dans l'industrie.

Pour transporter sur glace talquée l'image obtenue sur verre on applique à la surface de la couche de collodion non séchée une feuille de papier fort préalablement immergée dans un vase rempli d'eau ; on chasse les bulles d'air et lorsqu'on a obtenu une adhérence complète on détache par un des angles la pellicule qui suit le papier si on a eu le soin d'inciser ou de réserver une bande de un millimètre de largeur sur les quatre côtés de l'épreuve. On passe à la surface du collodion un blaireau légèrement imbibé d'eau gommeuse et la pellicule peut alors être appliquée sur le bois ou le métal: après dessiccation on procède aux retouches s'il y a lieu. Ce procédé de transport est d'une exécution plus facile que la production directe d'une positive sur bois ou sur métal directement collodionné.

L'image obtenue peut être transportée sur toile cirée noire, ou bien on peut la conserver sur verre en prenant la précaution de verser à la surface de l'image une couche de vernis noir; on examine l'image au travers du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verre; l'image est alors dans son vrai sens. On utilise un vernis composé de 6 grammes de caoutchouc, 300 grammes de bitume de Judée et un litre de benzine ; on ajoute un peu de noir de fumée et on l'additionne d'un peu de benzine pour lui donner la fluidité convenable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

PAPIERS POSITIFS AUX SELS D'ARGENT ; VIRAGES ; FIXAGES

§ 1. — PAPIERS A IMAGES APPARENTES

166. Papier salé. — La préparation du papier salé est, en théorie, des plus simples : une feuille de papier est enduite d'une dissolution de chlorure de sodium ; on fait sécher le papier et on le recouvre d'une dissolution de nitrate d'argent ; l'opération faite dans l'obscurité fournit du chlorure d'argent qui noircit rapidement à la lumière ; placé sous un négatif ce papier donnera une image positive apparente constituée par de l'argent réduit ; pour donner une belle coloration à l'image on la fait changer de teinte par l'emploi de composés métalliques qui sont plus ou moins réduits par l'argent ; en particulier on la dore par l'emploi du chlorure d'or ou bien on lui donne une teinte noire par l'emploi des sels de platine ; elle est ensuite fixée par un bain d'hyposulfite de soude et lavée de façon à éliminer l'excès d'hyposulfite.

Les papiers les plus employés sont ceux fabriqués à Rives (Isère) ou à Malmédy (Allemagne) ; ils doivent être suffisamment encollés pour que, la solution de sel marin restant à la surface du papier, le chlorure d'argent se forme presque exclusivement en dehors du papier : des images dans la pâte sont toujours grises et sans vigueur. L'encollage doit être fait soit à l'amidon (papier bleuis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sant par l'eau iodée) soit à la résine ; le commerce fournit de bons papiers de cette nature.

On prépare depuis peu de temps, en vue d'obtenir certains effets spéciaux, des papiers à gros grains, des papiers rugueux, etc. Il suffit de laver à l'acide chlorhydrique étendu de 500 volumes d'eau les papiers de cette nature que l'on trouve dans le commerce et qui servent aux dessinateurs ; après lavages pour éliminer l'action de l'acide on encolle ces papiers, on les fait sécher et on peut alors procéder au salage. On peut enfin parcheminer le papier en le faisant passer pendant un temps variable suivant son épaisseur (mais jamais au delà de deux minutes) dans un bain de 4 volumes d'acide sulfurique concentré et 2 volumes d'eau ; on neutralise l'action de ce bain en plongeant le papier dans une solution ammoniacale, lavant avec soin pour éliminer l'excès d'ammoniaque et le faisant sécher ; on le satine ensuite et on le sale avec un bain contenant soit de l'amidon, de la gélatine ou un savon de résine.

Dans les opérations photographiques il n'est pas indifférent d'employer l'un ou l'autre côté de la feuille ; il faut choisir le côté le plus uni et marquer d'un trait de crayon l'envers de la feuille s'il s'agit d'épreuves sur papier lisse.

Le bain de salage ordinaire est composé de 50 grammes de sel marin pour un litre d'eau ; on fait flotter le papier à la surface de ce bain et on le fait sécher.

L'addition d'une petite quantité de citrate de soude (10 à 15 grammes par litre) permet d'obtenir des teintes pourprées et favorise la conservation du papier après la sensibilisation ; si l'on désire une teinte virant vers le rouge-orange on ajoute au bain de salage environ 4 grammes d'amidon par litre et on fait bouillir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'industrie le salage du papier se fait en utilisant les rouleaux tels que le livre les fabricants ; à l'aide de cylindres spéciaux (fig. 131) pouvant se fixer à des hau-

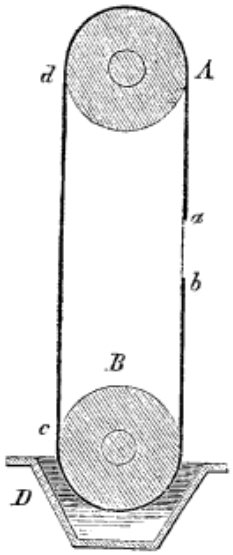


Fig. 131

teurs quelconques on fait passer le papier à la surface des bains et on l'entraîne sur des cylindres sécheurs placés à la partie supérieure de l'atelier ; dans la petite

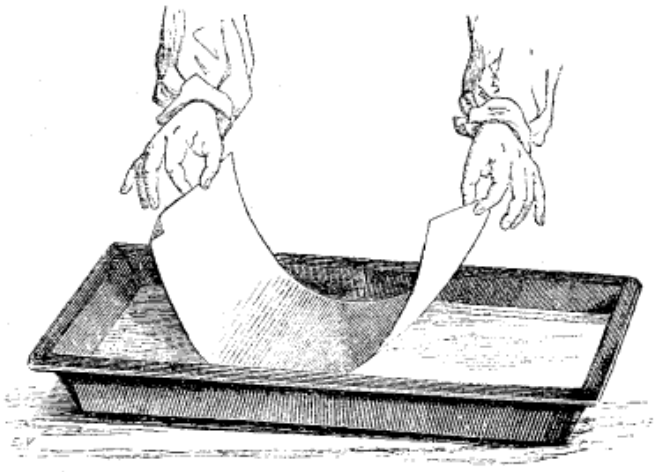


Fig. 132

industrie ce travail se fait à la main en étendant chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

feuille à la surface d'une grande cuvette (fig. 132) et en ayant le soin d'éviter les bulles ; le séchage des grandes feuilles se fait sur des cadres cartonnés ; on fixe le papier sur ces cadres avec des épingles (fig. 133).

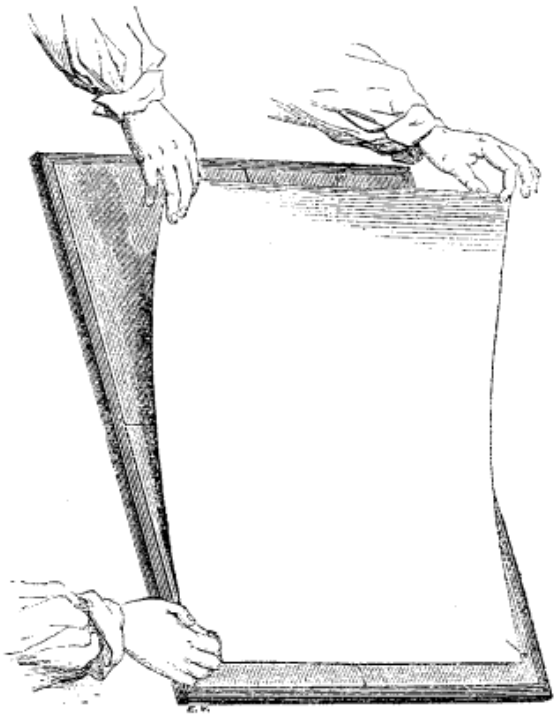


Fig. 133

Aussitôt que le papier salé est sec on le met en paquets, sous presse, pour maintenir sa planité ; en cet état il se conserve pendant plusieurs années avant la sensibilisation.

Le bain de nitrate d'argent employé à la sensibilisation du papier doit être de titre variable suivant la nature des négatifs à imprimer ; en moyenne, on utilise 120 grammes de nitrate d'argent cristallisé par litre d'eau distillée ; on ajoute 20 centimètres cubes de solution de carbonate de soude à 5 pour cent et chaque fois que l'on a sensibilisé 10 feuilles de papier du format

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

44 × 55 centimètres on ajoute au bain 30 grammes de nitrate d'argent et une quantité d'eau distillée suffisante pour le ramener au volume primitif. On fait flotter le papier sur ce bain le côté salé étant en contact avec le liquide ; on évite avec soin que le liquide ne tache l'envers de la feuille ; aussitôt que la feuille a été placée sur le bain on la relève presque en entier pour faire disparaître les bulles d'air qui auraient pu se former, puis on la ramène au contact avec le bain ; on laisse ainsi le papier à la surface du liquide pendant trois minutes puis on le relève très lentement pour qu'il ne s'égoutte que très peu de liquide de la feuille.

On fait sécher le papier soit en le posant à cheval sur des demi-cylindres de bois recouverts de papier buvard, soit en le suspendant à l'aide de pinces en bois (fig. 134).

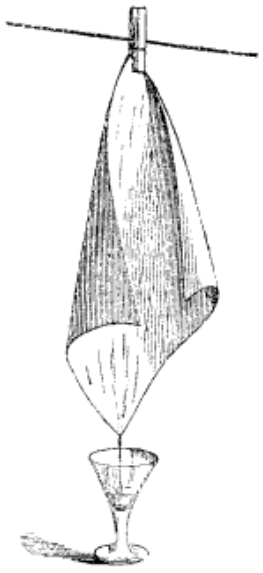


Fig. 134

Il convient d'employer le papier sensibilisé aussitôt que possible après le séchage ; le papier jaunit en quelques jours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On fait subir au papier salé, peu de temps avant de l'exposer à la lumière, l'action des vapeurs ammoniacales ; le chlorure d'argent ammoniacal qui se forme dans ces conditions permet de diminuer dans une très large mesure la durée de l'exposition à la lumière. On n'emploie pas l'ammoniaque liquide pour produire ces vapeurs ; on utilise le carbonate d'ammoniaque ou un mélange de chaux vive et d'un sel ammoniacal en poudre (sulfate ou chlorhydrate d'ammoniaque). Ce mélange est étendu dans une cuvette en porcelaine placée au fond d'une boîte en bois pouvant contenir la feuille de papier sensibilisée, fixée sur un carton (ou mieux sur une planchette) ; on place la feuille à 15 ou 20 centimètres de la cuvette dans laquelle le mélange produisant des vapeurs d'ammoniaque est étendu aussi régulièrement que possible. On laisse les vapeurs agir pendant 10 minutes ; on suspend le papier pendant 5 minutes à l'air, dans l'obscurité ; on peut alors le placer sous le négatif et l'exposer à la lumière. Si l'on imprime à la fois plusieurs douzaines d'épreuves, on peut utiliser un dispositif très simple, permettant aux vapeurs d'agir sur les feuilles suspendues verticalement à l'aide de pinces et de réglettes de bois.

Il arrive fréquemment dans l'industrie des tirages photographiques aux sels d'argent que l'on a à imprimer des négatifs très légers, des négatifs très durs, très opaques, d'autres d'intensité moyenne : ces derniers ne présentent aucune difficulté à l'impression et les formules que nous indiquons s'appliquent à des négatifs de cette nature. Pour les négatifs présentant trop ou trop peu d'opposition (ce qui est fréquent lorsque l'on a la spécialité des tirages pour amateurs), il conviendrait de modifier les proportions du chlorure de sodium dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bain de salage et celles du nitrate d'argent dans le bain sensibilisateur : plus la quantité de chlorure de sodium est forte, plus le papier s'imprime rapidement, mais moins il donne d'opposition entre les noirs et les blancs de l'image : avec un papier préparé sur un bain contenant 100 grammes de chlorure de sodium par litre, il faut employer un bain d'argent contenant 200 grammes de nitrate par litre ; d'autre part, si la proportion de nitrate d'argent est trop faible par rapport à celle du chlorure de sodium, l'image reste grise et sans vigueur.

Dans la pratique, le papier est préparé, sensibilisé pour les négatifs d'opacité moyenne ; ce papier peut servir pour les négatifs très durs, à la condition de faire flotter l'envers du papier sur un bain contenant de 1 gramme à 15 grammes de bichromate de potasse pour un litre d'eau ; au contraire, si le négatif est très léger, on l'imprime à une lumière faible, au besoin sous une ou deux feuilles de papier végétal et en plaçant au dos du papier une feuille de buvard épais fortement fumigée aux vapeurs ammoniacales. On peut aussi avant l'impression faire flotter le papier sur un bain contenant deux grammes de phosphate de soude par litre d'eau.

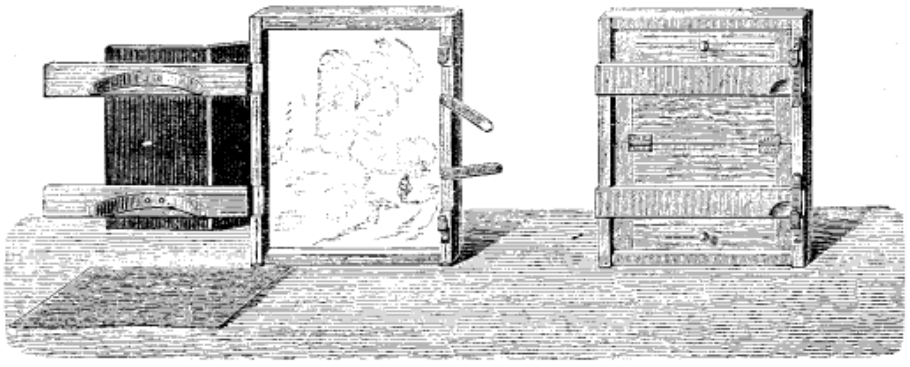


Fig. 135

L'impression doit, autant que possible, se faire à la lumière diffuse : ce n'est que pour les négatifs très

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durs qu'il y a lieu d'utiliser l'action directe des rayons solaires.

Le négatif est placé dans un châssis-presse (fig. 135), le côté verre en contact avec la glace du châssis ; le papier, coupé à la dimension convenable, doit presser par sa face sensibilisée le côté de la couche qui constitue l'image. Des coussinets de papier buvard sont placés au dos du papier et une planchette susceptible de se plier en deux ou en quatre (fig. 136) est maintenue par des barres

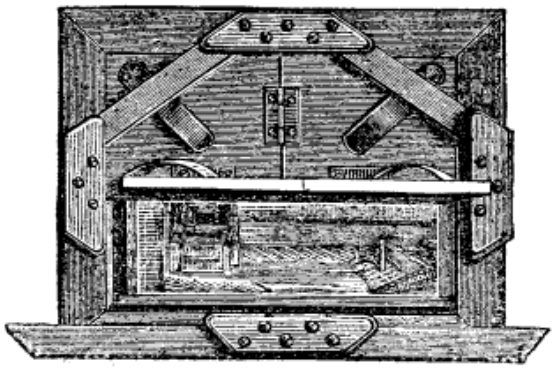


Fig. 136

transversales à ressort. Pour examiner l'effet de la lumière sur le papier, on dégage une des barres transversales, et faisant plier la planchette on soulève les coussins de buvard, puis une partie du papier et l'on reconnaît si l'action de la lumière doit être arrêtée ou continuée : cet examen se fait à l'abri d'une trop vive lumière : il faut éviter que les blancs de l'image ne prennent une teinte grise pendant cet examen qui doit être fait rapidement.

L'exposition à la lumière des châssis-presses se fait en utilisant soit des chevalets spéciaux, soit des tables disposées sous une galerie vitrée quand on a à effectuer un tirage important.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les impressions sur fond blanc dégradé se font en plaçant sur la glace du châssis soit un verre jaune à fond dégradé (fig. 137), soit un cache spécial formant encadrement.

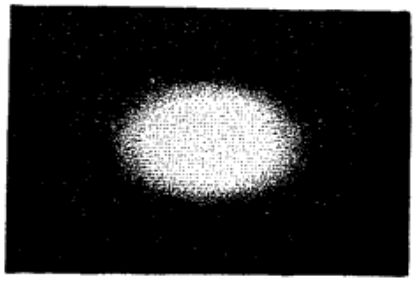


Fig. 137

Les images suffisamment imprimées sont conservées dans une boîte à l'abri de la lumière ; en utilisant le papier salé, il y a lieu de tenir l'intensité de l'image un peu plus forte que celle qui doit être présentée par l'épreuve terminée ; elle perd de cette intensité dans les bains de virage et de fixage.

167. Papier albuminé. — Le papier albuminé est encore très employé, car il donne aux images une très grande finesse et des teintes très spéciales qui sont en faveur dans le public. Suivant la proportion d'albumine que renferme le bain de salage, l'épreuve obtenue est plus ou moins brillante ; les papiers les plus brillants s'obtiennent en ajoutant à un litre de blancs d'œufs 15 grammes de chlorure d'ammonium, battant en neige et abandonnant dans un endroit frais pendant 24 heures ; le liquide visqueux obtenu est décanté dans une cuvette et c'est à la surface de ce liquide qu'on étend le papier, préalablement maintenu pendant plusieurs jours dans un local humide. Pour faciliter cette opération, on pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fère le plus souvent étendre d'eau l'albumine : à 800 centimètres cubes d'albumine déposée, on ajoute 200 centimètres cubes d'eau et 15 à 20 grammes de chlorure d'ammonium. Le papier s'étend assez facilement à la surface de ce bain. On fait sécher par suspension en maintenant le papier avec des réglettes à pinces. Quelquefois on coagule l'albumine du papier en plaçant celui-ci dans un cylindre métallique chauffé à 100° ; en général on fait subir un second albuminage au papier ainsi préparé et l'on obtient le produit désigné sous le nom de papier albuminé brillant, papier émail, etc.

La sensibilisation du papier albuminé se fait en utilisant le bain et le procédé opératoire indiqués pour l'emploi du papier salé. Le bain doit être constamment neutralisé par du carbonate d'argent. Il y a lieu d'observer que la production de bulles pendant la sensibilisation est plus fréquente avec le papier albuminé qu'avec le papier salé ; il y a donc lieu de relever très soigneusement la feuille après l'avoir placée sur le bain d'argent pour faire disparaître toutes les bulles d'air qui auraient pu se former.

Le nitrate d'argent coagule l'albumine, mais le bain dissout une certaine quantité de matières organiques qui le colorent en jaune et quelquefois en brun noirâtre; cette coloration pourrait se communiquer au papier si l'on employait le bain en cet état ; aussi convient-il de laisser au fond du flacon qui le contient 25 grammes de kaolin levigé par litre de bain. Toutes les fois que l'on s'est servi de celui-ci, on agite le liquide en présence du kaolin, on laisse déposer et on décante la partie limpide sur un filtre. Si la coloration du bain est très prononcée, il convient de le neutraliser avec un léger excès de carbonate d'argent (par addition de quelques centi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètres cubes de dissolution de bicarbonate de soude) et de l'exposer au soleil dans un flacon de verre blanc. Le liquide ne tarde pas à noircir, puis le précipité se dépose et le liquide devient incolore ; on peut opérer plus rapidement encore en ajoutant au bain goutte à goutte une solution de 1 gramme de permanganate de potasse dans 100 centimètres cubes d'eau additionnés de 1 centimètre cube d'acide azotique ; on insole aussitôt que le bain se colore en rouge.

Le papier albuminé noircit spontanément même dans l'obscurité. La rapidité avec laquelle se produit ce phénomène varie avec la nature du papier, avec celle du bain d'argent, avec l'état hygrométrique de l'air, etc. On conserve assez bien le papier en le plaçant dans un étui ou une boîte en zinc contenant du chlorure de calcium et maintenant au contact de la surface sensible une feuille de papier buvard trempée dans une dissolution de carbonate de soude à la dose de 100 grammes pour un litre d'eau. L'exposition à la lumière, les manipulations du papier albuminé sont identiques à celles du papier salé.

168. Papiers se conservant. — Le jaunissement du papier salé et surtout du papier albuminé constitue souvent un obstacle à la préparation de grandes quantités de ce papier ; en fait les photographes professionnels et les chefs d'ateliers de tirage où l'on utilise ces procédés, font préparer le papier nécessaire au travail d'un jour ou de deux jours au plus ; il est reconnu que le papier fraîchement préparé s'imprime plus vite et se vire plus facilement que celui qui a été conservé pendant un certain temps. En revanche, par suite de conditions météorologiques particulières, il peut arriver que la durée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'impression soit prolongée et que par suite de la lenteur de l'action lumineuse, le stock de papier préparé ne puisse être utilisé avant son jaunissement. Ces inconvénients du procédé ont fait que l'on a cherché les moyens de conserver au papier toute sa blancheur pendant un temps assez long.

On peut conserver le papier pendant quelques semaines en effectuant la sensibilisation sur un bain d'argent renfermant 80 grammes d'acide citrique, 80 centimètres cubes d'alcool, 80 grammes de nitrate d'argent et une quantité d'eau suffisante pour faire un litre ; on filtre et on sensibilise sur ce bain ; le papier séché dans l'obscurité doit être employé après avoir subi les fumigations ammoniacales.

On obtient un papier se conservant plus longtemps encore en sensibilisant sur un bain d'argent ordinaire et laissant sécher le papier : aussitôt que ce résultat est atteint, on le fait flotter par le côté non sensibilisé sur un bain de 70 grammes d'acide citrique dans un litre d'eau ; on laisse sécher ; ce papier se conserve à l'abri de l'humidité pendant trois à quatre mois.

Le simple lavage du papier, après sensibilisation, suffit d'ailleurs le plus souvent pour empêcher son altération pendant quelques jours ; mais l'élimination du nitrate d'argent augmente très notablement la durée de l'impression à la lumière. Ces papiers doivent donc être employés après avoir été fumigés à l'ammoniaque.

169. Papier au citrate d'argent. — L'émulsion au gélatino-citrate d'argent (**157**) étendue sur papier couché, fournit une surface très sensible à l'action de la lumière et qui est susceptible de donner des images de teinte agréable. Nous n'avons pas à revenir sur le mode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de préparation de ce papier, préparation qui ne présente rien de particulier. Il y a lieu d'observer que, contrairement à ce qui se produit par l'emploi du papier salé ou du papier albuminé, l'image terminée présente, après le virage et le fixage, sensiblement l'intensité qu'elle possédait au sortir du châssis-presse ; il est donc très important de ne pas prolonger la durée de l'action de la lumière sous peine d'utiliser les affaiblisseurs, opération qui s'effectue presque toujours au détriment de la beauté de l'image.

§ 2. — PAPIERS A IMAGES SEMI-APPARENTES

170. Images semi-apparentes. — La durée de l'impression au châssis-presse peut être arrêtée aussitôt que l'image commence à se montrer, et l'on peut, par un développement approprié, continuer la réduction du chlorure d'argent comme l'aurait fait la lumière elle-même ; on peut, par l'emploi de ce procédé, réduire convenablement la durée de l'insolation tout en conservant à l'épreuve le caractère spécial résultant du procédé employé.

Le papier est insolé jusqu'à ce que l'image apparaisse faiblement : pour développer, on utilise une solution d'acide pyrogallique dissous à la dose de 10 grammes pour un litre d'eau avec 10 grammes d'acide citrique et 100 grammes de sulfite de soude cristallisé ; l'épreuve est sommairement lavée de façon à enlever le grand excès de nitrate d'argent qu'elle contient, puis on l'immerge dans une cuvette contenant la solution d'acide pyrogallique ; aussitôt que l'image a acquis l'intensité suffisante, on la lave de manière à enlever tout l'acide pyrogallique dont elle était imbibée ; on peut alors la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

virer et la fixer. Si le lavage qui suit le développement n'a pas été assez prolongé, le bain de virage est réduit dans la pâte du papier et l'épreuve est voilée.

Au lieu du bain d'acide pyrogallique, on peut utiliser une dissolution saturée d'acide gallique additionnée de 6 pour cent de son volume d'une solution d'acétate de soude; il est indispensable que l'épreuve ne renferme pas une trop forte proportion de nitrate d'argent, sans quoi le bain révélateur se trouble et les blancs de l'image se salissent.

Pour renforcer l'image dans le cas où le temps de pose serait insuffisant, on ajoute quelques gouttes d'une dissolution de 40 grammes de nitrate d'argent, 40 grammes d'acide citrique dans un litre d'eau.

Les développements des papiers albuminés, salés, collodio-chlorure et citrate peuvent être effectués par ce procédé : cette manipulation exige beaucoup de soins et de propreté, car l'excès de nitrate d'argent provoque facilement des taches; d'autre part, le papier retient assez énergiquement l'acide pyrogallique et cet acide, réduisant le chlorure d'or du bain de virage, des taches peuvent se produire pendant cette opération.

On élimine complètement le nitrate d'argent avant le développement par immersion de l'épreuve dans une solution de 100 grammes de bromure de potassium dans un litre d'eau ; l'immersion est prolongée pendant 10 minutes et au sortir de ce bain on développe avec un révélateur faible à l'hydroquinone. On le prépare avec deux solutions : A) eau, 1.000 centimètres cubes, hydroquinone, 2 grammes, sulfite de soude, 15 grammes; B) eau, 1.000 centimètres cubes, bromure de potassium, 60 grammes, ammoniaque concentrée, 20 centimètres cubes. On mélange deux parties de A, une partie de B et deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

parties d'eau. La solution d'ammoniaque et de bromure augmente les contrastes et diminue la durée du développement ; on l'ajoute peu à peu au bain révélateur.

Ce bain convient surtout pour le papier salé ; le papier albuminé doit être développé après lavages très abondants et avec un bain extrêmement riche en sulfite de soude ; la durée d'exposition à la lumière est réduite au cinquième de ce qu'elle serait par noircissement direct. On utilise deux solutions : A) eau, 1.000 centimètres cubes, sulfite de soude cristallisée, 200 grammes, acide citrique, 10 grammes ; B) alcool, 1.000 centimètres cubes, hydroquinone, 100 grammes. Pour développer une image, on utilise 5 centimètres cubes de A, 5 centimètres cubes de B et 100 centimètres cubes d'eau ; la durée du développement est de 10 à 15 minutes ; les lavages doivent être très abondants.

§ 3. — PAPIERS A IMAGE LATENTE

171. Papiers au gélatino-bromure. — L'émulsion au gélatino-bromure à grain fin, c'est-à-dire dont la maturation n'a pas été poussée trop loin, peut être étendue sur papier couché et après séchage donner un papier sensible qui peut être imprimé à la lumière faible du jour ; mais les meilleurs résultats sont obtenus par l'emploi d'une émulsion au chloro-bromure préparée spécialement pour ce travail.

L'émulsion au gélatino-chlorobromure se prépare de la manière suivante : dans un litre d'eau, on fait gonfler 100 grammes de gélatine, on fait dissoudre et on ajoute 9 grammes de bromure de potassium, 5 grammes de chlorure de sodium et 10 centimètres cubes d'ammonia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que ; dans le laboratoire éclairé par la lumière rouge, on ajoute 25 grammes de nitrate d'argent dissous dans 100 centimètres cubes d'eau ; on chauffe au bain-marie à 45° centigrades pendant 10 minutes. On fait prendre en gelée dans une cuvette de porcelaine maintenue à une température inférieure à 10° centigrades ; quand l'émulsion a fait prise, on la divise en menus fragments que l'on introduit dans un nouet de mousseline, et on lave à l'eau courante à l'abri de la lumière ; on exprime l'excès d'eau, on redissout à la température de 40° centigrades que l'on maintient pendant 2 heures ; on ajoute à l'émulsion 10 gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 pour cent et 10 centimètres cubes d'une solution d'alun de chrome à 10 pour cent ; on filtre et on étend sur le papier.

Le papier préparé par ce procédé peut fournir des épreuves à image latente ou à images semi-apparentes. Dans ce dernier cas, l'impression est faite au châssis-presse jusqu'à ce que les contours de l'image soient indiqués ; on plonge alors le papier dans un bain contenant 6 grammes d'hydroquinone, 18 grammes de sulfite de soude cristallisé, 13 grammes de bromure de potassium, 12 grammes de carbonate de soude et un litre d'eau.

Le révélateur à l'amidol permet d'obtenir des images d'un beau noir à la condition de ne pas employer une trop forte proportion de sulfite de soude ; il convient de commencer le développement par une solution de sulfite de soude cristallisé dissous à la dose de 20 grammes par litre d'eau ; à 200 centimètres cubes de ce bain on ajoute 1 gramme d'amidol et si les grands clairs de l'image ne se développent pas, on ajoute quelques centimètres cubes d'une dissolution saturée de sulfite de soude ; en employant très peu de sulfite on obtient des noirs très intenses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

172. Renforcement des images. — Les épreuves bien lavées sont plongées toutes mouillées dans une solution de 50 grammes de bromure de potassium, 50 grammes de sulfate de cuivre et un litre d'eau ; elles séjournent dans ce bain jusqu'à effacement de l'image qui devient légèrement jaunâtre ; on lave à plusieurs eaux pour éliminer complètement le bromure de cuivre et on plonge les épreuves dans une solution de nitrate d'argent à la dose de 20 grammes pour un litre d'eau ; l'image se développe très rapidement et prend une grande vigueur ; le ton est noir pourpré ; on élimine le nitrate en excès par d'abondants lavages à l'eau.

§ 4. — VIRAGES

173. Papier salé et papier albuminé. — Les formules de virage et les procédés opératoires sont les mêmes pour ces deux sortes de papier. Le virage permet de modifier la teinte que possède l'épreuve au sortir du châssis-presse ; de tous les divers modes de virages les plus employés sont le virage à l'or et le virage au platine : une partie de l'argent libre ou combiné qui constitue l'image est remplacée par une quantité d'or équivalente.

Le chlorure d'or utilisé pour le virage est livré par le commerce des produits chimiques à un titre assez variable, mais toujours inconnu de l'acheteur : ce titre peut varier de 30 à 51 pour cent d'or métallique. On peut titrer le chlorure d'or par le procédé suivant. On fait dissoudre 1 gramme du chlorure d'or à essayer dans 100 centimètres cubes d'eau distillée ; d'autre part, on prépare au moment de l'emploi une solution d'hyposul-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fite de soude telle que 1 litre d'eau distillée contienne 1 gramme de cette substance ; on mesure 4 centimètres cubes de la solution de chlorure d'or et on l'évapore au bain-marie en présence d'un cristal de chlorure de sodium ; on dissout le résidu dans quelques centimètres cubes d'eau distillée et on ajoute au liquide 8 à 10 gouttes d'une solution d'iodure de potassium ; on agite pour mélanger le tout et obtenir une solution brune parfaitement limpide. A l'aide d'une burette graduée, on verse peu à peu la solution titrée d'hyposulfite en agitant sans cesse jusqu'à parfaite décoloration. Le nombre de centimètres cubes employés donne en centièmes le titre du chlorure.

La coloration fournie par le virage à l'or dépend, dans une certaine mesure, de la réaction que présente le bain de virage. On désigne sous le nom de virage au chlorure d'or neutre le bain de virage préparé en dissolvant un gramme de chlorure d'or dans 1 litre d'eau distillée et ajoutant 10 grammes de carbonate de chaux en poudre. Le liquide primitivement coloré en jaune se décolore au bout de quelques heures et constitue le bain de virage donnant, avec les papiers salés, albuminés, etc., des images d'une belle teinte pourpre.

Si à ce liquide on ajoute un excès de solution d'eau de chaux ou du borax, ou de l'acétate de soude fondu, à la dose de 30 grammes par litre, les images ont une tendance à prendre la teinte bleue. L'addition d'acide acétique à la solution neutre de chlorure d'or ou le lavage des épreuves dans une eau chargée d'acide acétique (20 centimètres cubes d'acide acétique par litre d'eau), fournit au contraire des images virant à la teinte sépia avec la plupart des papiers, mais surtout avec les papiers albuminés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

174 Papiers à la gélatine. — Les papiers au gélatino-chlorure, gélatino-citrate, etc., peuvent être virés par l'emploi des bains utilisés pour le papier salé, albuminé, etc.; mais dans le but de faciliter les opérations, on emploie les bains de virage-fixage, malgré le peu de stabilité que présente l'image ainsi virée. Lorsque l'on désire obtenir des images qui ne jaunissent pas, on fait séparément les deux opérations du virage et du fixage.

Les papiers à la gélatine, au collodio-chlorure, etc., nécessitent l'emploi de bains plus dilués que ceux employés pour le papier salé; en général, le bain d'or est au titre de 1 gramme de chlorure d'or pour deux à quatre litres d'eau distillée; les lavages de ces papiers doivent être faits aussi complètement que possible avant et après le virage. Ces papiers portent une couche préliminaire de gélatine barytée qui absorbe les divers liquides servant aux opérations et ne les abandonne que lentement. Il est donc important d'arrêter l'action du bain d'or avant que l'image soit passée à la teinte que l'on veut lui voir obtenir, car cette action se continue dans les premières eaux de lavage.

175. Virages aux sels de platine. — Le virage aux sels de platine permet d'obtenir des épreuves d'une teinte noire ou sépia, soit que l'on emploie les sels de platine seuls ou que l'on fasse agir le chlorure d'or : dans ce dernier cas le virage est plus rapide. On commence par virer légèrement l'image au bain d'or; on lave abondamment et on la plonge dans un bain contenant 1 gramme de chloroplatinite de potassium, 5 grammes d'acide acétique et 500 centimètres cubes d'eau ; l'action de ce bain est extrêmement rapide. Il est bon, avant le virage, de transformer en chlorure d'argent l'excès de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nitrate que contient le papier ; on y parvient en faisant les lavages préliminaires dans l'eau contenant 10 pour cent de chlorure de sodium.

176. Virages aux sels de palladium. — La dissolution de chlorure de palladium est utilisée pour donner aux photogravures une teinte sépia : la liqueur doit être très étendue ; on fait dissoudre 2 grammes d'acide citrique dans un litre d'eau et on l'additionne de 8 centimètres cubes d'une solution de chlorure de palladium à 5 pour cent. Les images doivent être imprimées très vigoureusement car elles baissent de ton dans ce bain ; après virage on lave d'abord dans un bain de carbonate de soude à 2 pour cent dont l'effet est de neutraliser l'acidité du bain de virage ; on fixe ensuite dans une solution d'hyposulfite de soude.

177. Papiers à image latente. — Les bains de virage à l'or, platine, palladium, agissent en recouvrant l'image d'un précipité très divisé de ces métaux : il se forme en même temps du chlorure d'argent qui est dissous par l'hyposulfite, dans l'opération du fixage. Si l'image est sur papier au bromure le dépôt de métal précieux s'effectue mal, ou même peut ne pas s'effectuer ; si l'on veut virer les papiers à image obtenue par développement du bromure, il convient donc de transformer l'argent en chlorure et après un nouveau développement suivi de lavage on peut faire agir le bain d'or. Cette transformation s'effectue en plongeant l'épreuve dans un bain contenant 50 grammes de chlorure de sodium et 50 grammes de sulfate de cuivre pour un litre d'eau ; l'image disparaît ; on la fait réapparaître avec un bain faible d'hydroquinone, d'amidol, etc., dont on arrête

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapidement l'action par des lavages ; l'épreuve peut alors être fixée par l'action des bains qui donnent à l'image une grande stabilité ; mais le plus souvent ces bains de virage ne sont pas employés à cause de leur prix élevé ; on modifie la teinte de l'image à l'aide de certaines dissolutions de sels métalliques qui forment des précipités de couleur variée ; ce ne sont pas de véritables virages, au sens que l'on attachait anciennement à ce mot.

178. Virage aux sels de cuivre. — Ce virage s'emploie après le fixage à l'hyposulfite et se prépare à l'aide de deux solutions : A) eau 1.000 centimètres cubes, citrate neutre de potassium 10 grammes, sulfate de cuivre 1 gramme ; B) eau 1.000 centimètres cubes, citrate neutre de potassium 10 grammes, ferricyanure de potassium 1 gramme. Pour l'emploi on mélange 70 centimètres cubes de A et 60 centimètres cubes de B ; l'image ne perd presque pas d'intensité si elle est sur papier ; elle s'affaiblit assez notablement si elle est sur verre. La teinte obtenue varie du rouge au brun.

179. Virage aux sels d'urane. — On prépare deux solutions : A) eau 1 litre, nitrate d'urane 10 grammes ; B) eau 1 litre, ferricyanure de potassium 10 grammes. En mélangeant parties égales de ces deux dissolutions et portant l'épreuve dans la liqueur obtenue, le ton de l'épreuve est brun-rouge ; avec une partie de B et cinq parties de A le ton est brun ; il est rouge au contraire avec une partie de A et deux parties de B. L'opération s'effectue assez rapidement ; on lave aussitôt que la teinte désirée est obtenue.

180. Virage aux sels de fer. — Lorsque l'épreuve

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

virée à l'urane a acquis une teinte d'un rouge brun, on la lave et on la plonge dans un bain composé de 1 gr. de perchlorure de fer, 2 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et 300 centimètres cubes d'eau ; la teinte passe au bleu verdâtre.

§ 5. — FIXAGE

181. Bain fixateur. — Le bain fixateur le plus employé, qu'il s'agisse de photogravures à image apparente ou à image latente, s'obtient en dissolvant 100 grammes d'hyposulfite de soude dans un litre d'eau et ajoutant à la dissolution 50 grammes de bisulfite de sodium du commerce.

Les épreuves sont immergées dans ce bain que l'on fait très abondant : on emploie un litre de bain par deux épreuves du format 44 × 57 centimètres, et ce bain ne sert qu'une fois ; l'emploi de solutions fraîches d'hyposulfite de soude est favorable à la conservation des photogravures et le lavage, pour éviter la formation des ampoules en utilisant certains papiers, doit être fait par dilutions successives du bain d'hyposulfite ou de sel.

182. Lavages. — Les lavages doivent être conduits de telle façon que le papier ne séjourne pas plus de cinq heures dans les divers liquides. On commence tout d'abord par égoutter les épreuves au sortir du bain fixateur ; puis on les plonge dans une solution de 150 grammes de chlorure de sodium dans un litre d'eau ; après cinq minutes d'action on ajoute à ce bain un égal volume d'eau ; après avoir agité les épreuves pendant cinq minutes dans cette solution de chlorure qui n'est plus qu'à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

75 0/0, on fait passer les épreuves dans une autre cuvette contenant le premier *bain dilué* qu'on additionne d'un nouveau volume d'eau ; on continue les dilutions jusqu'à la quatrième ; à partir de ce moment on peut plonger les épreuves dans l'eau sans crainte de voir les ampoules se produire, pourvu que l'on ait mis un intervalle de cinq minutes entre les diverses dilutions ; on fait passer les photogravures dans la dissolution de sel iodé.

183. Elimination de l'hyposulfite. — On prépare un composé permettant d'éliminer rapidement l'hyposulfite de soude en mélangeant au mortier de porcelaine 3 grammes d'iode et 30 grammes de sel marin ; on pulvérise l'iode en le mélangeant intimement au sel marin et l'on ajoute quelques centimètres cubes d'eau dans le mortier jusqu'à ce que tout l'iode soit à l'état dissous ; on ajoute ensuite 30 grammes de carbonate de soude et la quantité d'eau strictement nécessaire pour produire la dissolution. On ajoute une quantité d'eau suffisante pour produire un litre de liquide et l'on abandonne le tout pendant vingt-quatre heures; la dissolution devient incolore.

Au sortir de la dernière dilution de bain salé les photogrammes sont immergés dans ce bain pendant un temps variable avec la nature de la couche qui forme l'image. Il faut immerger pendant au moins cinq minutes pour les papiers salés, dix minutes pour les papiers au gélatino-bromure, quinze minutes pour les papiers albuminés et une heure pour les gélatino-chlorure et gélatino-citrate ; on élimine ensuite le sel iodé par lavages.

Il suffit de cinq lavages dans une minime quantité d'eau, chacun des lavages étant prolongé pendant cinq minutes, pour enlever complètement les sels solubles con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenus dans le papier à la condition de laisser égoutter chaque feuille entre chaque lavage ; cet égouttage s'effectue au mieux en faisant glisser l'épreuve sur une baguette de verre placée suivant un des bords de la cuvette. On suspend alors les épreuves pour les laisser sécher.

184. Emploi des bains de virage-fixage. — Par l'emploi des bains de virage-fixage on peut abréger la durée des manipulations, mais les photogravures se conservent moins longtemps que si l'on avait opéré par virage et fixage séparés. Il suffit de laver complètement le papier au sortir du châssis-presse dans un bain d'eau salée de façon à éliminer tout excès de nitrate d'argent : on lave ensuite à l'eau ordinaire et l'on immerge dans un bain préparé de la manière suivante : A) eau 1 litre, hyposulfite de soude 400 grammes, acide citrique 2 grammes, alun ordinaire 20 grammes, acétate de plomb 2 grammes; on laisse déposer pendant vingt-quatre heures, puis l'on décante ; B) eau 100 centimètres cubes, chlorure d'or 1 gramme. Pour préparer le bain de virage on mélange 100 centimètres cubes de A et 6 à 8 centimètres cubes de B. Les épreuves sont immergées dans ce mélange pendant plusieurs minutes jusqu'à coloration convenable ; s'il s'agit d'épreuves sur gélatine on peut les laver dans une eau contenant 2 pour cent d'alun : cette opération se fait avant le virage.

Le mélange d'alun et l'hyposulfite de soude amène la décomposition de ce sel qui provoque la sulfuration des épreuves, sulfuration qui se produit souvent après quelques jours et qui se traduit par la coloration jaune du papier; il convient donc de ne pas employer le mélange de ces deux composés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

185. Affaiblisseurs. — Dans les tirages industriels si l'on dirige l'insolation en observant le photomètre pour papiers, il est extrêmement rare de produire des épreuves trop intenses. Si cet insuccès se produit on y remédie soit en immergeant l'épreuve fixée dans un bain de 5 grammes de persulfate d'ammoniaque pour un litre d'eau, ou encore une dissolution de sulfate de cérium à la dose de 20 à 30 grammes par litre d'eau, on lave complètement après l'action de ces bains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

PAPIERS AU PLATINE ; SELS DE FER

§ 1. — PAPIER AU PLATINE

186. Préparation du papier au platine. — Le procédé au platine est basé sur l'action exercée par la lumière sur un mélange de chloroplatinite de potassium et d'oxalate ferrique : la platine se précipite à l'état de poudre noire.

On utilise surtout le papier donnant une image semi-latente : on développe cette image par l'emploi d'une solution saturée d'oxalate de potasium.

Le papier doit être d'une pâte aussi pure que possible et surtout être exempt d'outremer ; la nature de l'encollage a une grande importance : les papiers encollés à la gélatine donnent des images d'un noir bleuâtre ; ceux encollés à l'arrow-root, des images d'un noir tirant sur le brun. L'encollage à la gélatine se prépare en faisant dissoudre 10 grammes de gélatine dans 600 centimètres cubes d'eau, ajoutant à cette dissolution 3 grammes d'alun préalablement dissous dans 200 centimètres cubes d'eau, puis 200 centimètres cubes d'alcool. Cette solution s'emploie à la température de 20°.

On obtient le bain d'encollage à l'arrow-root en broyant 10 grammes de cette substance avec un peu d'eau, jetant la bouillie dans 800 centimètres cubes d'eau bouillante ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on fait bouillir pendant quelques minutes, on retire du feu, on ajoute 200 centimètres cubes d'alcool, puis on verse dans une cuvette.

Le papier est immergé dans le bain d'encollage ; on fait sécher et on recommence l'immersion ; pendant le second séchage on met en haut la partie qui était en bas dans la première opération ; on sèche rapidement et on conserve à l'abri de la lumière et de l'humidité.

La sensibilisation du papier s'effectue à l'aide de trois dissolutions : 1° on fait dissoudre 10 grammes de chloroplatinite de potasse dans 60 centimètres cubes d'eau ; 2° on fait dissoudre 40 grammes d'oxalate ferrico-sodique et 3 grammes de glycérine dans 100 centimètres cubes d'eau ; 3° à 100 centimètres cubes de la solution précédente on ajoute 0 gr. 4 de chlorate de potasse. Au moment de l'emploi on mêle les liqueurs dans les proportions suivantes :

	I	II	III	IV
Eau pure.	4	4	4	4
Solution normale de platine. .	24	24	24	24
— d'oxalate ferrique . .	22	18	14	»
— de chlorate de fer. .	»	4	8	22

La formule I donne des images à noirs intenses ; tandis qu'elles sont très brillantes par l'emploi de la formule II ; si l'on désire des images analogues à celles que fournit le chlorure d'argent on emploie la formule III ; les négatifs faibles fournissent les meilleurs résultats en utilisant la dernière formule.

La quantité de liquide à employer pour une feuille du format 50×60 centimètres est de 10 centimètres cubes. On fixe le papier au moyen de deux punaises sur une planchette propre et unie recouverte d'un papier que l'on aura le soin de changer fréquemment ; on évitera avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soin tout contact de la solution sensibilisatrice avec les points d'attache. On verse cette dissolution dans une petite soucoupe peu profonde, et avec un pinceau mou en forme de brosse, monté sur bois ou sur verre (à l'exclusion de toute partie en métal) on l'étend bien également sur le papier ; pour égaliser la couche, on se sert d'un blaireau rond monté sur bois ; on sèche rapidement à l'étuve et on conserve le papier dans un étui en zinc contenant du chlorure de calcium.

187. Emploi du papier au platine. — L'insolation s'effectue au châssis-presse ; on place au dos du papier une feuille de buvard conservée dans un étui à chlorure de calcium ou fortement chauffée de façon à éliminer l'humidité ; sur ce buvard on place une feuille de caoutchouc ou une feuille de papier paraffinée qui empêche l'action de l'humidité.

On insole jusqu'à ce que l'image soit nettement dessinée dans les demi-teintes d'intensité moyenne et on développe à l'aide d'une dissolution saturée d'oxalate de potasse.

Si la durée d'insolation a été trop courte la dissolution d'oxalate sera chauffée jusqu'à 85° centigrades ; on fait passer très rapidement et sans temps d'arrêt l'épreuve dans ce bain ; quand la durée de l'insolation a été trop longue on développe en faisant usage d'une dissolution froide d'oxalate.

Après le développement on immerge les épreuves dans un bain contenant 12 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pour un litre d'eau : elles doivent séjourner dans ce bain jusqu'à ce que le sel de fer contenu dans le papier ait complètement disparu. On change trois fois cette dissolution d'acide chlorhydrique et on laisse les épreuves

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

séjourner pendant dix minutes dans chaque dissolution ; on lave pour débarrasser les épreuves de l'excès d'acide chlorhydrique; ces lavages doivent être continués jusqu'à ce qu'un papier bleu de tournesol placé en contact avec l'épreuve humide n'accuse plus de réaction acide ; on sèche par suspension.

Le papier au platine est trois fois plus sensible que celui préparé au chlorure d'argent ; pendant sa manipulation il faut éviter l'action de la lumière, même faible.

Le manque de vigueur des épreuves après le développement provient presque toujours de ce que le papier est devenu humide soit avant, soit après le tirage. Le papier conservé trop longtemps donne des images grises.

Le renforcement d'une épreuve au platine, même si elle est terminée et lavée est quelquefois nécessaire. Il suffit de la plonger dans un bain contenant 5 centimètres cubes d'une solution à 10 pour 100 de formiate de sodium, 5 centimètres cubes d'une solution à 2 pour 100 de chlorure platinique et 300 centimètres cubes d'eau ; on arrête l'action de ce bain par un lavage énergique.

Au lieu de renforcer à l'aide d'un sel de platine, on renforce souvent en utilisant les procédés de renforcement pour collodion humide ; on recouvre l'épreuve d'un mélange de 5 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable et 10 grammes de sulfate ferreux dissous dans un litre d'eau ; après quelques minutes d'immersion, on renverse ce mélange dans un verre contenant quelques centimètres cubes d'une dissolution de 10 grammes de nitrate d'argent pour un litre d'eau ; on surveille attentivement l'action de ce bain et on lave aussitôt que le résultat désiré est obtenu. L'argent déposé sur l'image est remplacé par du platine à l'aide d'un bain de virage contenant 1 gramme de chloroplatinite de potassium,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15 grammes d'acide phosphorique et 500 centimètres cubes d'eau.

§ 2. — PHOTOGRAMMES AUX SELS DE FER

188. Papier au ferro-prussiate. — Les sels ferriques mélangés de matières organiques sont réduits par la lumière : le citrate de fer ammoniacal, les tartrates et oxalates ferriques jouissent à un haut degré de cette propriété. Pour préparer le papier au ferro-prussiate, on fait dissoudre 100 grammes de citrate de fer ammoniacal dans 500 centimètres cubes d'eau, et d'autre part 80 grammes de ferricyanure de potassium dans 500 centimètres cubes d'eau. On filtre ces deux liqueurs, on les mélange et on les conserve dans l'obscurité.

Ce bain sensibilisateur est étendu à la surface du papier encollé ; l'opération s'effectue à la machine en faisant passer à la surface du bain le papier qui se déroule, passe sur une sécheuse et s'enroule sur une nouvelle bobine.

Ce papier est insolé au châssis-presse, la face du négatif étant en contact avec le côté préparé. Ce procédé est très employé par les ingénieurs, architectes, entrepreneurs, etc. Si l'on veut reproduire un plan ou dessin on le fait sur papier très transparent et très homogène ; on trace le dessin avec du noir Bourgeois ou de l'encre de Chine mélangé de chrysoïdine. Le photocalque obtenu est blanc sur fond bleu.

Si l'on veut obtenir une image bleue sur fond blanc, on trace le calque avec de l'encre lithographique noire en bâtons : cette encre doit être très liquide et très noire ; le dessin étant sec, on colle le calque sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

planche à dessin garnie de papier buvard, on recouvre une ou deux fois toute la surface dessinée avec une solution très épaisse de brun d'aniline, on opère avec un blaireau très doux et sans appuyer trop fort, on laisse sécher la couleur, puis, sans décoller le calque on passe à plusieurs reprises sur le dessin de l'essence de térébenthine. Il faut opérer très légèrement en se servant d'un tampon de coton trempé dans l'essence. Le dessin est totalement enlevé par ce moyen. On laisse évaporer l'essence et on décolle le papier qui constitue un excellent négatif.

Pour obtenir un photocalque de même sens que le modèle, on doit appliquer la face du dessin sur la glace du châssis positif; dans ces conditions, la face sensible du papier est en contact avec le verso du dessin.

La durée de l'insolation est variable; on la détermine en se servant de papiers témoins; ce sont de petits fragments de papier qu'on expose en même temps que le calque et que l'on essaie avant d'arrêter l'insolation.

Le développement s'effectue en plongeant la feuille de papier dans une grande cuvette contenant de l'eau fraîche; le précipité bleu formé par la lumière reste adhérent à la feuille, tandis que les parties préservées se dissolvent dans l'eau en laissant à nu le blanc du papier. Pour aviver les blancs et renforcer les bleus, on peut faire passer l'image dans une solution d'acide chlorhydrique à 4 pour cent, additionnée soit d'un peu d'eau de chlore, soit de quelques gouttes d'une dissolution de chlorure de chaux; on lave à l'eau pure et on laisse sécher.

Les retouches s'effectuent en enduisant une plume ou un tortillon de papier d'une solution faible de potasse caustique ou de carbonate de soude; on lave la partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retouchée avec de l'eau, puis avec de l'acide chlorhydrique faible, enfin avec de l'eau pure ; on encolle le papier, on laisse sécher et on fait les retouches avec du bleu de Prusse.

189. Papier au perchlorure de fer. — Par l'emploi de ce papier, on obtient des images bleues sur fond blanc ; on utilise un papier fortement encollé à la gélatine, tel que le papier à dessin un peu épais et de belle qualité. On prépare trois dissolutions : A) eau 1.000 centimètres cubes, gomme arabique 200 grammes ; B) eau 1.000 centimètres cubes, citrate de fer ammoniacal 500 grammes ; C) eau 1.000 centimètres cubes, perchlorure de fer sublimé 500 grammes. On prépare le bain sensibilisateur en mélangeant 200 centimètres cubes de A, 80 centimètres cubes de B et 50 centimètres cubes de C. On étend sur le papier que l'on fait sécher très rapidement pour éviter que la solution sensibilisatrice ne pénètre dans la couche d'encollage ; on conserve à l'abri de la lumière et de l'humidité.

L'exposition à la lumière se fait par les procédés usuels et doit être continuée jusqu'à ce que l'image apparaisse en blanc sur un fond sombre. Pour développer on tend le papier sur une planche et on passe légèrement à sa surface un pinceau imbibé d'une solution à 20 pour cent de ferrocyanure de potassium ; l'image apparaît immédiatement en bleu. On lave en projetant de l'eau à sa surface, puis on la plonge dans un bain d'acide chlorhydrique à 10 pour cent, on la lave à plusieurs eaux et on la suspend pour la faire sécher.

190. Papier au gallate de fer. — Les images obtenues par l'emploi de ce procédé sont d'un noir d'encre ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on prépare le papier à l'aide des dissolutions suivantes : A) eau 500 centimètres cubes, gomme arabique, 50 grammes ; B) eau 200 centimètres cubes, acide tartrique 50 grammes ; C) eau 200 centimètres cubes, sulfate ferrique 30 grammes. On verse la solution C dans la solution B, on mélange vivement et on verse le liquide obtenu dans la solution A ; le tout est additionné de 100 centimètres cubes de perchlorure de fer liquide à 45° Baumé ; on filtre et on conserve à l'abri de la lumière.

Ce liquide est étendu sur le papier à l'aide d'un large blaireau ou d'une éponge. On fait sécher rapidement et on insole derrière un positif ; l'image apparaît en jaune sur fond blanc ; si l'on ajoute au bain sensibilisateur quelques centimètres cubes d'une solution concentrée de sulfocyanure de potassium le dessin est rouge sur fond blanc.

On développe l'image en la faisant flotter sur un bain contenant 3 grammes d'acide gallique, 10 grammes d'acide oxalique et un litre d'eau. Les traits oranges, jaunes ou rouges se changent en traits noirs ; on lave l'épreuve dans l'eau ordinaire et on la fait sécher.

191. Virage des épreuves aux sels de fer. — Les images bleues obtenues aux sels de fer peuvent être amenées à une teinte brune ; on plonge l'épreuve bleue dans un bain d'ammoniaque diluée (eau 900 centimètres cubes, ammoniaque 100 centimètres cubes) jusqu'à ce que l'image soit presque blanche ; on lave et on immerge dans un bain de 20 grammes de tanin par litre d'eau ; l'immersion doit être prolongée jusqu'à ce que le virage soit obtenu, ce qui peut nécessiter une longue immersion ; si, après 12 heures, la couleur n'est pas assez foncée, on ajoute au bain quelques gouttes d'ammonia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que et on immerge de nouveau l'épreuve pendant une ou deux minutes ; on lave abondamment.

Pour obtenir une image d'un noir d'encre, on place l'épreuve dans l'eau légèrement acidifiée par l'acide azotique, puis dans un bain de carbonate de soude à 5 pour cent : l'image prend une teinte orangée. On la place alors dans un bain d'acide gallique à saturation et finalement dans l'eau légèrement acidifiée ; on lave et on sèche.

192. Papier sépia. — Le mélange d'une dissolution de citrate de fer et d'ammoniaque et de nitrate d'argent est sensible à la lumière ; on fait une première dissolution contenant 300 grammes de citrate de fer et d'ammoniaque, 100 grammes d'acide citrique et un litre d'eau ; on mélange avec une solution de 100 grammes de nitrate d'argent dans l'eau distillée et le liquide trouble qui résulte de ce mélange est étendu sur le papier et séché dans l'obscurité ; on insole, au sortir du châssis on lave avec soin et on fixe à l'hyposulfite de soude ; par virage au chlorure d'or dans un bain contenant 25 grammes de sulfocyanure d'ammonium, 0 gr. 5 de chlorure d'or et un litre d'eau, la teinte passe au noir violet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI

PAPIERS AU BICHROMATE DE POTASSE ; ÉMAUX PHOTOGRAPHIQUES

§ 1. — PAPIER AU CHARBON

193. Fabrication des papiers mixtionnés. — Le mélange d'un bichromate soluble et de certaines matières organiques est modifié par l'action de la lumière ; en particulier, une couche de gélatine bichromatée étendue à la surface d'un papier et soumise à l'action de la lumière sous un négatif est rendue insoluble plus ou moins profondément dans l'épaisseur de la couche, proportionnellement à l'intensité de la lumière qui l'a frappée ; si l'on mélange à cette gélatine ou aux substances analogues une matière colorante en poudre, les parties insolubilisées retiennent cette matière colorante, qui disparaît au contraire au contact de l'eau chaude dans les parties restées plus ou moins solubles ; on peut ainsi obtenir des photogravures en utilisant un grand nombre de matières colorantes.

Le papier recouvert d'une couche de gélatine et de matière colorante porte le nom de papier mixtionné. La couche de mixtion présente deux faces : l'une extérieure qui reçoit l'impression lumineuse, l'autre en contact avec le papier : pour conserver les demi teintes, il faut dépouiller l'épreuve par la face qui n'a pas subi l'action

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la lumière ; de là la nécessité du transfert de l'image, le papier sur lequel est étendue la mixtion ne servant que très provisoirement de support à cette mixtion.

Le papier que l'on utilise pour cette fabrication doit être de texture très égale ; il faut qu'il soit peu encollé, les bains d'encollage ne doivent pas contenir d'alun.

La gélatine utilisée est celle qui est connue sous le nom de gélatine *dure* : pour le travail dans les pays chauds on mélange à cette gélatine soit de la colle de poisson, soit de la gélatine extra-dure.

Les couleurs utilisées doivent réaliser la triple condition d'être inaltérables, de ne pas avoir d'action sur la gélatine et sur le bichromate de potasse ; il faut de plus qu'elles soient à un état de division spécial qui ne peut s'apprécier que par une grande expérience du broyage de la couleur à la molette : on la mélange à de la glycérine et on la conserve en pâte épaisse à peu près comme du mastic de vitrier : un excès de glycérine dans la pâte donne lieu à la production d'images teintées.

L'addition de glycérine ou de sucre au papier mixtionné lui donne une certaine souplesse et permet de le manipuler facilement, sans avoir à redouter les gerçures qui se produisent par les temps secs.

Le papier mixtionné se prépare en bandes qu'on livre coupées à la longueur de 3 m. 60 de long sur 0 m. 76 de large. Pour couvrir de mixtion une telle surface, on emploie 25 grammes de gélatine Nelson, 200 grammes de gélatine ambrée, 675 centimètres cubes d'eau, 30 à 60 grammes de sucre et 25 grammes de savon sec ; à ce mélange on ajoute la matière colorante choisie. Voici les teintes les plus employées et les proportions de matières colorantes par rouleaux de 0 m. 69 $\times$ 0 m. 76.

Noir de gravure : Noir de fumée, 38 grammes ; laque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carminée, 4 grammes ; indigo, 2 grammes. L'encre de Chine employée seule fournit des images d'un ton noir jaune très désagréable à l'œil.

Noir chaud : Noir de fumée ou noir de bougie, 6 grammes ; laque carminée, 6 grammes ; terre d'ombre brûlée, 4 grammes ; indigo, 2 grammes.

Brun foncé : Noir de fumée, 30 grammes ; indigo, 2 gr. 50 ; rouge indien, 6 grammes ; brun Van Dyck, 4 grammes ; laque carminée, 1 gr. 25.

Brun rouge : Encre de Chine, 6 grammes ; laque carminée, 8 grammes ; brun Van Dyck, 8 grammes. On obtient aussi une teinte très agréable en employant 10 grammes de rouge indien en pâte, 8 grammes d'encre de Chine et 6 grammes de laque carminée.

Brun chocolat : Encre de Chine en bâton, 3 grammes ; peroxyde de fer hydraté sec, 2 grammes ; alizarine dissoute dans la soude, 0 gr. 5 ; purpurine, 0 gr. 5.

Rouge pour positives par transparence : Laque carminée, 10 grammes ; rouge indien, 6 grammes ; encre de Chine, 4 grammes.

Sépia : Noir de fumée, 4 grammes ; sépia de Cologne, 35 grammes. La sépia naturelle peut fort bien être employée, mais elle nécessite un traitement spécial avant d'être incorporée à la gélatine. On concasse la sépia et on la projette peu à peu dans la soude fondue ; on emploie 100 grammes de sépia pour 150 grammes de soude fondue au creuset d'argent ; on fait dissoudre et on précipite par un très grand excès d'eau. On recueille le précipité, on le lave à l'alcool et on fait bouillir la pâte obtenue avec une dissolution très concentrée de bichromate de potasse ; on lave par décantation d'abord à l'eau, puis à l'alcool, enfin à l'eau bouillante. La sépia peut alors être employée à la fabrication du papier mixtionné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour préparer la mixtion, on commence par faire tremper la gélatine dans la quantité d'eau indiquée contenant les proportions nécessaires de sucre et de savon. Quand la gélatine est suffisamment gonflée on chauffe au bain-marie et l'on ajoute peu à peu les couleurs finement broyées ; on filtre sur une flanelle la mixtion colorée ; on la recueille dans une cuvette cylindrique qui est chauffée au bain-marie, de manière à maintenir la solution de gélatine au voisinage de 40° centigrades. On promène à la surface du liquide un morceau de papier blanc pour chasser les bulles ainsi que les impuretés ; on place ensuite sur la machine la bande de papier qu'il s'agit de recouvrir de mixtion. Ces machines sont constituées par un système de rouleaux entraînant la feuille à la surface de la mixtion. Le papier passe de là sur un grand rouleau creux de fonte, maintenu très froid par un courant d'eau fraîche qui circule à travers l'axe. La gélatine fait prise et la bande de papier passe sur une table horizontale où elle est coupée à la dimension convenable.

L'épaisseur de la couche varie suivant le mouvement plus ou moins rapide que l'on imprime au rouleau conducteur : la vitesse doit être assez grande pour qu'une bande de 3 m. 60 soit recouverte en vingt ou vingt-cinq secondes. Si la vitesse de rotation du cylindre est plus rapide, la couche sera plus épaisse ; c'est l'inverse qui se produit si le mouvement est plus lent.

Le papier recouvert de mixtion est suspendu dans un séchoir ventilé par un courant d'air sec et froid, préalablement filtré et arrivant avec une très grande vitesse, surtout pendant l'été. Il est indispensable de fixer à la partie inférieure de chaque bande une règle de bois qui empêche le papier de s'enrouler en séchant.

Ces papiers mixtionnés sont fabriqués très régulière-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment pour l'industrie et le photographe professionnel n'a aucun intérêt à effectuer la préparation de ce papier à moins qu'il n'ait à faire de nombreux travaux d'édition. L'outillage nécessaire à la fabrication est d'un prix relativement élevé et l'installation des séchoirs est assez coûteuse.

194. Sensibilisation du papier. — Cette sensibilisation se fait en plongeant le papier dans un bain contenant 20 grammes de bichromate de potasse pulvérisé, 1 gramme de carbonate d'ammoniaque et un litre d'eau ; ce bain doit occuper une épaisseur minima de 0 m. 02 dans la cuvette. On ajoute le carbonate d'ammoniaque pour empêcher la gélatine de devenir spontanément insoluble, phénomène qui se produit pendant l'été.

Il faut employer au moins 40 grammes de bichromate pour sensibiliser un mètre carré de papier mixtionné ; ce bain doit être rejeté aussitôt qu'il a servi.

La quantité de bichromate que renferme un litre de bain dépend et de la température et de la nature du négatif ; en été on emploiera un bain d'un titre faible ; en hiver on pourra porter la dose de bichromate à 30 grammes par litre pour des négatifs d'intensité moyenne. Plus les négatifs sont légers, plus la solution de bichromate doit être faible ; on peut faire descendre le titre à 5 grammes et même 3 grammes par litre ; mais dans ce cas la durée d'insolation à la lumière est fort longue.

La température du bain doit être voisine de 15° centigrades ; en été on emploie une forte proportion de bain que l'on conserve au frais. La sensibilisation se fait alors dans une masse de liquide assez grande pour qu'elle ne prenne que très lentement la température du laboratoire.

Quand la température est très élevée on sensibilise le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papier dans une cave et on le fait sécher à l'étage supérieur.

Avant la sensibilisation on frotte la surface du papier mixtionné de manière à enlever le duvet qui adhère toujours à la surface de la gélatine ; on immerge complètement le papier dans le bain couche en dessus ; après deux minutes on retire le papier du bain et on l'immerge de nouveau couche en dessous ; à l'aide d'une baguette de verre on fait disparaître les bulles d'air qui adhèrent à l'envers du papier et qui produiraient des taches ; on a d'ailleurs fait disparaître ces bulles dans la première partie de l'opération s'il s'en produit à la surface de la gélatine.

Plus la température est basse et plus le négatif est intense, plus la durée de l'immersion doit être prolongée ; pour éliminer l'excès de bichromate qui imbibe la feuille, on dispose sur l'un des côtés de la cuvette et plongeant dans celle-ci par un de ses côtés, une glace dans une position légèrement inclinée, on fait glisser le papier sur cette glace, le côté mixtionné en contact avec celle-ci ; on passe légèrement sur le dos de la feuille une raclette de caoutchouc (fig. 138) pour chasser l'excès de liquide.

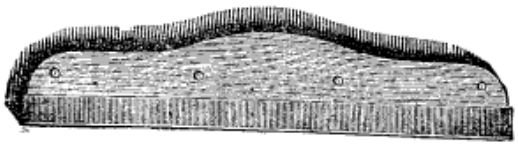


Fig. 138

Toutes ces opérations peuvent être effectuées à la lumière du jour.

195. Séchage du papier. — Cette opération extrêmement importante doit être effectuée rapidement. Si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les feuilles sont de dimensions moyennes on les place sur une feuille de carton sécheur fixé lui-même sur la surface d'un demi-cylindre de bois. Si les feuilles sont de très grande dimension, on applique sur le côté inférieur

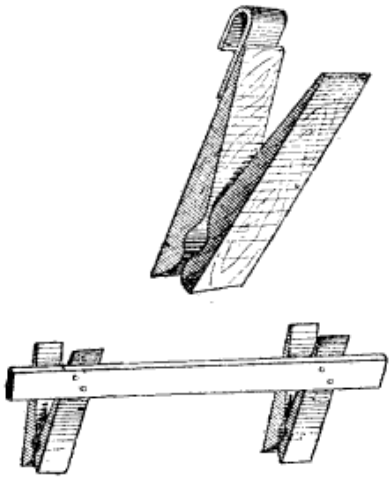


Fig. 139

deux pinces américaines fixées à une règle (fig. 139) ; à la partie supérieure au dos du papier on fixe une bande

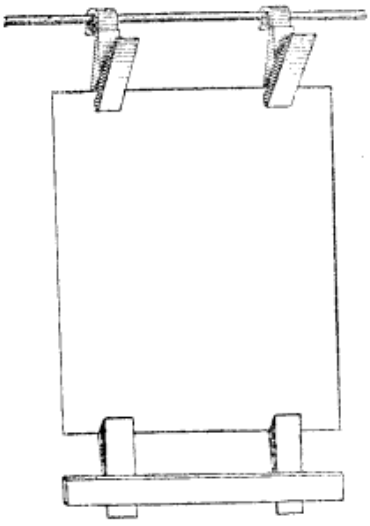


Fig. 140

de verre que l'on maintient à l'aide de deux pinces à crochet (fig. 140). Ce dispositif empêche le papier de s'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rouler en séchant. Il faut éviter dans le local où se fait le séchage le dégagement de vapeurs (formol, lampes à pétrole, becs de gaz, etc), qui peuvent altérer soit la gélatine, soit le bichromate de potasse.

Le papier est suffisamment sec quand en appliquant le doigt à la surface de la mixtion la gélatine ne fond pas : il faut éviter en effet que le papier se colle au négatif pendant l'insolation et le mette hors de service ; la gélatine bichromatée humide est d'ailleurs peu sensible à la lumière. Le papier complètement sec est débité à la dimension convenable et conservé en paquets serrés dans des boites de fer-blanc aussi étanches que possible. Le papier conserve ses bonnes qualités pendant huit à dix jours. On le conserve aussi en l'enroulant sur une barre de bois, la mixtion en dehors, le recouvrant d'une feuille de papier imperméable et le plaçant dans un étui de fer blanc.

Par les fortes chaleurs le papier mixtionné sensibilisé s'altère assez rapidement. Il est de règle d'imprimer les négatifs légers sur des papiers fraîchement sensibilisés tandis que les papiers les plus anciennement préparés sont réservés pour les négatifs durs qui, avec les mixtions peu solubles, donnent de bons résultats.

196. Insolation du papier ; photomètre. — Les bords du négatif à imprimer sont recouverts d'une bande de papier jaunâtre : les bords de la feuille mixtionnée doivent porter sur cette bande ; on évite ainsi les soulèvements de la couche pendant le développement.

La couche mixtionnée est appliquée contre la surface du négatif portant l'image. Ce négatif est placé dans un châssis à tirage dont on peut supprimer la planchette pliante et la remplacer par une glace couverte de papier noir. Pour obtenir un bon contact entre la surface de la mixtion

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et celle du négatif il est bon d'interposer entre le papier et la planchette un coussinet de feutre sur lequel on a collé une étoffe de soie pour éviter que les débris de feutre, par leur interposition entre le négatif et le papier, ne fassent tache sur l'image.

Dans bien des ateliers on supprime l'emploi du châssis-presse pour les épreuves de petite dimension : on place le papier au charbon derrière le négatif encadré de papier jaune, puis une feuille de caoutchouc et quelques feuilles de papier buvard, puis une plaque de verre ou un vieux négatif. On maintient ces verres assemblées à l'aide de quatre pinces américaines à ressort.

Il n'est pas possible d'examiner la *venue de l'image*. On utilise le photomètre pour la détermination du temps nécessaire à l'impression ; l'un des plus simples et des plus employés est le photomètre à échelle ; on le construit facilement en superposant les unes sur les autres des bandes de papier dioptrique de longueurs décroissantes, disposées de manière à faire une sorte d'échelle dont on numérote les échelons : celui qui correspondra à une épaisseur de papier portera le n° 1, le n° 2 sera donné par deux épaisseurs de papier, le n° n par n épaisseurs ; ces feuilles sont maintenues par un cache en papier noir qui limite l'étendue de l'échelle et forme autour d'elle un encadrement opaque. Chaque échelon est numéroté ; on place au contact de ce photomètre disposé dans un châssis-presse une petite feuille de papier préparée au chlorure d'argent et on examine quel est le numéro qui a produit sur le papier une légère impression : c'est le degré marqué au moment de l'observation. En général un négatif d'intensité moyenne est imprimé suffisamment sur papier mixtionné lorsque le n° 7 est visible sur le fond teinté du papier au chlorure d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut se servir de ce photomètre pour en obtenir par reproduction à la chambre noire une série d'égale intensité qui ne présente pas l'inconvénient de jaunir comme le fait le papier dioptrique.

Pour déterminer la durée de l'insolation on peut insoler derrière un négatif l'envers du papier mixtionné et suivre la venue de l'image comme s'il s'agissait d'une épreuve faite sur papier albuminé: lorsque l'épreuve est suffisamment imprimée, on lit le degré au photomètre: c'est le degré nécessaire pour l'insolation du négatif.

197. Transfert de l'image. — Le dépouillement des parties de la mixtion qui n'ont pas reçu l'action lumineuse doit s'effectuer en dissolvant d'abord l'envers de la couche, c'est-à-dire la portion qui se trouve au contact du papier. On y parvient en plaçant sur un support spécial le papier mixtionné, insolé et mouillé ; l'image est alors dépouillée par l'emploi de l'eau chaude, mais elle est retournée c'est-à-dire symétrique à l'objet par rapport au centre de l'objectif. Pour l'obtenir dans son vrai sens on ramollit dans de l'eau chaude du papier double transfert, on le fait adhérer sur l'épreuve humide; on passe la raclette, on fait sécher et l'image est séparée d'avec son support provisoire.

Quelle que soit la nature du support provisoire le procédé opératoire est le même. Le verre opale, la porcelaine dont la surface blanche permet de juger très facilement de l'état de l'image, constituent les meilleurs supports provisoires; on les manie d'ailleurs facilement dans les bains d'eau chaude, et on le choisit assez grand pour qu'il puisse permettre le dépouillement simultané de plusieurs épreuves.

Le verre opale est nettoyé avec soin et frotté avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tampon de toile imbibé d'une dissolution de 7 grammes de cire jaune dans un litre de benzine; toutes les parties de la feuille de verre doivent recevoir cette dissolution qui facilitera le transfert sur papier; on laisse évaporer la benzine et on polit la surface cirée en la frottant très légèrement avec un morceau de flanelle blanche et souple.

Le premier transfert s'effectue en immergeant le papier mixtionné dans une cuvette contenant de l'eau filtrée; on fait disparaître à l'aide d'un pinceau les bulles d'air qui se trouvent à la surface de la mixtion. Le papier ne tarde pas à se courber le côté gélatiné en dedans, puis il devient plat. A ce moment on introduit dans la cuvette, sous le papier mixtionné, le verre ciré et on retire de l'eau le tout ensemble, le côté gélatiné du papier étant en contact avec la surface cirée. On passe la raclette après avoir placé une feuille de caoutchouc sur l'envers des épreuves pour enlever l'excès d'eau; on enlève la toile de caoutchouc, et on examine la plaque à un jour frisant; le papier doit avoir une surface absolument unie et sans trace de relief qui indiquerait une bulle sous la couche; si ce relief se montre on recommence le transfert de l'épreuve en chassant les bulles d'air. On enlève ensuite avec une éponge l'excès d'eau qui se trouve sur l'envers et surtout sur les bords des épreuves pour éviter les soulèvements sous l'influence de l'eau chaude.

198. Dépouillement. — Le dépouillement peut être effectué en pleine lumière dix minutes après le transfert. Ce dépouillement a pour objet la séparation de l'image d'avec la gélatine non isolée ; on opère dans une cuvette en zinc ou en cuivre assez grande pour que les plaques à dépouiller puissent se manier facilement. On introduit dans cette cuvette de l'eau chauffée à 35° centigrades ; elle doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

occuper une hauteur d'au moins 0 m. 03 ; on y plonge la plaque de transfert, épreuves en dessus. La gélatine colorée ne tarde pas à se dégager des bords du papier ; on fait osciller la cuvette, et, sous l'influence de l'eau chaude en mouvement le papier tend à se soulever ; on peut le saisir par l'un des angles qui se relèvent les premiers ; on l'enlève avec précaution ; il abandonne au support la mixtion colorée ; l'image se dépouille peu à peu de l'excès de mixtion ; on ajoute peu à peu de l'eau chaude jusqu'à ce que la température du bain atteigne 40° centigrades ; on place la plaque sur quatre petites cales en plomb et on l'abandonne à elle-même pendant plusieurs minutes, couche en dessous ; on la relève et si en plaçant la plaque debout sur un support, on ne voit plus de traînées noires aux angles par lesquels s'effectue l'écoulement du liquide l'opération est terminée.

Si l'épreuve reste noire et ne se dépouille pas, c'est que la durée de l'insolation a été trop longue. On retire l'épreuve de la cuvette et on y verse de l'eau bouillante de façon à porter la température du mélange à 50 ou 55° centigrades. Si l'action de l'eau très chaude ne suffit pas, on peut essayer d'ajouter quelques gouttes d'ammoniaque ou d'une dissolution de carbonate d'ammoniaque. On peut aussi employer une solution froide de carbonate de soude (50 grammes par litre d'eau) de cyanure de potassium (15 grammes par litre d'eau), de sulfocyanure de potassium (100 grammes par litre d'eau).

Si l'épreuve n'est pas assez foncée, si les lumières sont sans demi-teintes et les ombres sans vigueur, c'est que l'insolation a été trop courte ; dans ce cas il n'y a pas de remède et il faut faire une nouvelle épreuve.

199. Alunage. — Après le dépouillement il faut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dissoudre le bichromate de potasse qui reste dans la couche et durcir celle-ci. On y parvient en plongeant la plaque dans une solution filtrée de 50 grammes d'alun dans un litre d'eau ; l'immersion se fait la couche en dessous pour éviter que des parcelles de couleur, de gélatine, etc., ne se fixent sur l'image. Une imersion de dix minutes dans le bain d'alun est suffisante. On lave complètement et on laisse séjourner l'épreuve dans une cuvette d'eau froide pendant dix minutes ; on fait sécher sur un chevalet et l'on effectue les retouches avant de faire le second transfert.

200. — Retouche ; second transfert. — Les retouches s'effectuent en se servant de la mixtion même, non sensibilisée : on place un fragment de papier mixtionné humecté d'eau dans un godet de verre légèrement chauffé ; la mixtion se dissout et constitue ainsi la couleur qui servira à faire la retouche ; on laisse sécher.

Pour protéger la retouche contre l'action de l'eau pendant le second transfert, on collodionne la surface de l'image avec un liquide contenant 6 grammes de coton-poudre, 400 centimètres cubes d'alcool et 600 centimètres cubes d'éther.

Le second transfert s'effectue sur un papier appelé double transport émail : c'est le papier couché des lithographes recouvert d'une couche de gélatine blanche. On le coupe de dimensions un peu plus petites que celle de la plaque portant les épreuves ; on l'immerge dans l'eau froide en même temps que la plaque portant les images dépouillées ; on met cette plaque à plat sur une table, on retire de la cuvette le papier de transport que l'on fait passer dans une cuvette contenant de l'eau chaude jusqu'à ce qu'il soit ramolli : on reconnaît qu'il est en cet

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

état en le frottant entre le pouce et l'index : la gélatine doit pouvoir s'enlever facilement du papier. Au sortir de l'eau chaude le papier double transfert doit être couvert d'une couche de gélatine qui comblera les moindres reliefs de l'image ; on applique le papier sur celle-ci en évitant les bulles d'air ; on place sur le dos du papier une toile caoutchoutée, spécialement réservée pour ce travail ; on passe la raclette, on éponge l'excès d'eau et on laisse sécher.

L'image étant sèche, on immerge la plaque dans l'eau froide et on sépare le papier d'avec son support en opérant dans l'eau ; on coupe l'épreuve, on la monte sur bristol et on la fait sécher ; on la frotte alors avec un linge trempé dans une solution alcoolique de savon blanc ; on produit le brillant en la faisant passer sous la machine à satiner à chaud.

201. Simple transfert. — Le procédé du simple transfert nécessite l'emploi de négatifs retournés, obtenus à l'aide du prisme devant l'objectif, ou encore de négatifs pelliculaires, pouvant s'imprimer par les deux faces. Après l'insolation sous le négatif, on immerge dans l'eau froide le papier insolé et le papier simple transfert ; on les retire ensemble de l'eau froide en évitant les bulles d'air, on les presse l'un contre l'autre par l'action de la raclette de caoutchouc et on les plonge dans l'eau chaude. Le papier mixtionné se détache, laissant l'image adhérente au papier simple transfert ; l'épreuve est alors plongée dans la solution d'alun, lavée et séchée.

On peut obtenir des épreuves émaillées en appliquant le papier encore humide sur une glace cirée ou talquée, puis collodionnée. L'image préalablement séchée est plongée dans l'eau ; on verse à la surface de la glace collo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dionnée une mince couche de gélatine, on applique l'image sur cette gélatine, on passe la raclette, on laisse sécher l'épreuve et on peut la monter à la façon habituelle.

§ 2. — CHARBON VELOURS

202. Préparation du papier. — Ce procédé ne nécessite pas l'emploi des papiers de transfert ; l'image, par suite de la minceur de la couche, se développe sur le papier qui sert de support à la mixtion.

Plusieurs procédés peuvent être utilisés pour préparer ce papier. On mouille du papier Rives d'épaisseur moyenne, on l'applique sur une glace au moyen d'une raclette de caoutchouc, et le tout est mis de niveau au moyen de vis calantes. On recouvre le papier d'une solution de 15 grammes de gélatine dans un litre d'eau ; la quantité de solution à employer est d'environ 3 cc. 5 par décimètre carré. Lorsque la gélatine a fait prise, on place la feuille encore humide dans la boîte à poudrer employée par les graveurs ; on garnit la boîte d'un mélange de noir d'ivoire et de brun d'ivoire, on soulève cette poussière et on la laisse tomber à la surface de la gélatine ; on laisse sécher ce papier.

On prépare aussi un papier velours en étendant à sa surface une mince couche d'un mélange de 5 grammes de colle de poisson, 10 grammes de couleur pour aquarelle en tubes, 25 centimètres cubes de solution saturée de bichromate de potassium ; on laisse sécher dans l'obscurité.

Enfin s'il s'agit d'obtenir des images au trait, on recouvre le papier avec de l'albumine battue en neige, mélan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gée d'un dixième de gomme ou de sucre et d'une quantité suffisante de matière colorante, habituellement du noir de fumée.

203. Sensibilisation. — On peut sensibiliser ce papier en utilisant le procédé qui est employé pour la sensibilisation des papiers mixtionnés ; il est cependant plus simple de dissoudre du bichromate d'ammoniaque dans l'alcool et d'enduire de cette dissolution le côté préparé du papier ; la dessiccation se fait rapidement dans l'obscurité.

204. Dépouillement de l'image. — La durée de l'insolation sous le négatif doit être très exactement déterminée ; le dépouillement de l'image s'effectue avec de l'eau chargée de sciure de bois, de façon à constituer une bouillie plus ou moins claire.

L'épreuve rincée sous un robinet d'eau froide est mise dans un bain dont la température est 28 ou 29° centigrades ; l'image se dessine faiblement après une deux minutes. L'épreuve chaude est retirée du bain et on donne un ou deux arrosages de sciure froide très claire : l'image apparaît. On replonge l'épreuve dans le bain à 28°, on la retire et on donne deux ou trois arrosages à la sciure claire ; à ce moment l'image est assez visible pour que l'on puisse distinguer les contrastes : trois cas peuvent se présenter : 1° l'exposition a été normale : dans ce cas l'épreuve est dépouillée à la sciure froide et plongée de temps en temps dans l'eau chauffée à 28° ; 2° la durée d'exposition a été trop longue : l'épreuve surexposée est placée gélatine en dessous, dans un bain de carbonate de soude à 5 pour 100 ; on tâte la couche de temps en temps, et quand elle est assez ramollie, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

achève le dépouillement avec de la sciure assez épaisse ; 3° si l'épreuve est sous-exposée on la plonge dans un bain dont la température atteint 31° centigrades ; après une minute d'action du bain chaud, on fait agir de la bouillie de sciure très claire ; on plonge de nouveau dans l'eau chaude et on traite de nouveau par la bouillie de sciure ; on arrive ainsi à rétablir les oppositions qui au début du dépouillement apparaissaient comme devant être trop faibles. Si les parties claires de l'image ont une tendance à s'arracher, on plonge l'épreuve dans l'eau froide.

On termine par immersion dans une solution de 50 grammes d'alun pour un litre d'eau, on lave et on fait sécher.

§ 3. — ÉMAUX PHOTOGRAPHIQUES

205. Procédé par saupoudrage. — Ce procédé est le plus employé : il consiste à développer une image à l'aide de poudres mélangées de fondant : cette image est soumise à l'action d'un feu de moufle pour fondre et fixer les poudres.

On étend sur une glace bien nettoyée une couche d'un mélange contenant 10 grammes de gomme, 10 grammes de glucose, 2 grammes de sucre et 0 gr. 25 de miel ; après dissolution, on ajoute 20 centimètres cubes d'une solution saturée de bichromate d'ammoniaque : ce liquide ne se conserve pas plus de deux jours en été: Pour recouvrir la glace avec ce liquide on opère comme s'il s'agissait de collodionner, on plonge le bas de la glace pour enlever l'excès du liquide et on fait sécher à la flamme d'une lampe à l'alcool en ne chauffant pas au delà de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

45 à 50° centigrades ; on chauffe jusqu'à dessiccation complète et on place la glace encore chaude dans le châssis pressé au contact d'un *positif* sur verre ; un excès de pose donne une image dure et teintée, le manque de pose donne au contraire une image grise. La durée de l'insolation varie de trois à dix minutes à l'ombre. La glace du châssis-presse se couvre d'une légère buée lorsque l'insolation est à peu près terminée. Une exposition trop prolongée s'oppose à l'adhérence de la poudre sur la glace ; l'insuffisance d'insolation produit l'effet contraire. Si l'on opère dans une atmosphère très sèche, il faut, après l'insolation, abandonner à l'air pendant quelques minutes dans l'obscurité la glace à développer ; si l'atmosphère est humide on développe immédiatement après l'insolation et si la lumière a été peu intense pendant l'insolation il est bon de sécher la glace au sortir du châssis-presse, soit sur une lampe à alcool, soit sur une plaque de fonte chauffée.

La poudre d'émail doit être très fine et ne doit pas laisser de résidu sur le tamis de soie n° 180 ; on trouve ces poudres dans le commerce. Au moment de les employer, on les place dans une soucoupe légèrement chauffée et on les applique sur la glace à l'aide d'un pinceau très doux (pinceau à trois plumes pour l'aquarelle) ; on tamponne légèrement avec le pinceau la surface impressionnée ; on commence par le haut de la plaque et on descend progressivement en frappant légèrement et avec régularité : on couvre ainsi toute la glace ; puis on décrit des cercles avec le blaireau, l'image se forme peu à peu car la poudre adhère inégalement sur les parties plus ou moins humides ; pour enlever l'excès de poudre, on promène le pinceau de haut en bas dans tous les sens avec la plus grande légèreté possible. Pour juger de la valeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'image, on place près de sa surface une feuille de papier blanc, sans établir le contact. Si l'épreuve est trop noire, il faut recommencer l'opération ; si elle est incomplète, on continue à passer le pinceau à sa surface après l'avoir laissé reposer pendant deux ou trois minutes. Si, par ce moyen, on ne parvient pas à renforcer l'épreuve et à faire paraître les demi-teintes, on peut souffler légèrement sur la couche qui prend à l'instant un peu d'humidité et qui happe une plus grande quantité de poudre ; mais ce moyen peut entraîner la production d'images voilées. On peut retoucher localement certaines portions de l'image en se servant pour cet objet d'un pinceau fin que l'on charge d'une petite quantité de poudre s'il s'agit de donner de l'intensité à cette portion de l'image ; pour éclaircir certaines parties de l'épreuve on peut les frotter avec une touffe de coton cardé qui se charge de poudre.

Quand l'image est complètement développée on la recouvre d'une couche de collodion préparée avec 20 grammes de coton-poudre, 500 centimètres cubes d'éther et 500 centimètres cubes d'alcool ; la pellicule de collodion étant formée, on la plonge avant qu'elle soit sèche dans une solution de 50 centimètres cubes d'acide sulfurique pour un litre d'eau. La pellicule de collodion se soulève et se sépare de la glace tout en retenant dans ses pores la poudre d'émail ; on maintient cette pellicule sur la glace et on la retire avec précaution du bain acide pour la mettre dans un bain d'eau pure ; on lave jusqu'à ce que tout les sels de chrome soient éliminés ; lorsque le lavage est terminé on la transporte dans une cuvette contenant de l'eau sucrée (à 10 ou 15 pour 100) et la plaque d'émail blanc avec lequel doit s'incorporer la poudre formant l'image. On amène la pellicule de collo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dion sur l'émail, le côté portant le collodion étant en dessus, et on retire la plaque et la pellicule en la maintenant juste à la place qu'elle doit garder. Au lieu d'eau sucrée on peut employer un liquide contenant 5 grammes de pépins de coing, un litre d'eau et 100 centimètres cubes de solution de borax à saturation.

La présence du sucre et du collodion peuvent gêner pour la cuisson de l'émail : on les détruit par une immersion dans l'acide sulfurique. Le collodion est dissous lorsqu'il se forme une auréole brune autour de la plaque : celle-ci est alors retirée du bain acide à l'aide du crochet qui a servi à l'y plonger et transportée avec précaution dans une cuvette d'eau pour éliminer l'excès d'acide. La plaque d'émail est alors portée sur une feuille de papier buvard pour la laisser égoutter ; on la fait sécher et l'on retouche l'image s'il y a lieu avec un pinceau chargé de poudre et humecté de sirop de sucre.

206. Cuisson de l'émail. — Pour vitrifier la poudre qui constitue l'image, on chauffe la plaque dans un fourneau d'émailleur en prenant la précaution de charger fortement le dessus du moufle d'une couche de combustible bien allumé et de modérer le feu en dessous : à la température du rouge cerise, on retire l'émail quand il a pris du brillant et qu'il semble recouvert d'un vernis. La plaque placée sur une galette de terre cuite est lentement retirée du four pour qu'elle se refroidisse graduellement. Si quelques retouches sont nécessaires on les fait avec de la poudre d'émail et un excès de fondant broyé et mélangé à l'essence de manière à obtenir une teinte un peu plus légère en même temps que la fusion s'effectue à une température plus basse. L'emploi d'un four à gaz simplifie beaucoup l'opération.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On avivera les lumières après vitrification à l'aide d'un liquide contenant 10 centimètres cubes d'acide fluorhydrique et 100 centimètres cubes d'eau ; on touche avec un pinceau imbibé de cette solution la partie dont on veut réduire l'intensité, et l'on essuie sans attendre avec un chiffon en épongeant ; on juge ainsi de l'effet produit.

Le coloriage des émaux s'effectue d'après les procédés usuels de la peinture sur porcelaine.

207. Procédé par substitution. — Pour utiliser ce procédé on commence d'abord par préparer une image par le procédé du collodion humide, on substitue à l'argent réduit dans la couche divers composés métalliques; puis l'on vitrifie la pellicule ainsi obtenue : on peut ainsi soit produire des vitraux, soit rendre inaltérables des positifs précieux.

On fait un positif par transparence au collodion humide sur glace, on fixe au cyanure de potassium et on l'immerge dans une dissolution contenant un décigramme de chlorure d'or pour un litre d'eau ; puis on la plonge dans une solution de 10 centimètres cubes d'acide sulfurique pour un litre d'eau, on lave l'image détachée de son support et on la plonge dans un bain de dépôt sans la retourner.

Si l'image doit paraître dorée, on la traite par le chlorure d'or ; si elle doit paraître semblable à l'acier, on traite par le chlorure de platine ; la teinte noire est obtenue par le chlorure d'iridium et la teinte brune par le chlorure de palladium. Une épreuve virée à l'or, puis immergée dans un bain de chlorure d'or et de bismuth donne après vitrification une image or mat sur or brillant comme fond.

On utilise les formules suivantes. Chlorure de platine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 grammes, eau 1 litre; on laisse l'épreuve dans ce bain pendant six minutes, puis on la fait plonger dans une solution d'hyposulfite de soude à 6 pour cent, on lave, on transporte sur plaque d'émail avec la solution de pépins de coings, on laisse sécher et on passe au feu.

Le mélange de chlorure d'or et d'iridium donne des images d'une belle teinte noire ; le bain contient 12 centimètres cubes d'une solution de chlorure d'iridium à 10 pour cent, 6 centimètres cubes d'une solution de chlorure d'or à 10 pour cent et l'on ajoute 50 centimètres cubes d'eau. On obtient une belle teinte avec un bain contenant 1 gramme de chlorure d'or, 1 gramme de chromate rouge de potasse, 0 gr. 1 de nitrate d'urane, 50 centimètres cubes d'eau. Quand ce bain a produit son action on passe à l'hyposulfite, on lave et on transporte sur l'émail destiné à la cuisson.

BIBLIOGRAPHIE

ABNEY. — Instruction of Photography.

BELIN (Ed.). — Les papiers photographiques au charbon.

BLANCHÈRE (De la). — L'Art du Photographe.

DAVANNE ET GIRARD. — Recherches théoriques et pratiques sur la formation des épreuves photographiques positives.

EDER (Dr J.-M.). — Formules, recettes et tables pour la photographie et les procédés de reproduction.

FOURTIER (H.). — Les positifs sur verre.

FISCH (A.). — Nouveaux procédés de reproduction industrielles.

— La Photocopie.

FOSSARIEU (Lucy de). — Photographie sur faïence, émail et porcelaine.

HORSLEY-HINTON. — La platinotypie.

GEYMET. — Traité des émaux photographiques.

JUST (Dr E. A.). — Rathgeber für den Positiv Process auf Albumin-Papier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

JUST (Dr E. A.). — Der Positiv Process auf Gelatine-Emulsion-Papier.
LIESEGANG. — Le développement des papiers photographiques à noircissement direct.
LIESEGANG. — Der Silberdruck.
— Die modernen Lichtpausverfahren.
MONTALTI. — La ferrotypie.
MONCKHOVEN (Van). — Traité pratique de photographie au charbon.
PIZZIGHELLI ET HUBL. — La Platinotypie.
POITEVIN. — Traité des impressions photographiques.
VIDAL (L.). — Traité pratique de photographie au charbon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME PARTIE

TIRAGES INDUSTRIELS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER

TIRAGES AUX SELS D'ARGENT

208. Papier albuminé. — Le papier albuminé fournit des images d'une teinte très demandée par le public: aussi ce mode de tirage est-il adopté par l'industrie pour l'impression des portraits de célébrités, paysages, etc. Le procédé suivi ne diffère pas de celui qui est adopté par les photographes professionnels.

Les négatifs à imprimer sont classés en diverses catégories, chacune des catégories nécessitant une durée particulière d'insolation. Il suffit donc de surveiller l'impression d'un seul des négatifs dans chaque série pour arrêter l'insolation en temps convenable.

Le virage et le fixage ne présentent rien de particulier; les teintes bistres étant les plus en vogue on utilise un bain de virage acidifié par l'acide acétique, ou plus simplement, avant le virage, on lave les épreuves dans une eau chargée d'acide acétique. Le bain de virage sert en quelque sorte indéfiniment si l'on a la précaution de lui ajouter après le virage et par feuille (44×57) virée 5 centimètres cubes d'une solution de chlorure d'or à 1 pour cent. Dans la pratique le virage se fait dans l'après-midi; le bain de virage est remis dans son flacon; on décante le lendemain matin la partie limpide et c'est à cette portion que l'on ajoute la quantité nécessaire de solution de chlorure d'or à 1 pour cent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les épreuves sur papier albuminé sont en général montées sur bristol, avec ou sans marge suivant les dimensions. Au sortir de la dernière eau de lavage, on les éponge au buvard, on les fait sécher sur des filets à larges mailles tendus sur de grands cadres; lorsqu'elles sont complètement sèches on peut les couper à la dimension convenable. On fait cette opération sur un verre dur spécial qui résiste au tranchant de la lame de cartonnier servant à ce travail (fig. 141).

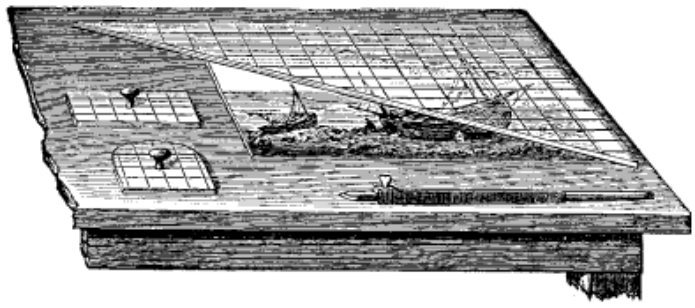


Fig. 141

Cette lame doit être fréquemment affûtée sur une pierre douce. On coupe les épreuves en guidant la lame à l'aide de calibres spéciaux ou d'une équerre dont l'une des faces est quadrillée. Les épreuves coupées sont empilées les unes sur les autres jusqu'au moment du collage et les rognures sont envoyées aux résidus.

Le collage de l'épreuve s'effectue avec de la colle d'amidon additionné de gélatine. On fait ramollir dans l'eau 15 grammes de gélatine; d'autre part, dans 200 centimètres cubes d'eau on délaie peu à peu 60 grammes d'amidon; on fait bouillir un litre d'eau placée dans une casserole émaillée et l'on verse peu à peu la bouillie d'amidon dans l'eau bouillante en tournant constamment le liquide jusqu'au moment où le blanc mat de l'amidon prend une transparence bleutée; à ce moment on éteint

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le feu et l'on ajoute, en remuant constamment, la gélatine gonflée dans l'eau; après refroidissement on passe deux fois cette colle à travers de la mousseline, on la malaxe avec un pinceau plat (queue de morue) et elle est prête à être employée: on ne prépare que la quantité de colle nécessaire au travail de deux jours; cette colle doit être fraîche et se décompose facilement pendant l'été.

Les épreuves à coller sont plongées dans une cuvette d'eau propre, empilées les unes sur les autres et après quelques minutes fortement pressées entre deux feuilles de buvard pour expulser l'excès d'eau. On porte le tout sur une glace face en dessous. On éponge de nouveau le revers de l'image et on couvre ce revers d'une couche de colle; on en passe un léger excès sur les bords; l'épreuve est soulevée à l'aide d'une pointe ou d'un couteau à palette, on la saisit par son centre et on la met en place sur le bristol. Sur le côté de l'image on place un buvard: à l'aide d'un rouleau que l'on promène une ou deux fois sur le buvard on chasse les bulles d'air et on assure le contact des deux surfaces. S'il se produit des bavures sur les marges, ce que l'on évite avec du soin, on les enlève aussitôt avec une éponge propre placée dans un bol contenant de l'eau.

Les épreuves de grande dimension sont assez faciles à placer exactement à la position qu'elles doivent occuper sur le bristol: on y parvient soit à l'aide d'un cache découpé dans une feuille de bristol et de dimensions un peu plus grandes que l'image (figure 142), soit en se servant d'une planchette spéciale au centre de laquelle l'épreuve est placée image en dessous. Une règle-butoir qui s'avance parallèlement du bord vers le centre permet de faire coïncider le milieu du bristol avec le milieu de la planchette. Cette planchette est faite en bois blanc, comme les plan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chettes à dessin ; lorsque l'on a tracé à sa surface les divisions des formats photographiques on passe à la surface du bois une couche de gélatine, puis une couche de collodion à l'acétate d'amyle ; elle est alors imperméable. L'épreuve enduite de colle est mise en place ; on met en place les bords du bristol, grâce à la règle-butoir et on abaisse le bristol qui adhère immédiatement à l'épreuve grâce à une légère pression de la main ; il permet ainsi de relever l'image : on termine le collage de l'épreuve en plaçant à sa surface un buvard sur lequel on fait agir le rouleau.

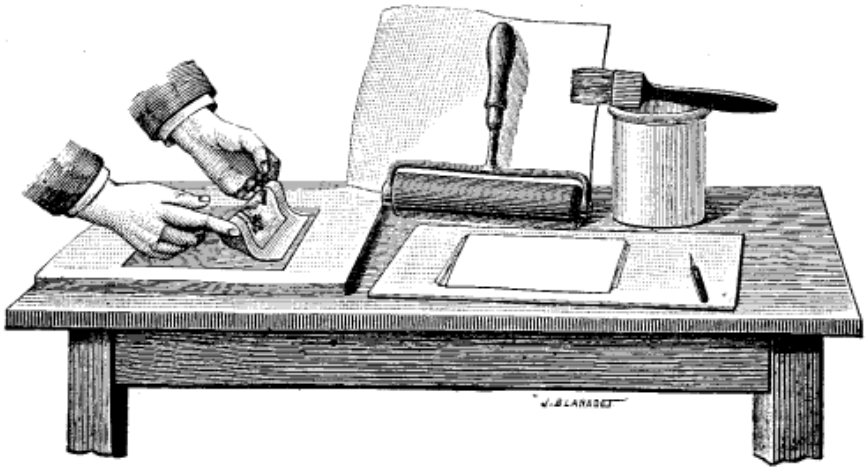


Fig. 142

Quand les épreuves sont collées on les suspend au moyen de pinces en bois ; elles se gondolent plus ou moins si l'on n'a pas la précaution de les placer dans une sorte de boîte à rainures (fig. 143) en les courbant légèrement de façon à les empêcher de prendre la courbure donnée par le papier albuminé. On les met ensuite sous presse de façon à leur faire reprendre leur planité. Elles sont ensuite soumises à l'action de la presse à satiner, soit à froid, soit à chaud ; le satinage de l'épreuve se fait après la retou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

che de celle-ci, retouche qui a pour objet d'effacer les points blancs ou noirs provenant de défauts du négatif.

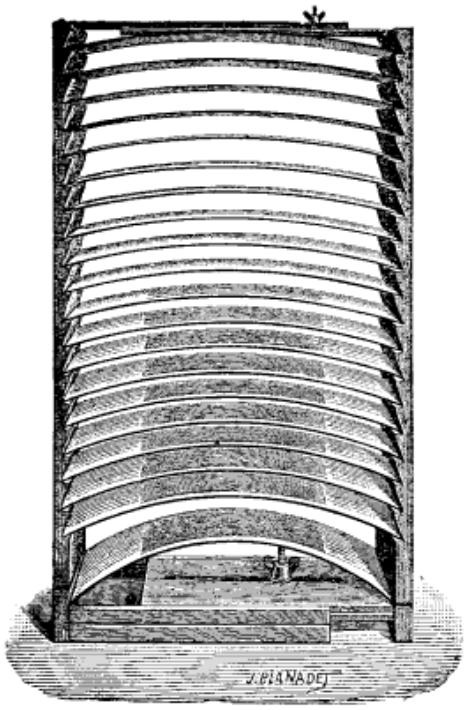


Fig. 143

Après le satinage l'épreuve est passée à l'encaustique: l'emploi de cette substance produit sur l'épreuve au papier albuminé le même effet que le vernis sur un tableau. On prépare l'encaustique en dissolvant dans 250 centimètres cubes d'essence de térébenthine 25 grammes de mastic en lames: l'opération s'effectue au bain-marie; on ajoute ensuite 250 grammes de cire blanche. Après dissolution on filtre et on conserve en petits flacons à l'abri de la poussière. Cet encaustique est étendu régulièrement sur l'image et avec un tampon de flanelle plus gros on frotte en tous sens pour en enlever l'excès et donner le brillant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

209. Papiers gélatinés. — Les papiers au gélatino-chlorure, gélatino-citrate servent à obtenir quelques tirages industriels. On les traite comme nous l'avons indiqué précédemment.

Le montage des épreuves sur gélatine présente certaines difficultés à cause de la fragilité de la couche ; on évite ces inconvénients en plaçant les épreuves au sortir de la dernière eau de lavage dans une solution de 50 centimètres cubes de formol pour un litre d'eau ; on laisse sécher et l'on peut alors faire le montage comme s'il s'agissait d'épreuves sur papier albuminé.

On donne quelquefois aux épreuves sur gélatine un aspect très brillant ; on parvient à ce résultat en faisant sécher l'image au sortir du bain de formol, puis on la plonge dans l'eau et on place la face gélatinée au contact d'une glace légèrement cirée ; on laisse sécher ; après dessiccation on soulève un coin de l'épreuve dont la surface est comme émaillée.

Pour conserver ce brillant à l'image, on peut, avant la dessiccation, coller plusieurs épaisseurs de papier au revers de l'épreuve qui se trouvera ainsi disposée sur un bristol ; ou bien on colle l'image en utilisant, au lieu et place de colle à l'amidon, une solution de caoutchouc dans la benzine.

210. Papier au gélatino-bromure d'argent. — L'emploi industriel du papier au gélatino-bromure d'argent comporte soit la division du travail, soit l'utilisation de machines spéciales.

Par la division du travail chaque opération du tirage est faite régulièrement par un ouvrier spécial. L'impression du papier se fait à la lumière électrique ou à l'aide du bec Auer, éclairage plus économique que l'éclairage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

électrique. Le développement et les autres opérations sont faites par des ouvriers spécialistes qui, en général, utilisent le bain d'oxalate de fer avec bromure. Le chef d'atelier indique la durée de l'impression et la durée du développement qui, condition extrêmement importante, s'effectue à une température aussi voisine que possible de 18 à 20°. Avec un temps de pose correct et un même bain de fer on obtient uniformément des épreuves avec de beaux noirs.

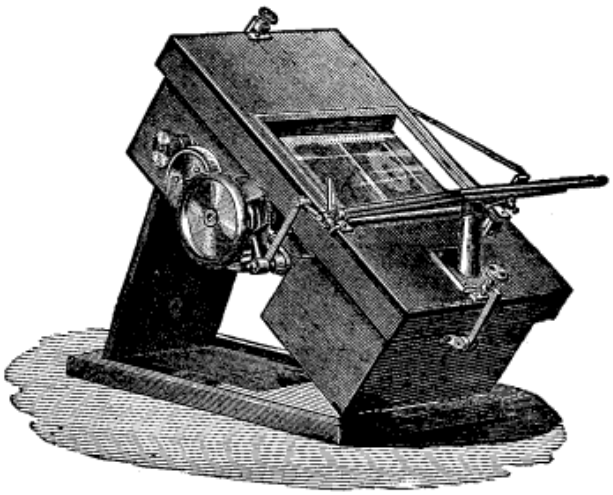


Fig. 144

Le tirage à l'aide de la machine constitue ce que l'on a appelé la photographie kilométrique ou photographie rotative. Une bande de papier recouverte d'émulsion au gélatino-bromure d'argent, se déroule et vient se placer automatiquement au-dessous d'un négatif (figure 144). Aussitôt que le papier est en place l'éclairage se produit, la pose a lieu et après le temps convenable l'action de la lumière est arrêtée; une nouvelle portion de papier se déroule; lorsque le papier est en place la pose recommence, pour s'arrêter de nouveau et ainsi de suite. Par ce moyen on peut, d'un grand négatif, obtenir soixante copies

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'heure en utilisant la lumière du gaz et un nombre plus considérable en se servant de la lumière électrique, suivant la nature des négatifs et la vitesse de marche de l'appareil. On a tout intérêt à *mettre en page régulièrement* les négatifs à imprimer sur une grande glace; des écrans plus ou moins colorés, placés au contact de la couche formant l'image, permettent de ramener à une même durée l'impression des négatifs d'intensité souvent très différente.

Le développement de la bande imprimée s'effectue par un procédé identique à celui qui sert à développer les bandes cinématographiques ; le révélateur employé est celui à l'oxalate de fer avec peu de bromure.

On imprime ainsi des bandes de 25 à 30 mètres de long sur 75 centimètres de large. Pour résister à ces manipulations le papier employé doit être assez fort ; il présente l'avantage de supprimer le montage sur carton.

Ce papier a d'ailleurs été préalablement recouvert d'une couche de gélatine barytée qui permet d'obtenir une surface très unie et sur laquelle l'émulsion au gélatino-bromure s'étend facilement par l'emploi de machines identiques à celles qui servent à la préparation du papier au gélatino-bromure ordinaire.

Les photographes professionnels qui ont quelquefois à effectuer des tirages à très grand nombre d'exemplaires ont intérêt à faire le tirage à la lumière artificielle en utilisant le bec Auer. Le châssis à tirage est muni d'un épaulement spécial (fig. 145), s'adaptant à une pièce articulée fixée à une table; lorsque ce châssis est rabattu dans le plan de la table pour le changement de papier sensible un écran rouge (fig. 146) vient se placer devant le bec Auer qui brûle en veilleuse. Un compteur à seconde fixé à la table permet de déterminer avec précision la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durée du temps de pose. Deux tiroirs permettent de placer les papiers à insoler et ceux qui ont été insolés.

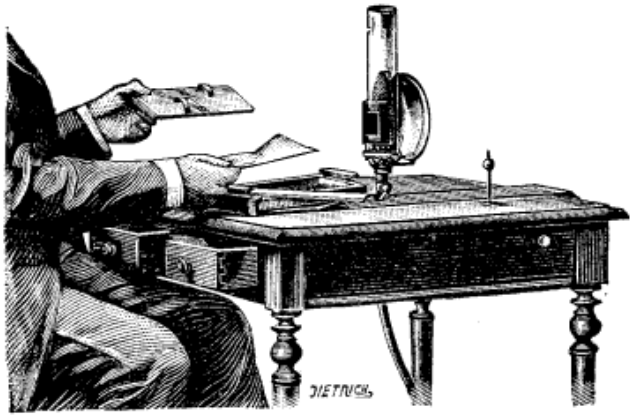


Fig. 145

Il existe d'ailleurs dans le commerce un certain nombre de dispositifs basés sur le même principe et qui per-

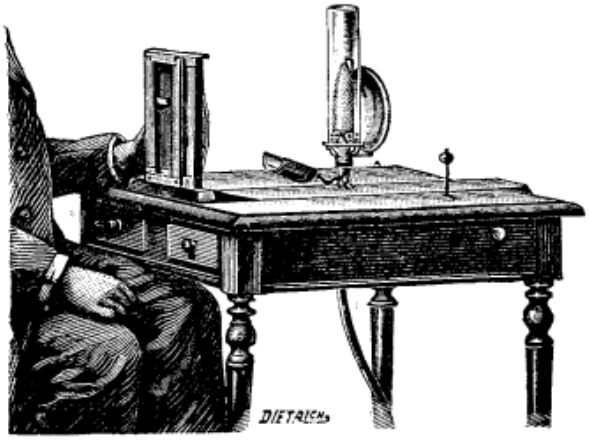


Fig. 146

mettent d'effectuer rapidement le tirage des positives par développement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

PHOTOCOLLOGRAPHIE

211. Généralités. – Les procédés de photocollographie sont basés sur l'emploi d'une couche de gélatine bichromatée étendue à la surface d'un support quelconque, généralement une plaque de verre suffisamment épaisse pour résister à l'action de la presse.

La gélatine bichromatée est sensible à l'action de la lumière qui la rend insoluble et lui communique la propriété d'absorber les corps gras, même si on essaie de mouiller cette gélatine ; par conséquent, si on expose à la lumière une couche préparée sous un négatif la lumière agira au travers des parties transparentes, tandis que les portions opaques préserveront la couche et la gélatine sera susceptible d'absorber en ces points plus ou moins d'eau, suivant l'opacité. Si après avoir éliminé l'excès de bichromate et mouillé la couche préparé, on passe à la surface de celle-ci un rouleau chargé d'encre grasse, l'encre se déposera seulement sur les parties de la gélatine qui ont vu la lumière ; les autres parties, plus ou moins protégées par les noirs du négatif auront absorbé assez d'eau pour refuser l'encre ; cette planche ainsi encrée pourra être imprimée à l'aide des procédés de la lithographie.

La couche de gélatine bichromatée peut être supportée soit par une glace épaisse, soit par une plaque de cuivre ou de zinc, soit enfin par une pellicule de celluloïd ; c'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surtout le premier procédé qui est utilisé dans l'industrie.

§ 1. — PHOTOCOLLOGRAPHIE SUR GLACE

212. Mise en page des négatifs. — Quel que soit le procédé auquel on donne la préférence, les négatifs que l'on utilise en photocollographie doivent présenter toutes les qualités des bons négatifs utilisées dans le procédé au charbon. Dans l'industrie comme les tirages se font sur de grandes planches du format minimum raisin et souvent du format colombier, on donne la préférence aux négatifs pelliculaires minces que l'on peut reporter et mettre en place sur une grande glace polie, de façon à obtenir par une seule insolation à la lumière l'impression des divers négatifs qui, par ce moyen, fournissent une impression simultanée, ce qui économise beaucoup de temps. C'est pour ce motif que très souvent une photocopie ou un phototype négatif étant donné on produit un nouveau négatif par le procédé du collodion humide sur glace talquée. Ce négatif est ensuite recouvert de caoutchouc, renforcé d'une nouvelle couche de collodion et enlevé de son support par les procédés connus. Ce même négatif pelliculaire peut alors être reporté très facilement sur glace ; on le fait adhérer à une feuille de papier mouillé, on le reporte sur la glace servant de support à tous les négatifs et on le met en place par le procédé suivant. Supposons qu'il s'agisse d'une planche devant contenir quatre sujets différents, fournis par quatre négatifs distincts, de grandeur égale ou inégale : on commence par tracer les marges sur une feuille de grandeur égale à celle de la planche à imprimer ; au-dessus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on dépose une glace épaisse, transparente, de la grandeur du châssis positif. On mouille avec de l'eau la place que doit occuper le négatif pelliculaire que l'on a préalablement fait adhérer à une feuille de papier; on le fait appliquer sur la glace à l'aide de la raclette qui chasse l'eau interposée, on enlève le papier et on laisse sécher spontanément. La même manœuvre est répétée pour chacun des négatifs qui ont été reportés sur papier coupé de dimensions à peine plus grandes que celle de l'image. Quand tous les négatifs sont secs, on colle dans l'intervalle existant entre eux des bandes de mince papier d'étain (les feuilles du format 54×80 pèsent environ 33 grammes), on fait les retouches, silhouettages, etc., en évitant les épaisseurs de gouache; on peut aussi se contenter d'une mince bande de papier d'étain encadrant chaque négatif reporté : un cache en papier noir placé extérieurement, muni d'ouvertures légèrement supérieurs à celles des négatifs, permet d'obtenir des marges absolument blanches.

Si les négatifs sont sur verre ou glace et qu'il n'y ait pas lieu de les retourner, on colle à l'aide d'un peu de gomme très épaisse les quatre coins du négatif sur la glace même qui forme le fond du châssis-presse ; la mise en place se fait comme dans le cas précédent. Il arrive presque toujours que les négatifs ne sont pas d'égale épaisseur. Dans ce cas on colle à la gomme le plus épais et on amène les autres négatifs à épaisseur convenable à l'aide de l'artifice suivant ; on place sous chaque négatif des coins en caoutchouc, découpés dans un fragment de gomme à effacer ; ces coins permettent de gagner la hauteur nécessaire et d'amener la surface de tous les négatifs au même niveau ; les coins de caoutchouc et les négatifs sont fixés à l'aide de pâte épaisse de caoutchouc qui sèche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapidement. On a ainsi un contact parfait entre chacun des négatifs et la couche sensible. Les marges de chaque négatif sont formées soit par du papier d'étain, par de la gouache, peu épaisse, ou toute autre substance opaque; à l'extérieur on place un masque en papier noir qui s'oppose d'une manière complète au passage de la lumière au travers des petits trous que contiennent les feuilles de papier d'étain.

Cette *mise en page* (ou pour mieux, dire cette *imposition*) des négatifs peut être faite d'une façon un peu différente en insolant successivement chacun des négatifs qui doivent être imprimés sur la même planche: c'est le seul procédé à employer quand on n'utilise qu'une petite portion de grands négatifs qu'on ne peut couper. Sur un papier blanc on trace exactement les contours de chaque image; on reporte ce tracé sur une feuille de papier noir aiguille et l'on découpe chaque ouverture pour chacun des négatifs qui doivent être imprimés sur la même planche. On trace aussi sur ce papier noir (à l'aide de crayon rouge) le contour de la dalle sur laquelle doivent se faire les impressions successives. La surface à imprimer étant limitée sur chaque négatif à l'aide de bordures en papier d'étain, on place sur la glace du châssis à imprimer le cache de papier noir découpé, on masque toutes les ouvertures sauf celle qui correspond au négatif n° 1. Le cache en papier noir doit d'ailleurs porter, tracées au crayon rouge, des lignes qui sont dans le prolongement des bords de l'image à reproduire; au moyen d'une règle posée sur le négatif on fait coïncider l'ouverture du cache et les bords des marges en étain. On applique enfin la couche sensible dont on fait coïncider les bords avec les repères tracés sur le cache.

Après avoir insolé le négatif n° 1 on passe au n° 2 et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi de suite. S'il y a un très grand nombre de négatifs, auquel cas ceux-ci sont de petite dimension par rapport à la dalle on place sur les bords de la dalle des bandes de verre d'épaisseur identique à celle du négatif que l'on imprime.

213. Préparation des planches. — Les glaces ou dalles employées en photocollographie ont de 12 à 20 millimètres d'épaisseur ; elles sont doucies d'un côté, polies de l'autre et leurs bords sont biseautés. On les nettoie à la potasse caustique, on les lave, on les sèche et on les recouvre d'une couche de liquide destinée à assurer l'adhérence entre la gélatine bichromatée et la glace. Cette couche est obtenu en étendant à la surface dépolie de la dalle un liquide constitué par 40 centimètres cubes d'eau, 25 centimètres cubes de blanc d'œuf battu en neige puis abandonné au repos et 8 grammes de silicate de soude. On filtre cette solution avant de l'utiliser ; on laisse sécher à l'air libre pendant douze heures ; après ce temps on peut couler la mixtion sensible.

Cette mixtion se prépare en mélangeant deux solutions A) :eau 1.000 centimètres cubes, gélatine blanche de Drechser 85 grammes, gélatine Nelson, n° 2, 40 grammes. La gélatine est abandonné dans l'eau pendant quelques heures avant de la faire dissoudre ; d'autre part on mélange B) : eau 250 centimètres cubes, bichromate de potasse en poudre 10 grammes, bichromate d'ammoniaque en poudre 10 grammes ; on filtre ce dernier liquide et on mélange à la solution A) obtenue en chauffant au bain-marie : il est bon que la température ne dépasse pas 60° C.

Le mélange étant complet on filtre soit au travers d'une flanelle, soit au travers d'un tampon de coton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hydrophile placé dans un entonnoir entouré d'eau chaude (fig. 147). On recueille le liquide filtré dans un

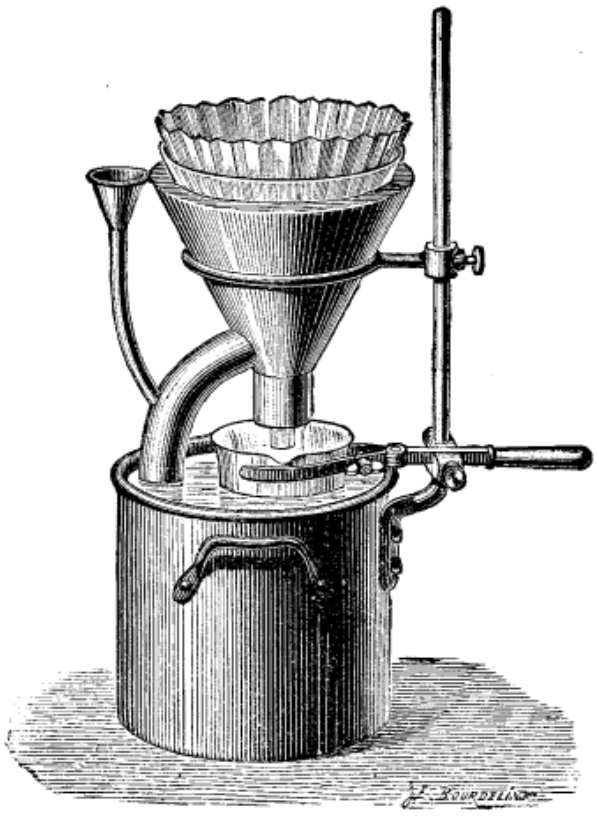


Fig. 147

vase de Bohême en évitant la formation de bulles d'air qui provoquent autant de taches à l'impression. Le liquide est maintenu au bain-marie jusqu'au moment de l'étendage sur les glaces.

Les glaces sont placées sur leur support dans l'étuve (fig. 148) dont on règle la température de façon à ne pas avoir de variations d'un demi-degré ; il convient de chauffer entre 38 et 40° C. Un séchage à trop basse température donne des couches présentant un aspect semblable à la glace dépolie ; une planche bien préparée doit présenter une surface unie, absolument brillante,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans traces de zone ou cerne. Les planches doivent être sèches en deux ou trois heures au plus. Il ne faut jamais

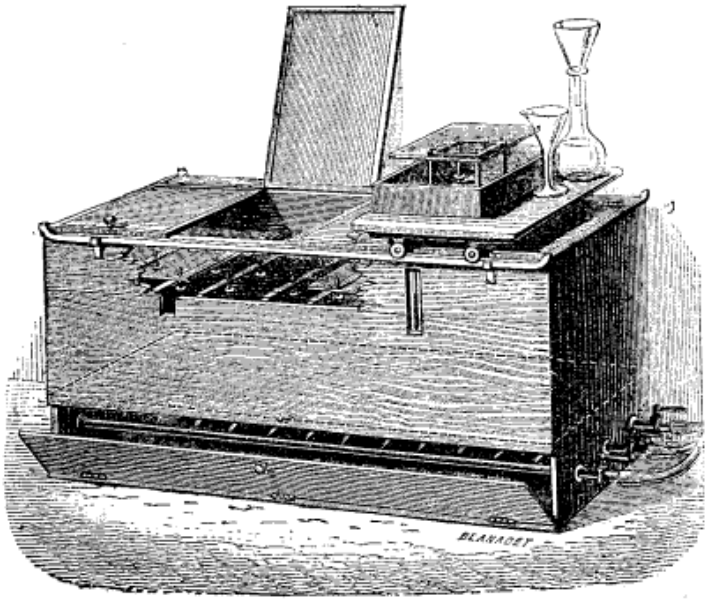


Fig. 148

ouvrir l'étuve avant que la dessiccation soit terminée sous

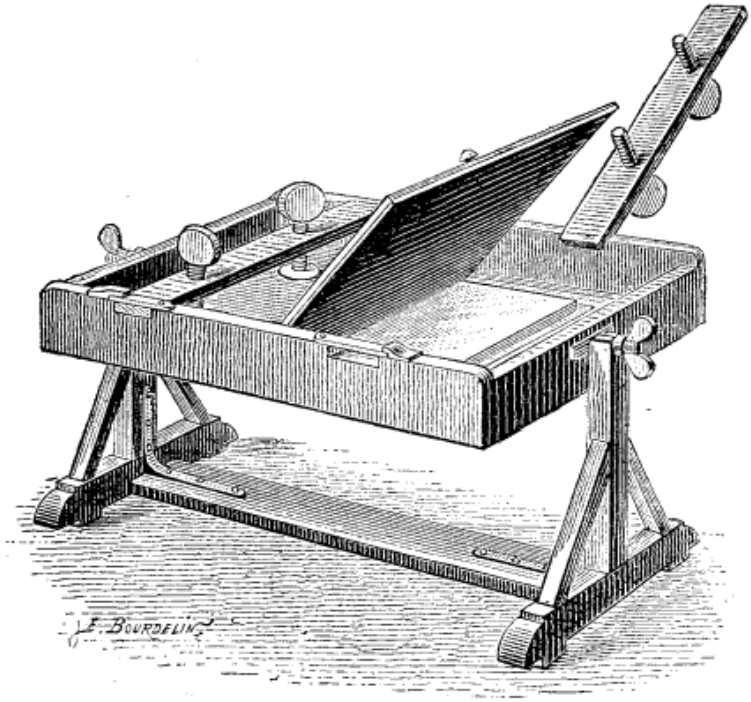


Fig. 149

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peine d'obtenir des marbrures, des anneaux irréguliers qui forment autant de taches visibles lors du tirage.

214. Exposition à la lumière. — Le chargement du châssis (fig. 149) doit être fait dans un local éclairé exclusivement par la lumière jaune. La glace du châssis étant en *a* (fig. 150) on place le négatif en *b* et contre ce

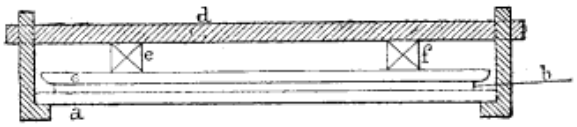


Fig. 150

négatif la planche préparée, la surface sensible étant au contact du négatif. La glace doit être disposée dans le châssis de façon à réserver l'emplacement de la pince de la machine; on place les barres *d*, puis on serre avec les coins *e* et *f*. Il est bon de faire ce chargement sur une table formée d'une dalle de verre de façon à pouvoir repérer exactement la dalle et le négatif. Le châssis est ensuite placé dans une boîte sans couvercle, noircie, et l'on expose à la lumière.

Si l'on insole de grandes dalles on se servira avec avantages de châssis montés sur pied (fig. 151). On suit la venue de l'image en examinant celle-ci au travers de la glace. Quand tous les détails sont venus dans les blancs et que l'image semble bien complète, on reporte le châssis dans le laboratoire et on enlève la dalle ; on la place sur une feuille de papier noir, gélatine contre le papier. On porte à la lumière jusqu'à ce que la teinte générale de la planche ait légèrement bruni, ce qui a lieu en 4 minutes environ par une belle lumière. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

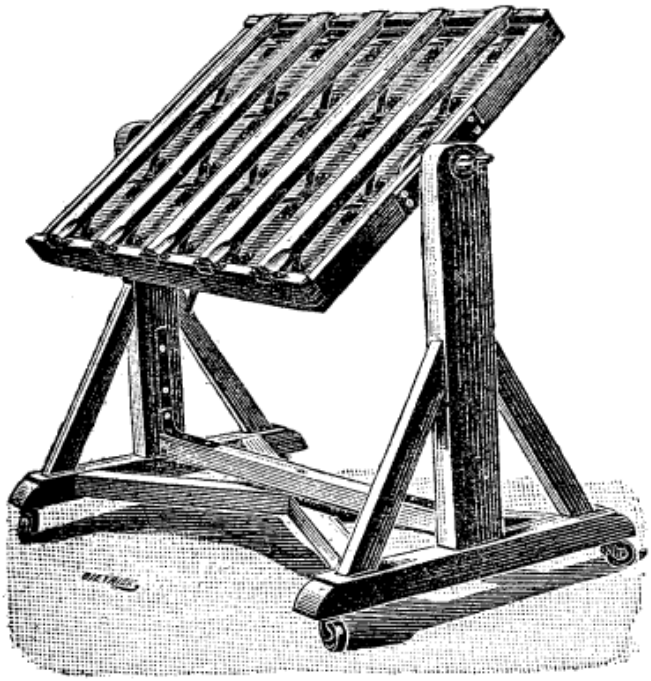


Fig. 151

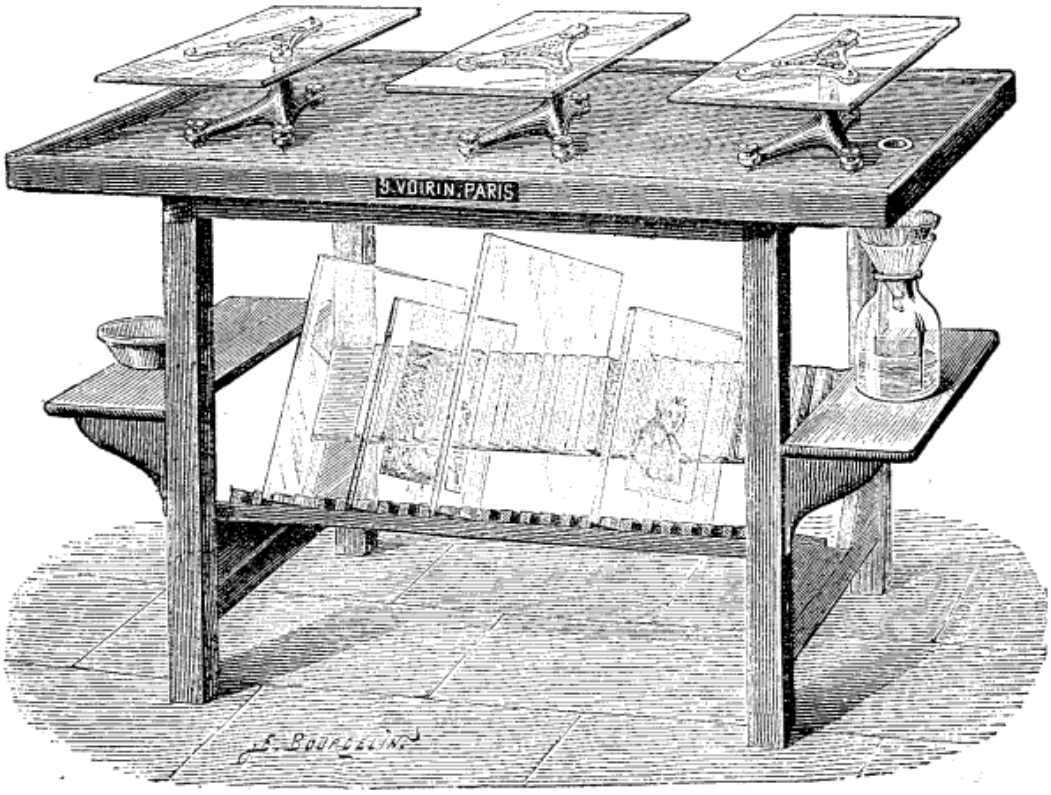


Fig. 152

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut alors plonger la dalle dans la cuve à dégorger, cnvette en bois doublée de plomb.

Les bordures teintées qui font contraste avec les bords de l'image sont obtenus de la façon suivante : on prend une dalle préparée à la mixtion bichromatée, on la couvre d'une feuille de papier noir sur lequel on a découpé au milieu une bande sur presque toute la longueur de la plaque de 0 m. 07 à 0 m. 08 de largeur ; on couvre le tout d'un autre papier noir de la grandeur de la plaque. On expose à la lumière comme d'habitude, en avançant le premier papier noir pour découvrir un espace de 0 m. 02 de la couche sensible. Une minute après on avance encore le même papier 2 centimètres plus loin et ainsi de suite (fig. 10) de minute en minute jusqu'à 10 minutes. La dalle est ensuite lavée et imprimée. On obtient une épreuve de dix teintes sur lesquelles on peut choisir celle qui convient le mieux au sujet : le numéro choisi correspond au nombre de minutes que l'on doit exposer à l'heure et à l'époque de l'année auxquelles a été faite l'échelle type. Cette insolation s'effectue sur la planche portant l'impression de l'image en couvrant cette image avec un cache en papier noir découpé exactement à la même dimension. Les filets de bordure, les inscriptions ne se font qu'après le lavage des planches.

215. Lavage des planches. — La cuve à dégorger étant pleine d'eau, les plaques sont abandonnées pendant plusieurs heures dans l'eau courante ; ce lavage a pour effet de dissoudre le bichromate contenu dans la gélatine. On la retire de la cuve lorsquelle ne présente plus aucune teinte jaune. On gratte alors avec un couteau de vitrier les gouttes de gélatine qui peuvent se trouver au dos de la planche et qui formeraient épais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seur lors du tirage. On laisse alors sécher sur un chevalet à l'abri de la poussière. On peut conserver longtemps la plaque en cet état avant le tirage.

Les filets de bordure, les inscriptions, signatures, etc., doivent être tracées à l'envers comme le font les lithographes sur la pierre. Ces opérations se font sur la planche sèche en utilisant une plume souple trempée dans une solution de bichromate de potasse à la dose de 2 pour cent; on insole pendant un temps assez court et on lave à grande eau pour éliminer l'excès de bichromate.

216. Mouillage de la planche. — La planche est plongée dans une cuvette contenant un mélange de 600 cc. d'eau, 1.200 cc. de glycérine neutre et 36 gr. d'hyposulfite de soude. On laisse la planche pendant trois quarts d'heure environ dans ce bain; en passant le doigt sur la planche toutes les 10 minutes on constate que le relief s'arrondit et tend à disparaître: ce phénomène se produit au bout d'une ou deux heures d'immersion: c'est à ce moment que la dalle peut être enlevée du bain mouilleur. On enlève le plus possible l'humidité qui reste à la surface de la planche: il suffit de la tamponner soit avec un linge fin, soit avec une éponge très fine. L'éponge seule n'enlève pas complètement le bain de mouillage; il faut terminer l'essuyage avec un chiffon propre, non pelucheux tel qu'un vieux mouchoir de coton. L'aspect de la planche doit être uniformément humide si elle est assez mouillée; les dernières traces de liquide sont enlevées à l'aide d'un tampon avec lequel on frappe à la surface de la gélatine.

Le mouillage se fait aussi en utilisant la table à mouiller (fig. 152). C'est une table en bois recouverte de zinc et disposée de façon à pouvoir recueillir le liquide qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'écoule: un tube de plomb conduit le liquide dans un flacon muni d'un entonnoir et d'un filtre; on mouille en plaçant la dalle sur un trépied à vis calantes.

Si la planche présente un excès de pose on mouille avec un bain contenant 600 cc. d'eau et 400 cc. de glycérine; au contraire les planches dont la durée d'insolation a été insuffisante sont mouillées avec un bain contenant 600 cc. de glycérine et 400 cc. d'eau: on évite ainsi la production d'images dures.

Lorsque la plaque est insolée depuis longtemps il faut la préparer à recevoir le mouillage; dans ce but on la plonge dans un bain contenant 300 cc. d'eau, 600 cc. de glycérine, 30 cc. d'ammoniaque et 30 grammes de chlorure de sodium; quand la gélatine est suffisamment gonflée on lave à l'eau pour éliminer toute trace d'ammoniaque qui décomposerait les encres.

Montage de la planche. — Le tirage de la planche à l'aide de la machine lithographique à bras est à peu près abandonné aujourd'hui, on peut cependant obtenir de bonnes épreuves à l'aide de petites presses lithographiques, de presses typographiques et même de presses à copier. Par le tirage mécanique on évite de recommencer l'opération du mouillage, ce qui, théoriquement, ne permet pas d'obtenir un tirage régulier car chaque feuille, par son contact avec la planche, lui enlève une certaine quantité d'humidité, de telle sorte qu'au fur et à mesure de l'avancement du tirage les épreuves sont de plus en plus grises; si l'on ne mouillait pas, les dernières images seraient complètement voilées; d'ailleurs une planche suffisamment humide permet d'employer une encre plus liquide et d'obtenir des images plus fines. Dans les tirages avec presse à bras on passe l'éponge humide à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la surface de la gélatine après chaque épreuve : le travail est plus régulier, mais le prix des revient des épreuves est beaucoup plus élevé que par l'emploi des machines à moteur mécanique : certaines de ces machines permettent de tirer jusqu'à 1.500 épreuves de la même planche, résultat qu'on ne saurait obtenir par l'emploi des presses à bras.

Une des meilleures machines de ce type est la machine construite par M. Alauzet (fig. 153), machine qui permet

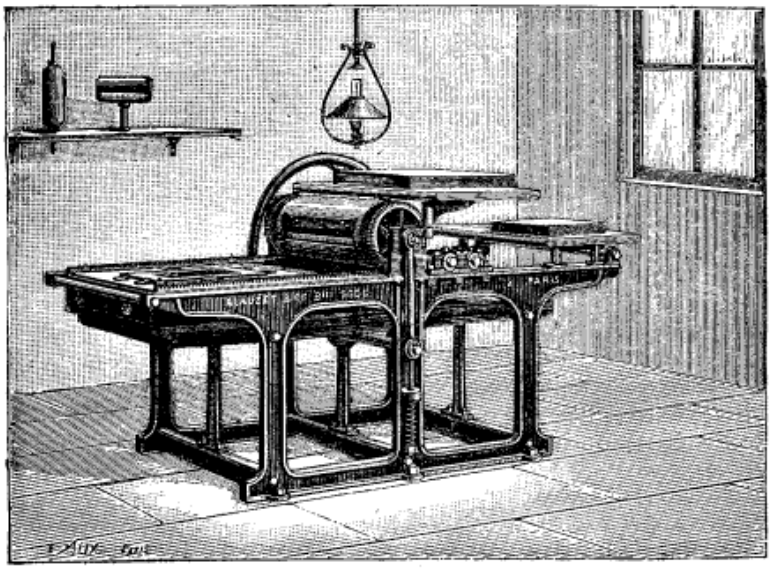


Fig. 153

d'obtenir un tirage de 600 épreuves par jour.

Le montage de la planche sur cette machine s'effectue de la façon suivante :

La glace étant bien nettoyée en dessous (de façon à éviter la présence de tout corps étranger pour si petit qu'il soit) on la place sur le marbre fortement essuyé de la machine en ayant soin d'interposer une feuille de papier blanc unie et découpée au format de la glace : on peut, grâce à ce papier, suivre les progrès de l'encrage et l'on obtient un peu d'élasticité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La planche disposée bien carrément sur le marbre, à la distance convenable pour les marges est fixée à l'aide de griffes disposées à cet effet. On procède ensuite à la mise de hauteur, c'est-à-dire qu'on fixe le point que doit occuper la surface supérieure de la glace par rapport aux crémaillères dont l'une engrène avec la roue du cylindre ; pour cela faire on se sert de la règle à talon spéciale jointe à la machine ; on fixe cette règle sur les crémaillères et au moyen des vis calantes des quatre coins du marbre, on monte ce marbre, et par suite la glace jusqu'à ce que le dessus de sa surface vienne à peu près affleurer le dessous de la règle : afin d'éviter une pression trop considérable il faut laisser entre la glace et la règle à talon l'épaisseur de l'habillage du cylindre ; il faut de plus que les quatre vis du marbre portent toutes sur le plateau : le marbre ne doit pas être *boiteux*.

Pour obtenir la pression uniquement sur les parties de la plaque qui ont été impressionnées on se sert d'une *hausse*. On prépare cette hausse soit à l'aide d'un bristol, soit mieux à l'aide de quatre ou cinq feuilles de papier végétal que l'on découpe exactement de la grandeur de l'image : on les colle l'une sur l'autre avec de la colle de pâte bien fine ; l'ensemble est fixé sur une dernière feuille un peu plus grande qui permet de repérer définitivement la hausse au moyen d'une pince placée dans la gorge du cylindre. Le tout est alors recouvert d'une toile en caoutchouc que l'on tend fortement par une tringle portant un rochet et un cliquet. On peut éviter les tâtonnements que nécessite cette opération en montant tout d'abord le papier sur le cylindre ; on repère la position de la pince, on imprime une épreuve sur le papier, on le retire, on découpe le papier de façon à ne conserver que la partie qui porte l'image et on remet le bristol dans la pince.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On doit conserver les marges absolument intactes sans trace d'encre : on y parvient à l'aide du cache. Ce cache est constitué par une feuille de papier fort de la grandeur du cadre en fer (frisquette) destiné à le recevoir ; il est maintenu sur ce dernier au moyen de petites griffes ; des charnières à coulisse permettent d'élever ou d'abaisser ce cadre suivant l'épaisseur de la glace. On encre la glace, on imprime la feuille fixée au cadre et on découpe ensuite avec un canif la partie imprimée de façon que les dimensions de l'ouverture soient d'environ un centimètre plus grandes que celles de l'image. Les contours de cette image sont ensuite exactement limités au moyen de bandes de papier végétal que l'on dispose tout autour sur le cache et que l'on peut au besoin coller à ce dernier.

218. Encrage de la planche et tirage. — L'encrage de la planche peut être fait à l'aide de deux rouleaux : l'un de gélatine, l'autre de cuir.

Les rouleaux de gélatine (fig. 154) sont préparés comme

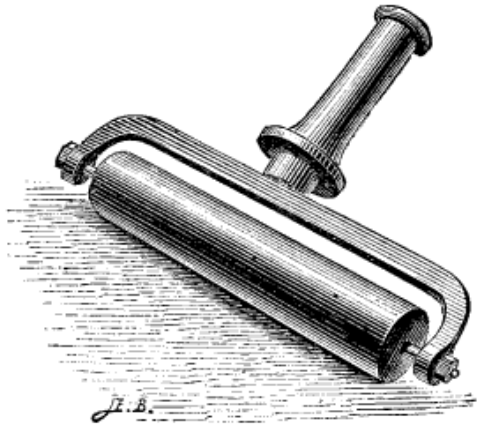


Fig. 154

ceux des typographes à l'aide de pâte dure, composée de gélatine et de glycérine. Ces rouleaux sont immédiate-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment prêts à être employés : il doivent être dépourvus de stries, de points, etc. ; leurs bords doivent être arrondis pour éviter les raies qui se produiraient lorsque l'extrémité du rouleau passerait sur la couche ; cette partie arrondie peut servir aussi à décharger les portions trop couvertes de la planche. Ces rouleaux se nettoient à l'essence de térébenthine au moyen d'un chiffon et jamais à l'aide du couteau.

Les rouleaux de cuir sont analogues à ceux que l'on utilise en lithographie (fig. 155) mais ils sont moins durs ;

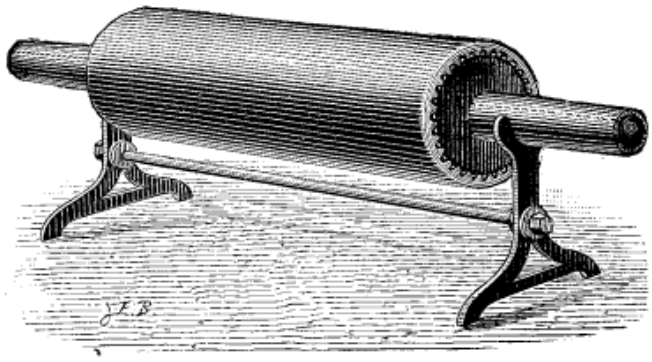


Fig. 155

on trouve dans le commerce ces rouleaux fabriqués spécialement pour la photographie ; ils ont au moins 0 m. 10 de diamètre. Lorsqu'ils sont neufs ils doivent subir une opération préalable qui a pour but de saturer le cuir de corps gras : le rouleau a besoin d'être *fait*. On commence tout d'abord par déterminer le sens du cuir, c'est-à-dire la direction d'implantation des poils, ce que l'on reconnaît en posant la main sur le cuir : le couteau qui sert à gratter l'encre doit toujours être dirigé dans ce sens ; on fait une petite encoche dans l'une des deux manettes de bois qui terminent le rouleau pour reconnaître le sens du cuir. A l'aide du couteau on repartit également du vernis moyen à la surface du cuir. On place alors les poignées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cuir à chaque manette et l'on roule fortement sur la table à encrer ; cette table à encrer est constituée par une simple plaque de marbre ou une forte glace dépolie (fig. 156). Quand le vernis est sali par les peluches de

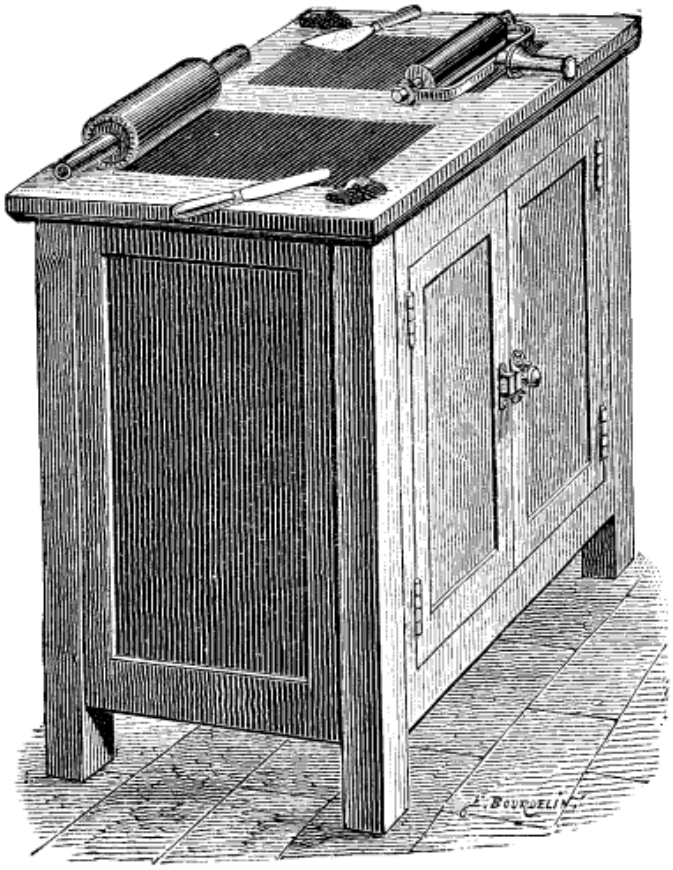


Fig. 156

cuir qui se détache du rouleau, on l'enlève avec le couteau à vernis et l'on retire également le mauvais vernis qui se trouve sur la table à encrer ; on doit le remplacer par du vernis neuf ; cette opération doit être répétée plusieurs fois dans la journée ; après deux ou trois jours le rouleau paraît être saturé de vernis : il n'en absorbe plus et ne dépose plus de peluches ; on le racle au couteau et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on le roule à sec sur la table à encrer préalablement nettoyée ; on peut alors le faire servir au noir.

Les rouleaux de cuir sont nettoyés en enlevant avec un couteau l'encre qui s'y trouve ; ils ne doivent jamais être lavés. Quand on ne doit pas s'en servir on leur conserve leur souplesse en les graissant avec du suif.

En appuyant le rouleau sur la planche on couvre d'encre celle-ci ; au contraire en le passant légèrement on la dégage ; le rouleau dépose l'encre s'il est passé lentement en appuyant un peu ; pour enlever l'encre déjà déposée sur la gélatine il faut le passer vite et sans appuyer.

Pour encrer, on prend avec le couteau un peu d'encre mélangée de vernis moyen, on l'étale sur le rouleau de cuir et l'on passe ce rouleau dans tous les sens sur la table à encrer afin d'obtenir une couche bien uniforme. On promène ensuite le rouleau dans tous les sens, en couvrant toute la planche à chaque tour ; on roule d'abord légèrement, puis en appuyant un peu ; on continue en augmentant la vitesse du rouleau. Les blancs de l'image tendent à se griser et à retenir l'encre dans les trois cas suivants : 1° l'encre n'est pas assez dure ; 2° la plaque n'est pas assez restée au bain de mouillage ; 3° l'exposition a été trop prolongée. On commence donc par durcir l'encre en y ajoutant du noir sans vernis ; on imprime quelques feuilles puis on mouille la planche avec l'éponge imbibée du bain de mouillage ; on tamponne et on encre à nouveau : les premières épreuves sont toujours un peu voilées ; si ce voile persiste, on lave la planche avec un mélange de 100 cc. d'eau, 15 cc. d'essence de térébenthine et 5 cc. d'ammoniaque : il suffit de frotter la plaque avec un morceau d'étoffe souple, puis on le plonge pendant une demi-heure au maximum dans un bain de 960 cc. d'eau, 20 cc. d'ammoniaque et 20 cc. de gylcérine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On lave au sortir de ce bain ; si après une heure d'action de ce liquide on ne peut obtenir de bons résultats c'est que la planche a été fortement surexposée et on doit la rejeter.

Quelquefois dès la première épreuve les blancs et les demi-teintes se refusent à prendre l'encre : ceci peut provenir de ce que l'encre est trop dure ; on y ajoute alors un peu de vernis faible ; ou bien la plaque a absorbé trop de bain de mouillage ; on peut alors soit laisser reposer et sécher la plaque pendant quelques heures, soit imprimer à blanc plusieurs feuilles sans encrer ni mouiller ; enfin les images dures peuvent provenir de ce que l'exposition a été trop courte : dans ce cas il n'y a pas de remède car les demi-teintes ne sont pas accusées par la gélatine bichromatée.

Au lieu d'utiliser une seule encre pour l'encrage de la planche et dans le but d'obtenir des images plus artistiques on peut se servir avec le rouleau en gélatine d'une encre plus fluide ou d'une couleur différente de celle du rouleau de cuir : on se sert alors de deux tables à encrer ; on peut utiliser un premier encrage en noir pour les grands noirs du dessin et un encrage en bistre ou en bleu pour les demi-teintes.

Il peut arriver que la planche étant très froide se recouvre de buée et dans ce cas refuse de prendre l'encre : on la lave à l'éponge avec de la glycérine pure qu'on laisse séjourner à sa surface pendant quelques minutes ; on tamponne et on recommence le tirage ; dans certains cas il est avantageux de chauffer légèrement soit le marbre de la presse, soit la dalle qui porte l'image.

Quand on interrompt le tirage on désencre et on termine le nettoyage avec un mélange d'eau et d'éther que l'on essuie ensuite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

219. Des papiers. — Les papiers utilisés pour les tirages photocollographiques doivent être d'une bonne pâte, c'est-à-dire ne pas présenter de grumeaux, de pailles, de défauts formant épaisseur ; ils peuvent être collés ou sans colle ; on utilise aussi les papiers *couchés* et le papier Japon.

Le papier collé présente l'avantage de fournir un assez fort tirage sans qu'il soit nécessaire de mouiller à nouveau la planche ; il doit être fortement satiné ; on utilise des papiers du poids de 12 à 35 kilogr. la rame pour le format raisin (50×65), pour le format colombier (63×90) le poids varie de 35 à 65 kilogr. la rame de 500 feuilles.

Les papiers sans colle sont ceux auxquels on donne la préférence pour des tirages soignés : ils prennent bien l'encre, et donnent des images d'un aspect agréable ; mais ils absorbent assez vite l'humidité de la planche et nécessitent des mouillages assez fréquents. Ce défaut disparaît en partie si on les utilise laminés en ce que les glaceurs appellent chromo ou demi-chromo. Les papiers rugueux, papier torchon permettent de réaliser des effets assez heureux, mais ils nécessitent une forte pression du rouleau et fatiguent beaucoup les planches.

Les papiers *couchés*, papiers porcelaine donnent des épreuves d'une très grande finesse ; leur emploi est indispensable lorsqu'on veut imiter les images obtenues par impression aux sels d'argent ; les épreuves sur papiers couchés doivent, dans ce cas, recevoir un vernis qui leur donne absolument l'aspect de la photographie ordinaire. Les papiers couchés ont parfois le défaut de *coller à la planche ;* on ne doit utiliser que ceux spécialement fabriqués pour la photocollographie et qui portent un enduit insoluble.

Le papier Japon, le Chine permettent de réaliser cer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tains effets particuliers ; mais le prix de ces papiers est très élevé et l'on peut fort bien remplacer le Japon par certains papiers français teintés en jaune. Il n'y a aucun intérêt à employer soit le papier Whatman, soit le papier de Hollande dont le grain est trop gros pour qu'on puisse les employer sans satinage, ce qui leur fait perdre leurs qualités.

Quel que soit le papier employé le tirage se fera à l'endroit du papier et non à l'envers. L'endroit se reconnaît à son aspect régulier ; l'envers porte toujours la trace de la trame métallique de la machine; on distingue cette trame en regardant le papier à un jour frisant.

220. Vernissage des épreuves. — On commence par encoller le papier portant l'épreuve imprimée, puis, après séchage, on vernit sa surface au pinceau.

Le bain d'encollage contient 30 grammes de savon blanc, 30 grammes de colle de Flandre, 30 grammes d'alun et un litre d'eau. On fait fondre à une douce chaleur et, à l'aide d'un pinceau on passe la dissolution sur l'épreuve. Lorsque cette première couche est sèche, on vernit avec le vernis blanc à étiquettes que l'on trouve dans le commerce. Dès que l'épreuve est vernie on la place dans une étuve spéciale chauffée au gaz; elle se sèche facilement et présente alors une surface analogue à celle donnée par le papier albuminé.

On peut opérer plus simplement en vernissant au vernis alcalin à la gomme laque. On prépare ce vernis en mélangeant, d'une part, 60 grammes de gomme laque blanche avec 500 centimètres cubes d'eau; d'autre part, on fait dissoudre 60 grammes de borax dans 700 centimètres cubes d'eau ; on porte les deux liquides à l'ébullition et on verse peu à peu la solution de borax dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau tenant en suspension la gomme laque; on fait bouillir pendant une demi-heure, en remplaçant l'eau qui s'évapore; on ajoute une solution de 2 grammes de savon de Marseille dans 12 centimètres cubes d'alcool contenant une goutte d'huile d'olive, on additionne de 800 centimètres cubes d'eau, on laisse déposer et l'on filtre le liquide refroidi que l'on place dans une cuvette. Le vernissage s'effectue en faisant flotter le papier à la surface du liquide, comme s'il s'agissait de sensibiliser une feuille de papier albuminé sur le bain d'argent; on laisse flotter le papier pendant quelques secondes, puis on le suspend pour le laisser sécher spontanément.

Les épreuves vernies sont montées sur carton bristol exactement comme on le fait pour les épreuves à l'argent auxquelles elles ressemblent absolument si l'encre choisie est celle que l'on désigne sous le nom de teinte photographique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

PHOTOTYPOGRAPHIE

221. Clichés sur métal. — On désigne sous le nom de phototypographie l'ensemble des procédés permettant de produire et de tirer des clichés dont les reliefs seuls retiennent l'encre sous l'action du rouleau destiné à encrer et la transmettent au papier lors de l'impression.

Ces clichés sont obtenus sur métal en gravant le métal par morsure; la surface du métal est recouverte d'une sorte de vernis dans les réserves qui doivent former les reliefs, tandis que ce vernis est supprimé dans les portions qui correspondent aux blancs de l'image: cette dernière est formée soit de lignes, soit de points plus ou moins rapprochés. On obtient en réalité des effets analogues à ceux obtenus par les hachures dans le cas d'un dessin, ou par les traits plus ou moins larges dans le cas d'une gravure. Il faut donc, s'il s'agit d'images photographiques à demi-teintes, que les planches métalliques destinées à l'impression et désignés sous le nom de clichés, présentent une ouverture suffisante dans tous les creux pour que l'empâtement n'ait pas lieu lors de l'encrage typographique.

Si le négatif photographique dont il s'agit d'obtenir un cliché doit représenter une image au trait, on n'a pas à vaincre de difficultés spéciales; au contraire si le négatif présente des demi-teintes, il faut diviser les modelés con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tinus en un grand nombre de lignes, points, grains, etc., de rapprochement et de dimensions variables suivant la nature et les dimensions de l'image. On y parvient en utilisant les accessoires appelés *trames* ou *réseaux* qui ont pour but de transporter une image à modelé continu en une image discontinue.

Nous examinerons donc les procédés mis en œuvre dans ces deux cas; mais il convient auparavant de décrire le matériel utilisé pour l'obtention des clichés ou planches phototypographiques.

§ 1. — MATÉRIEL

222. Objectifs. — Les meilleurs objectifs sont ceux du genre anastigmat, donnant des images planes et aussi exempts que possible d'aberration de sphéricité. Les anciens types d'appareil dans lesquels cette aberration était combattue par l'emploi d'un diaphragme ne sont pas très recommandables pour l'obtention des phototypes destinés à produire les clichés typographiques. L'emploi du diaphragme, comme nous verrons plus loin, peut modifier considérablement la nature de l'image.

Les *anastigmats* des bons constructeurs français, ceux de Zeiss, de Steinheit, de Goez, donnent les meilleurs résultats pour ce genre de travail. A défaut on pourra utiliser l'ancienne forme d'*aplanat*, les *recblinéaires rapides*, *rectilignes*, etc., à la condition d'utiliser des objectifs de longue distance focale relativement à la dimension du format des plaques employées; c'est ainsi que pour le format 18×24 on utilisera un objectif de 0 m. 40 à 0 m. 50 de distance focale: ceci entraîne l'emploi de chambres noires à long tirage dans bien des cas; on évite cet incon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vénient peu conciliable avec la stabilité de l'appareil en utilisant les anastigmats.

223. Chambres noires et supports. — Les chambres noires destinées à l'obtention des phototypes employés pour la gravure doivent présenter une stabilité exceptionnelle, stabilité dont on ne peut se rendre compte qu'après avoir pratiqué les procédés de phototypogravure. On peut dire que tous les pieds et presque tout le matériel utilisés dans les ateliers des portraitistes sont à rejeter. Nous poserons en principe que la chambre noire doit être isolée du plancher de l'atelier dans lequel on opère et que le fonctionnement de cette chambre doit être aussi précis que possible.

L'isolement de la chambre noire peut être obtenu à l'aide de deux moyens : le plus efficace, si la chambre noire doit être mobile, consiste à la disposer sur un support muni de roues permettant de la faire avancer ou circuler sur deux rails : ce support, en bois massif, diffère des pieds table d'atelier en ce qu'il n'est pas susceptible de s'élever ou de s'abaisser; sa hauteur est d'environ 0 m. 70 au-dessus des rails. Les rails en acier sont fixés à un solide cadre de bois reposant sur des piliers de maçonnerie, très solidement fondés et distants l'un de l'autre d'environ 1 m. 20. Ces piliers doivent être absolument isolés du plancher : ce dernier doit être distant d'environ 0 m. 02 de toutes les faces des piliers.

Au lieu de faire manœuvrer la chambre noire, qui est généralement très lourde on préfère le plus souvent faire mouvoir le chevalet portant l'image à reproduire et ce système est de beaucoup le meilleur. Dans ce cas la chambre noire est supportée par un bâti fixe, isolé du plancher; le chevalet est porté sur des roulettes massives

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettant de l'approcher ou de l'éloigner de la chambre noire et des pinces de calage permettent de fixer le chevalet d'une façon stable. Ce dispositif est utilisé dans tous les ateliers qui font des reproductions à la lumière artificielle : on ne peut songer en effet avec ce dispositif à employer la lumière du jour, sauf dans le cas où le vitrage de l'atelier est suffisamment long Comme lumière artificielle on utilise l'éclairage électrique : à défaut de cet éclairage on peut employer une série de 4 à 6 becs Denayrouze qui donnent une lumière très suffisante pour les reproductions. L'ancien procédé du collodion humide étant celui que préfèrent les opérateurs, l'intensité de la lumière à une grande importance : la plaque au collodion ne doit pas sécher pendant les opérations. Ce premier système de support impose l'établissement de l'atelier au rez-de-chaussée ou au premier étage : mais dans ce dernier cas il est difficile d'éviter les vibrations des piliers en maçonenerie.

Si les dimensions de la chambre noire ne dépassent pas le format de 0 m. 50 × 0 m. 60 et si l'atelier est placé dans les étages supérieurs de l'immeuble, conditions favorables au point de vue de l'emploi de la lumière du jour, il convient d'utiliser le système connu sous le nom de pont suspendu (fig. 29). Un bâti très solide sur lequel peuvent se mouvoir soit la chambre noire, soit le chevalet, soit même les deux pièces, est suspendu soit aux murs, soit à des traverses fixées aux murs par de petits câbles de chanvre. Dans ces conditions les vibrations du plancher, celles produites par les machines placées au voisinage, etc., ne peuvent influencer d'une façon nuisible la stabilité de l'ensemble. Le pont doit être très solide, et présenter, dans son profil, soit la forme d'un losange, soit celle d'une ferme armée de manière à éviter des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

flexions qui détruiraient le parallélisme du plan du chevalet et de celui de la glace dépolie.

La chambre noire doit être de forme carrée ; le cadre antérieur portant l'objectif et le cadre postérieur portant le châssis à glace dépolie doivent pouvoir coulisser sur des règles triangulaires d'acier parfaitement dressées ; le chariot auquel est fixé le porte-objectif doit être mobile et toujours guidé par des règles d'acier ou de bronze : le mouvement de ce chariot est produit par une vis sans fin et une double crémaillère.

Le chariot postérieur est mobile à l'aide de deux dispositifs : une double crémaillère qui permet d'effectuer une mise au point approchée et un mouvement lent, à vis sans fin, agissant sur le cadre antérieur auquel se fixent la glace dépolie et les châssis à épreuves. L'action de ce mouvement lent, combiné avec le mouvement du chariot du cadre porte-objectif permet une mise au point très rapide et très précise dans le cas de réduction d'une image à une échelle déterminée.

Le châssis négatif ne présente rien de particulier s'il s'agit de reproductions d'images au trait : il est bon cependant que les intermédiaires soient disposés comme l'indique la figure 5. Les angles doivent être garnis de coins en argent et le côté le plus bas doit être muni d'une rainure que l'on remplit de papier buvard destiné à recevoir l'excès de bain d'argent qui s'écoule des glaces préparées au collodion humide.

Pour les images à demi-teintes qui nécessitent l'emploi d'un réseau placé à une faible distance de la plaque sensible on utilise des châssis spéciaux. Le bouton placé sur l'une des parois du châssis actionne les traverses qui portent le réseau en le faisant avancer ou reculer d'une quantité déterminée indiquée par une aiguille se mou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vant sur un arc gradué. Le déplacement du réseau doit s'effectuer parallèlement au plan de la plaque sensible et ce mouvement doit se faire avec une très grande précision.

224. Accessoires. — Les clichés de phototypogravure s'exécutent soit sur zinc, soit sur cuivre ; ces plaques doivent être parfaitement planées et polies : le commerce les fournit à un état convenable pour ce travail ; après les avoir enduits de la mixture convenable, on les sèche sur une tournette qui permet d'égaliser la couche en la chauffant au besoin. Il existe un très grand nombre de modèles de tournettes : elles doivent être bien centrées.

Les plaques métalliques sont soumises à l'action de la

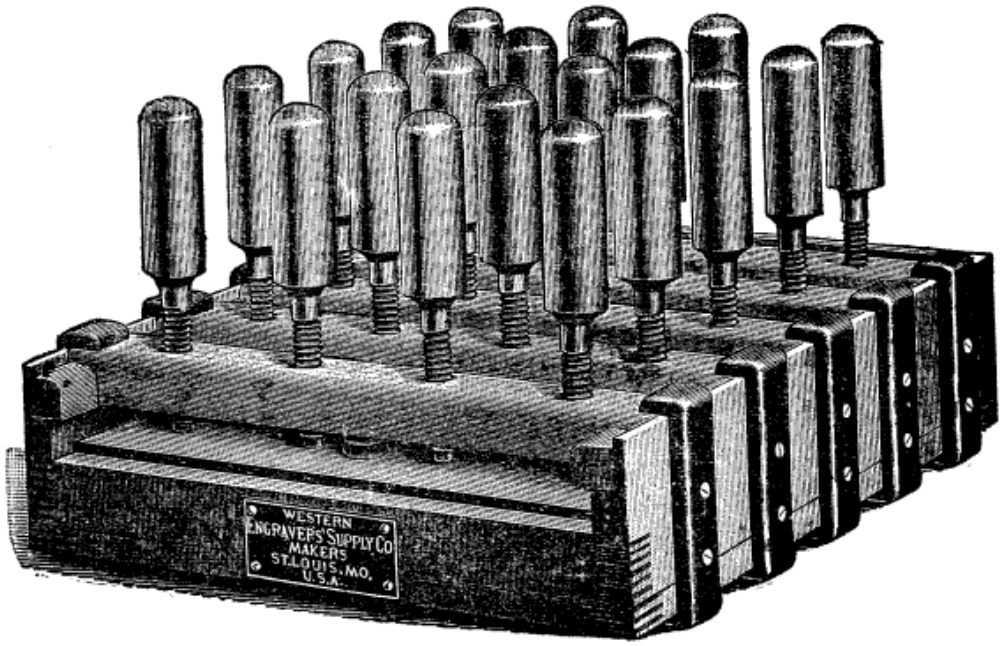


Fig. 157

lumière dans des châssis-presse à vis (fig. 157). On les développe dans des cuvettes ordinaires et l'on fait agir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les acides pour la morsure en se servant de cuvettes oscillantes mues soit à la main, soit à l'aide d'un moteur

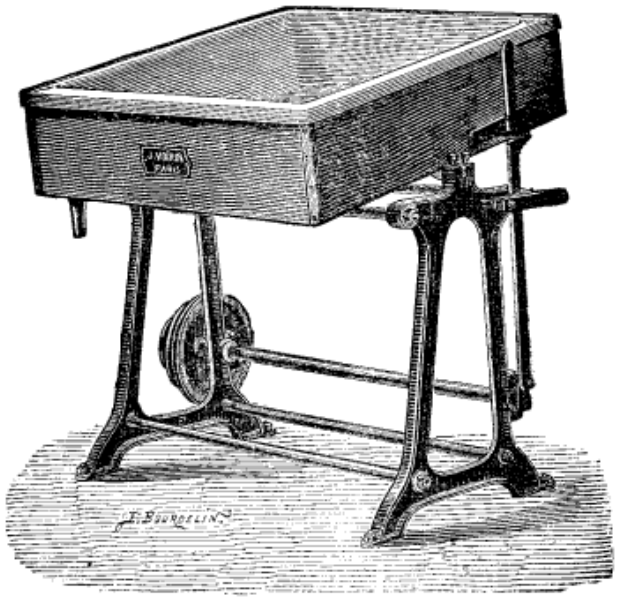


Fig. 158

(fig. 158). Entre chaque morsure on peut sécher rapidement à l'aide d'un sécheur chauffé (fig. 159). Il est utile

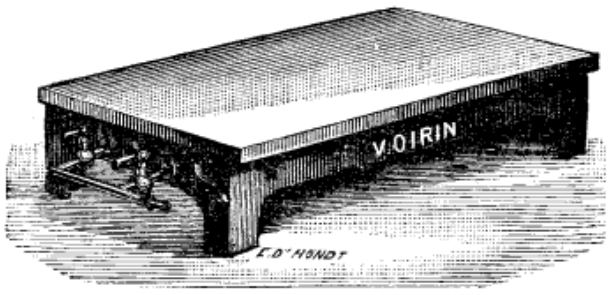


Fig. 159

de saupoudrer la plaque soit de résine soit de bitume en poudre au cours de la morsure : on se sert d'une boîte spéciale (fig. 160) permettant d'effectuer régulièrement l'opération.

Enfin l'on utilise divers ustensiles employés en impri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

merie : rouleaux marbre, table à noir, presses, etc. ; le maniement de ces appareils est de la compétence de l'imprimeur ou du graveur.

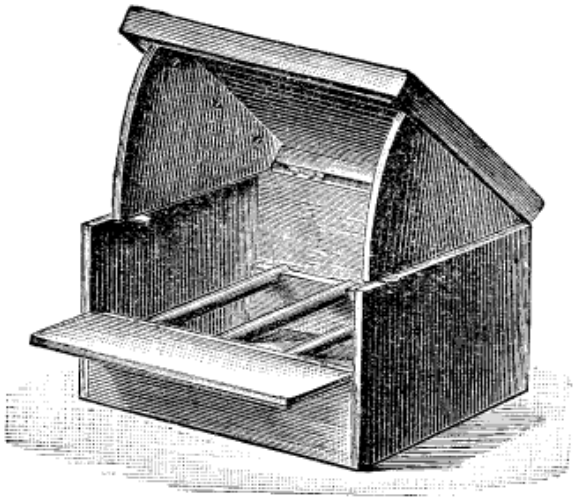


Fig. 160

§ 2. — PHOTOTYPOGRAVURE DE SUJETS AU TRAIT

225. Nature du négatif. — Le cliché typographique est obtenu d'après un négatif d'image au trait : ce négatif doit être très brillant, sans traces de voile et d'une intensité suffisante. On obtient assez facilement des négatifs de cette nature par le procédé au collodion humide en développant l'image avec un bain de fer contenant pour un litre d'eau 50 grammes de sulfate de fer, 15 grammes d'acide tartrique et 20 grammes d'alcool. Au besoin le négatif sera renforcé par l'emploi d'un bain de bromure de cuivre.

L'obtention du cliché typographique comporte les opérations suivantes : 1° préparation de la plaque métallique ; 2° insolation ; 3° dépouillement ; 4° morsures ; 5° montage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

226. Préparation de la plaque métallique. — Les plaques métalliques de zinc ou de cuivre sont choisies parfaitement planes et polies ; elles doivent être dans leurs deux dimensions plus longues que le sujet à reproduire d'environ 0 m. 05 de façon à laisser tout autour de ce sujet une marge convenable. La plaque doit être frottée dans tous les sens avec de la ponce impalpable et de l'eau ; on la lave énergiquement et sans la laisser sécher on la plonge dans un bain formé de 1 litre d'eau et 10 centimètres cubes d'acide oxalique à 36° B. L'immersion est prolongée pendant quelques minutes : quand l'attaque de la couche paraît régulière on plonge la plaque dans une cuvette d'eau propre, on frotte la surface pour enlever le dépôt qui s'est formé et on sèche rapidement.

La couche sensible est formée par une mince pellicule de bitume de Judée, aussi uniforme que possible. On obtient cette couche en dissolvant à saturation le bitume de Judée dans la benzine et laissant reposer la liqueur. La liqueur limpide est étendue à la surface de la plaque métallique exactement comme s'il s'agissait de collodionner celle-ci ; aussitôt après on essuie avec un chiffon les deux bords par lesquels s'est écoulé le liquide et l'on fixe la plaque à la tournette ; on imprime alors à la plaque un mouvement graduel de rotation de façon à obtenir une couche très peu épaisse et très régulière ; aussitôt qu'elle est sèche la plaque peut être soumise à l'action de la lumière.

227. Insolation. — On utilise soit des négatifs sur glaces, soit des négatifs pelliculaires. On applique ces négatifs contre la couche et on expose soit à la lumière du jour, soit à une lumière artificielle, comme par exem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ple la lumière électrique. Dans ce dernier cas, qui permet une grande régularité de production, le châssis doit se mouvoir verticalement et horizontalement afin que la lumière atteigne d'une façon régulière tous les points de la plaque.

Si l'on opère à la lumière solaire ou à la lumière du jour il faut déterminer empiriquement la durée de l'exposition à cette lumière ; ce contrôle doit se faire aussi quand on utilise la lumière électrique si le négatif utilisé n'est pas très limpide dans les clairs. Dans ce but on prépare une plaque mince de zinc sur laquelle on étend la solution de bitume dans la benzine ; on sèche à la tournette et on coupe à la cisaille des bandes de métal que l'on expose sous un négatif de même intensité et limpidité que celui qu'il s'agit de copier ; de temps en temps on retire une de ces bandes témoin et l'on vérifie, par dépouillement de la couche, que la lumière a suffisamment agi. On utilise en somme un procédé identique à celui employé pour l'impression sur papier au ferroprussiate.

228. Dépouillement de l'image. — On chauffe légèrement la plaque insolée et on la plonge dans un mélange de 800 centimètres cubes d'essence de térébenthine et 200 centimètres cubes de benzine cristallisable : les traits du dessin apparaissent sur fond métallique. On continue l'action de ce bain tant que le bitume se dissout; on laisse égoutter pendant quelques instants la plaque puis on la lave sous un jet d'eau assez violent pour chasser le liquide gras qui adhère à la surface de la couche. On essore la plaque, et on la chauffe légèrement pour chasser toute humidité ; on l'expose ensuite pendant environ un quart d'heure à l'action de la lumière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solaire ; on peut aussi l'exposer pendant une heure ou deux à l'action de la lumière diffuse, de façon à consolider le bitume qui forme l'image. Enfin la plaque est chauffée légèrement jusqu'à température de fusion de la paraffine : avec un bâton de cette substance on frotte le dos de la plaque de façon à obtenir une réserve empêchant l'action de l'acide à graver.

229. Morsures. — La gravure de la plaque s'effectue avec divers mélanges d'eau et d'acide de concentration variable. Pour la conservation des parties les plus fines de l'image, il est indispensable de commencer la morsure avec un acide très faible. On mélange 10 centimètres cubes d'acide nitrique à 36° B. avec un litre d'eau, ce qui constitue le bain de première morsure ; la plaque est plongée dans ce bain pendant une minute : on agite constamment la cuvette oscillante dans laquelle se trouve ce bain ; on retire la plaque, on la lave à grande eau et on la frotte avec une éponge fine ; on lave de nouveau, on essore et on laisse sécher.

La surface de la plaque est alors *gommée* à l'aide d'une solution épaisse de gomme arabique additionnée d'un peu d'acide gallique ; l'opération s'effectue en promenant à la surface de la planche une éponge imbibée de gomme; on lave ensuite avec une éponge imbibée d'eau bien propre, on essore et sans laisser sécher on passe à la surface de la plaque un rouleau à grain chargé d'encre de *départ* : cette encre est composée de 250 grammes d'encre lithographique, 100 grammes de cire vierge et 12 grammes de résine. L'encrage doit être fait légèrement de façon à ne pas garnir d'encre les parties à nu du métal ; sur la planche encrée, on passe l'éponge mouillée, on essore avec une autre éponge et l'on encre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de nouveau. On encre en promenant le rouleau dans une direction perpendiculaire à celle qu'il a suivi en premier lieu : les retouches, s'il y a lieu, sont faites alors avec de l'encre lithographique broyée à l'eau et une plume très fine. L'humidité de la plaque est alors chassée en éventant la surface de celle-ci. A l'aide d'un blaireau on passe sur les traits de la résine en poudre impalpable ; on enlève l'excès de poudre de résine avec un autre blaireau et on procède à la seconde morsure.

Au premier bain de morsure on ajoute 3 centimètres cubes d'acide azotique et on plonge la plaque dans ce bain pendant sept minutes : au sortir de ce bain la plaque est rincée sous un robinet : on la fait sécher sur une plaque chauffante ; si elle n'a pas été retouchée on peut, au préalable, l'essuyer avec l'éponge. Après dessiccation on gomme de nouveau en employant une solution de 250 grammes de gomme arabique dans un litre d'eau saturée d'acide gallique ; le gommage s'effectue avec une éponge simple ; on laisse sécher. Pendant ce temps avec le couteau à palette on nettoie le rouleau et on le charge avec un mélange fait à consistance de gelée épaisse d'encre de départ et de vernis lithographique. La planche est alors épongée avec l'eau propre pour enlever la gomme ; on essuie, on mouille avec l'éponge à encrer, on encre régulièrement de façon à obtenir une image qui ne soit pas trop chargée d'encre ; on retouche, on sèche, on saupoudre de résine dans la boîte à résine en plaçant la plaque sur les traverses intérieures ; un blaireau plat spécial sert à répandre la résine ; on enlève l'excès de résine et l'on passe l'éponge à laver sur toute la plaque.

Le troisième morsure s'effectue à l'aide du bain précédent additionné de 12 centimètres cubes d'acide azotique ; la plaque est immergé dans ce bain pendant douze minu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tes. On agite comme précédemment de façon à empêcher la production de bulles de gaz. La plaque est retirée du bain, lavée et épongée ; on la place sur la plaque chaude jusqu'à ce que l'encre devienne brillante. Pour que les couches d'encre soient bien régulières il est indispensable de maintenir la planité du zinc à l'aide de deux bandes de bois placés aux deux bouts de la plaque. Quand l'encre est devenue brillante la planche est transportée sur la plaque froide, puis disposée sur le marbre à encrer.

Le nouveau gommage s'effectue comme pour la morsure précédente ; on sèche, on enlève la gomme par lavage ; on distribue sur le rouleau une quantité d'encre plus forte que celle qui a été employée précédemment ; on nettoie la planche, on la passe à la résine, on enlève l'excès de résine, on mouille et la planche est prête à recevoir la quatrième morsure.

Cette quatrième morsure s'effectue à l'aide du bain précédent auquel on a ajouté 15 centimètres cubes d'acide azotique ; la plaque est immergée dans ce bain pendant dix-huit minutes, lavée et traitée comme on l'a fait à la suite de la précédente morsure ; quand elle est recouverte de résine dont on a enlevé l'excès on la plonge dans le bain de quatrième morsure.

Le bain de cinquième morsure est obtenu en ajoutant 15 centimètres cubes d'acide azotique au bain précédent ; la durée d'immersion est la même que celle de l'opération précédente ; le chauffage, après lavage, est prolongé pendant une minute après que l'encre est devenue brillante : de cette façon l'encre coule un peu plus que dans les opérations précédentes. On encre avec le rouleau de flanelle, on passe à la résine et l'on procède à la sixième morsure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La sixième morsure se fait avec le bain précédent additionné de 50 centimètres cubes d'acide azotique ; la morsure est prolongée pendant vingt minutes ; on lave et on effectue la série des opérations indiquées précédemment. La septième morsure s'effectue dans le liquide ayant servi à l'opération précédente, mais additionné encore de 50 centimètres cubes d'acide azotique ; la durée d'immersion est de vingt minutes. Après lavage, séchage et encrage avec le rouleau bien chargé d'encre on passe à la résine et on chauffe ; on fait souvent une huitième morsure en employant le bain précédent additionné de 96 centimètres cubes d'acide azotique ; on prolonge la durée de l'immersion pendant vingt cinq minutes et on termine comme précédemment avec cette précaution que la plaque doit être fortement chauffée pour que l'encre s'étale bien.

Pour donner les creux les plus profonds on procède à la neuvième morsure en faisant agir pendant vingt-cinq ou trente minutes le bain précédent additionné de 128 centimètres cubes d'acide azotique. On lave la plaque et on la chauffe jusqu'à ébullition de l'encre. Après refroidissement on la nettoie à l'huile de paraffine en se servant d'une brosse-balai ; quand l'encre et l'huile sont bien mélangées on plonge la plaque dans une solution de potasse ; on lave soigneusement et au besoin on recommence le traitement à la potasse : l'eau doit mouiller régulièrement la planche ; quand elle est dans cet état, on essuie avec des chiffons propres et on sèche sur la plaque chauffante.

L'action de la chaleur entre chaque morsure a fait étaler l'encre et a produit ainsi une série de petites terrasses ou épaulement permettant d'atteindre à une profondeur suffisante ; la température à laquelle est soumise la planche allant en augmentant avant chaque morsure,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme d'autre part la planche est de plus en plus chargée d'encre on a des épaulements très réguliers ; on évite ainsi les affouillements qui se produiraient au-dessous des traits.

230. Nettoyage de la planche. — La planche étant gravée il s'agit de la nettoyer ou finir la gravure. Dans ce but on commence par encrer la planche légèrement chauffée : l'encre doit couler franchement sur le bord des lignes ; s'il existe quelques points sans terrasse on applique avec un pinceau un peu d'*encre à finir* dans ces parties. Cette encre est composée de 50 parties d'encre typographiques, 10 parties de bitume, 10 parties de poix noire, 7 parties de poix blanche, 7 parties de résine et 2 parties de cire vierge ; on mélange le tout et on dilue avec de la térébenthine jusqu'à consistance du miel. La planche est alors posée sur la plaque chaude jusqu'à ce que l'encre devienne brillante : on refroidit aussitôt sur la plaque froide et on la plonge dans un bain contenant un litre d'eau et 50 centimètres cubes d'acide azotique. On agite constamment et l'on continue l'action de ce bain jusqu'à ce que la partie du métal à nu la plus rapprochée de l'encre apparaisse arrondie.

On nettoie alors la planche à l'huile de paraffine et à la potasse ; on l'essuie, on la sèche par la chaleur, on la place sur la plaque froide et après l'avoir brossée, on l'encre avec de l'encre à finir diluée dans la térébenthine sur la plaque chaude : l'action du rouleau doit être continuée jusqu'à ce que l'encre coule un peu moins loin que la première fois. La plaque est alors chauffée jusqu'à ce que l'encre devienne brillante : on la refroidit et on l'introduit alors dans le deuxième bain de finissage composé de 1 litre d'eau et 37 centimètres cubes d'acide azotique :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle séjourne dans ce bain jusqu'à ce que l'épaulement laissé à nu paraisse bien attaqué.

La plaque est alors complètement nettoyé, séchée et recouverte comme précédemment, à l'aide du rouleau lisse, d'encre à finir : la planche est maintenue froide pendant cet encrage ; on fait les retouches et les réserves s'il y a lieu avec un pinceau de martre imbibé d'encre à finir ; on chauffe la planche jusqu'à ce que l'encre devienne brillante ; on transporte la planche sur la plaque à refroidir après quoi on la plonge dans le dernier bain composé de 1 litre d'eau et 18 centimètres cubes d'acide azotique. On agite pendant six à huit minutes : les traits doivent apparaître nettement découpés, dégagés de leur épaulement.

La planche est alors nettoyée, brossée et encrée avec de l'encre typographique : on en tire une épreuve et on constate sur cette épreuve s'il y a lieu de faire des retouches : on effectue ces retouches avec le grattoir.

Les diverses opérations précédentes doivent être faites sans interruption ; on peut alors procéder au montage.

A l'aide d'une scie circulaire spéciale on coupe les bords excédant les dimensions du sujet en ne conservant qu'une marge de 0 m. 002 à 0 m. 003. On monte alors la planche sur un bloc de bois d'acajou ou de chêne après avoir abattu les angles à la lime ou au grattoir : ce montage est le plus souvent fait par des spécialistes.

Le cliché peut alors être livré à l'imprimeur.

Très souvent avant le montage on obtient par galvanoplastie des reproductions de la planche que l'on ne soumet pas à l'action de la presse et qui sert simplement à obtenir les galvanos nécessaires à un tirage considérable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES

233. Remplacement du modelé. — Dans les procédés de phototypogravure dite à *demi-teinte* on utilise des phototypes dans lesquels les demi-teintes de l'original sont remplacées par un modelé formé de points opaques et aussi transparents que possible, plus ou moins rapprochés. Ces points sont destinés à produire un effet analogue à celui qui est fourni par les tailles ou les hachures de la gravure sur métal ou sur bois.

On a tout d'abord eu l'idée, pour obtenir ces points, d'introduire un réseau quadrillé très fin entre le négatif et la surface sensible de la planche à graver : le résultat a été médiocre car par ce mode opératoire on ne peut obtenir un grain proportionnel à l'effet de modelé qu'il s'agit de réaliser.

On obtient ce résultat en plaçant le réseau dans la chambre noire, en avant de la plaque sensible : dans ce cas les rayons réfractés par l'objectif traversent le réseau avant d'arriver à la surface sensible : il se forme alors dans les parties qui correspondent aux blancs de l'image des points plus larges que les espaces translucides de l'écran, tandis que dans les ombres ils ne sont pas plus larges que les espaces de l'écran ; dans les ombres les plus denses ils disparaissent complètement.

Le résultat obtenu dépend de trois facteurs : 1° nature du réseau ; 2° distance du réseau à la couche sensible ; 3° forme et position du diaphragme employé dans l'objectif.

234. Réseaux. — Pour les travaux courants il suffit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de deux types de réseaux : le réseau simple (fig. 161) et

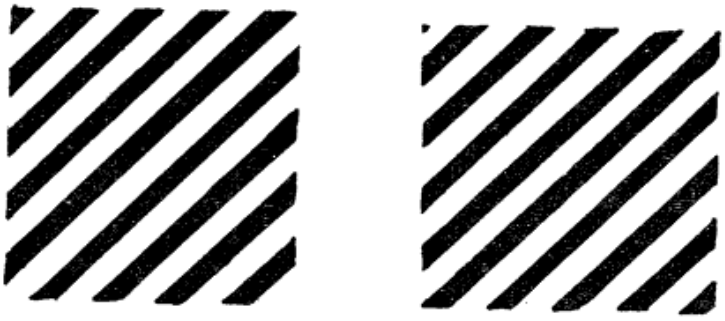


Fig. 161

le réseau croisé (fig. 162). On peut obtenir ce dernier en appliquant l'un contre l'autre deux réseaux simples.



Fig. 162

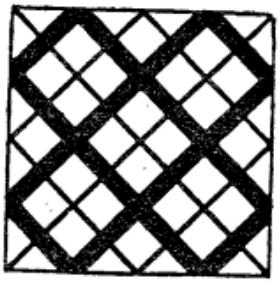


Fig. 163

On a utilisé aussi des réseaux plus compliqués repré-

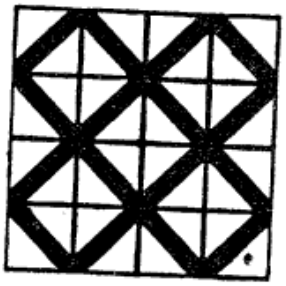


Fig. 164

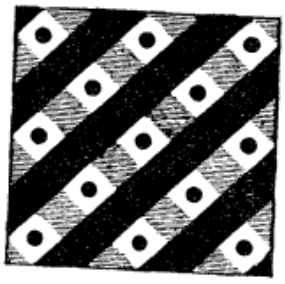


Fig. 165

sentés par les figures 163, 164, 165. Ces réseaux établis en vue de produire des effets de demi-teintes plus conti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nus ne sont pas d'un usage courant ; presque tous les opérateurs donnent la préférence au réseau croisé.

Ces réseaux ou trames contiennent en général de 35 à 60 lignes au centimètre : il n'y a pas intérêt pour l'illustration du livre à dépasser ce chiffre de 60 lignes au centimètre ; dans quelques cas particuliers, par exemple pour les affiches illustrées, l'écartement des lignes peut être plus grand et leur nombre tomber au-dessous de 35 au centimètres. Le prix de ces trames s'élève non seulement avec le format des réseaux, mais encore avec le nombre de lignes au centimètre. On les place dans des châssis spéciaux permettant de les approcher ou de les éloigner de la couche sensible.

M. Tuerke au lieu de réseaux prépare des feuilles de papier très finement rayées qu'il désigne sous le nom de *linéatures*. On reproduit cette linéature soit de grandeur égale, soit un peu réduite en opérant par le procédé du collodion humide et on use de cette reproduction comme des réseaux achetés dans le commerce : la difficulté dans l'emploi des linéatures est d'obtenir des noirs absolument noirs et des blancs absolument transparents. Il faut beaucoup de soins et une très grande habitude des manipulations du collodion pour obtenir par ce procédé de bons réseaux : on peut obtenir soit des réseaux simples, soit des réseaux quadrillés.

233. Distance du réseau à la couche sensible. — L'expérience a montré que s'il s'agit de reproduire un sujet de tonalité claire le réseau peut être placé relativement loin de la couche sensible tandis qu'il doit en être éloigné s'il s'agit d'un sujet de teinte sombre. La figure 166 montre les effets que l'on peut réaliser par un déplacement de quelques millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rapport de la surface opaque d'un réseau à la surface translucide peut varier dans des limites assez étendues ; certains sujets sont le mieux reproduits quand il y a égalité entre le blanc et le noir ; dans certains cas il convient de donner 2/3 d'épaisseur aux traits blancs et 1/3 aux traits noirs.

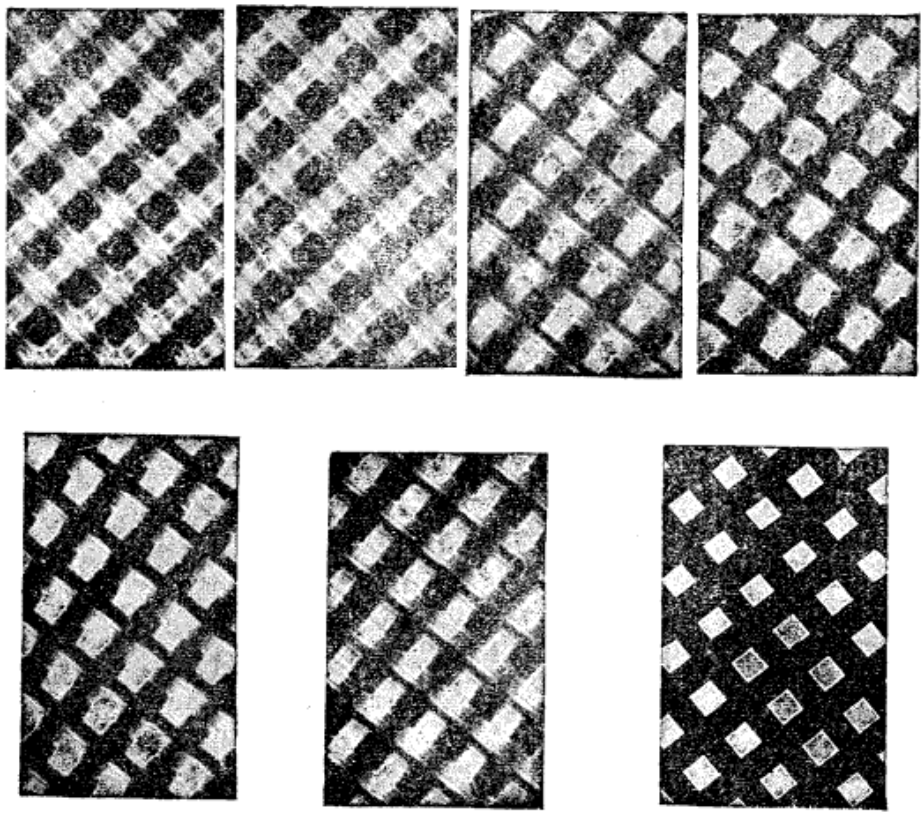


Fig. 166

L'interposition de ces écrans sur le trajet des rayons lumineux augmente la durée du temps de pose d'une quantité qui doit être déterminée par l'opérateur ; avec la plupart des écrans placés à une distance inférieure à 0 m. 003 de la plaque sensible la durée du temps de pose est trois fois plus considérable que celle qui serait nécessaire sans l'écran.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans certains cas, lorsqu'on reproduit une image par transparence au lieu de placer le réseau dans la chambre noire en avant de la couche sensible on peut le placer en avant à environ 0 m. 001 de l'image reproduite par transparence : on peut ainsi, quand l'on possède divers réseaux, choisir la dimension de grain la plus convenable pour le sujet à reproduire. Il convient cependant de ne pas dépasser le nombre de 70 lignes ou points au centimètre, sans quoi l'impression des clichés typographiques devient fort difficile : il est clair qu'à mesure que le grain diminue de dimension l'encrage de l'image devient plus difficile. Plus la trame est serrée, meilleure doit être l'encre, plus satiné doit être le papier.

234. Forme et position du diaphragme. — La forme du diaphragme employé, sa position par rapport aux sens des lignes du réseau influent considérablement sur la nature du résultat.

On doit posséder une série de diaphragmes, de formes variées : ouverture carrée, triangulaire, etc. On obtient ainsi des modifications analogues à celles que nous avons figurées page 448 en regard de chaque diaphragme quand on utilise un réseau à lignes croisées obliques par rapport aux côtés de la chambre noire et inclinées d'environ 45° par rapport à ces lignes.

C'est en vue de faciliter l'emploi de ces diaphragmes que les montures d'objectifs doivent être disposées de manière à recevoir des diaphragmes à vannes. Ces diaphragmes peuvent d'ailleurs être établis très facilement par l'opérateur ; il suffit de les découper dans une carte un peu forte que l'on noircit ensuite avec de la couleur noire ; suivant l'effet que l'on veut obtenir on utilisera la forme de diaphragme la plus convenable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

235. Du négatif à utiliser. — Le négatif que l'on doit employer sera absolument limpide, sans traces de voile dans les grands clairs : il importe en effet que les points soient blancs et noirs.

La mise au point du sujet étant faite avec une forte loupe il s'agit de placer à une distance convenable de la couche sensible l'écran qui portera l'image; dans ce but on examine le quadrillé dans les clairs de l'image : faisant avancer et reculer l'écran on constate que dans l'intérieur des petits carrés apparaît une croix : il convient, dans la généralité des cas, de placer le réseau dans la position correspondante à l'apparition de la croix.

Le procédé photographique utilisé est celui du collodion humide; on peut aussi employer les plaques lentes au gélatino-bromure : à rapidité égale, si elles sont bien préparées elles donnent une finesse plus grande que celle obtenue par le procédé du collodion; en revanche elles coûtent plus cher, et c'est à ce fait que l'on doit attribuer la préférence que l'on donne au procédé du collodion on utilisera les enduits anti-holo.

Si l'objectif n'est pas muni d'un prisme redresseur ou d'un miroir optiquement travaillé, le négatif doit être à l'état pelliculaire : l'enlèvement de la couche de collodion renforcé de gélatine ne présente pas de difficultés si la glace a été préalablement talquée. Dans le cas de négatif au gélatino-bromure, on recouvrira le négatif de collodion, on insolubilisera au formol et on enlèvera de la glace le négatif ainsi préparé.

236. Planches à graver. — On opère en utilisant soit le zinc, le cuivre ou le bronze. On trouve dans le commerce des plaques de zinc convenablement préparées pour ce travail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les plaques de zinc sont préparées exactement comme nous l'avons décrit pour l'obtention de gravures au trait : l'enduit sensible est constitué soit par une couche de bitume de Judée, soit par une couche de mucilage bichromaté, versé à la surface de la plaque comme nous l'avons indiqué précédemment.

La couche étant sèche, le négatif est appliqué fortement contre la surface sensible et c'est surtout dans ce but qu'il convient d'utiliser les châssis à vis ; la durée de l'insolation est déterminée à l'aide d'un photomètre.

Le dépouillement de l'image doit être conduit de telle sorte qu'il ne subsiste aucun voile à la surface de la plaque : ceci est de la plus haute importance.

237. Morsures. — La première morsure à l'acide doit être extrêmement faible : il faut produire un simple dépoli du zinc, sans chercher à le creuser : il suffit pour cela de passer la plaque dans le premier bain de morsure pendant une demi-minute environ. On rince la plaque sous un robinet, on la sèche en éventant la surface avec un carton.

On peut alors effectuer les retouches soit avec de l'encre lithographique, soit avec une solution de bitume de Judée dans l'essence de térébenthine rectifiée : cette solution est additionnée d'un peu de cire vierge et de gomme mastic ; grâce à cette addition l'encre coule sans s'étaler sur le métal. On utilisera aussi cette solution pour faire les encadrements limitant l'image, pour les inscriptions, etc. ; elle peut servir aussi à recouvrir les marges et le dos de la plaque.

La seconde morsure se fait avec le bain utilisé pour la première, mais additionné de 10 cc. d'acide nitrique. La durée d'immersion dans ce bain se détermine de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière suivante. Sur l'une des marges de la plaque on trace une ligne assez large, de 0 m. 001 à 0 m. 015 de long de façon à mettre le zinc à nu. La plaque doit rester dans le bain de morsure jusqu'à ce que l'ongle du pouce passé sur cette ligne indique un creux appréciable. On rince pour éliminer l'acide, on fait sécher, on gomme avec la solution indiquée pour la gravure au trait, on sèche, on mouille, on essuie et on encre avec de l'encre de départ additionné d'un peu de vernis lithographique moyen. Il faut que la planche soit encrée bien régulièrement, sans trace d'empâtement. On mouille alors avec l'éponge, on lave la planche, on fait sécher et l'on saupoudre avec de la résine réduite en poudre impalpable. On chauffe alors jusqu'à ce que l'encre soit brillante et l'on met au bain de troisième morsure, obtenu en ajoutant 10 cc. d'acide azotique à un litre de bain de seconde morsure. La durée d'immersion dans le bain de troisième morsure se détermine empiriquement en examinant le creux obtenu sur une ligne tracée sur les marges de la planche. En général ces trois passages au bain d'acide azotique sont suffisants.

Pour terminer il est indispensable de soumettre la planche à la morsure arrondissante. Dans ce but l'image et toutes traces d'encre sont enlevées à l'aide d'une solution de potasse caustique, exactement comme s'il s'agissait de nettoyer un zinc portant une image au trait. On encre alors avec le rouleau lisse, faiblement mais régulièrement chargé d'encre à finir diluée avec un peu d'essence de térébenthine rectifiée: on laisse évaporer en partie cette térébenthine et l'on promène le rouleau à la surface de la planche ; au besoin on chauffe très légèrement la planche et on passe le rouleau jusqu'à ce que l'image soit d'un beau noir intense. On chauffe alors la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque jusqu'à ce que l'encre ait pris un aspect brillant, on refroidit immédiatement et l'on donne alors à la planche une légère morsure dont le but est d'arrondir les épaulements qui entourent les points ; aussitôt que ce résultat est obtenu on lave la planche, on la nettoie à la potasse et si les opérations ont été bien conduites l'épreuve que l'on obtiendra sera satisfaisante ; on pourra alors procéder au montage du zinc, montage qui ne présente rien de particulier.

Les retouches, s'il y a lieu, peuvent être faite à la molette, par un graveur.

238. Gravure sur cuivre. — La couche sensible peut être soit le bitume de Judée, soit l'albumine bichromatée, soit la gélatine bichromatée.

On utilise la dissolution de bitume de Judée telle qu'elle est employée pour les procédés de phototypogravure sur zinc ; après l'insolation sous le négatif on dépouille l'image à l'aide de térébenthine et de benzine ; cette opération ne présente rien de particulier. La morsure s'effectue en une fois à l'aide de perchlorure de fer que l'on utilise en solution marquant 35° à l'aréomètre de Beaumé et à une température de 15 à 16° centigrades. La profondeur de la gravure ne doit pas être trop considérable : une immersion trop prolongée dans le bain de perchlorure peut provoquer des affouillements qui enlèvent tout caractère artistique à l'image.

Le procédé à l'albumine bichromatée présente sur celui au bitume de Judée l'avantage de fournir une couche très sensible à la lumière, donnant des images très fines si la couche est assez mince ; l'albumine peut être étendu soit sur cuivre, soit sur zinc : en réalité la couche sert à former une image de faible épaisseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On prépare une solution contenant 100 cc. d'albumine provenant d'œufs très frais, 1 litre d'eau et 16 grammes de bichromate d'ammoniaque finement pulvérisé. On agite fortement ce mélange dans un flacon contenant des perles de verre ; on laisse déposer pendant deux heures puis l'on filtre. Si la couche doit être étendue sur zinc, le métal est poli à la ponce très fine, lavée, puis plongée pendant une minute dans un bain composé de un litre d'eau, 10 cc. d'acide azotique et 40 grammes d'alun ; on lave et on essuie pour enlever le dépôt formé par l'acide. La couche d'albumine est étendue à la surface de la plaque de zinc ; on rejette l'excès de liquide et on étend une nouvelle couche : la plaque est placée sur la tournette ; on imprime à l'appareil une vitesse modérée de façon à ne pas chasser tout le liquide vers les bords au détriment du centre de la plaque ; après une demi-minute on enlève la plaque, on sèche à une douce chaleur et on expose à l'action de la lumière ; la durée d'exposition est réglée par l'actinomètre.

Au sortir du châssis-presse la planche est posée sur le marbre et encrée au rouleau avec de l'encre à transport mélangée d'essence de térébenthine ; on doit faire *tableau noir* ; après quoi on la plonge dans l'eau pendant deux ou trois minutes ; on nettoie la surface soit avec une éponge très douce, soit avec un tampon de coton. La couche se dépouille de l'excès de noir, on lave sous un robinet et l'on fait sécher. Aussitôt que la couche est sèche, on recouvre soigneusement l'image d'une poudre impalpable obtenue en porphyrisant un mélange préalablement fondu de 100 grammes de poix noire, 200 grammes de bitume de Judée pur et 60 grammes de résine. On opère à l'aide d'un pinceau très doux ; on nettoie l'image avec un pinceau propre et l'on chauffe sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque à chauffer ; quand la surface est devenue luisante on laisse refroidir, on retouche à l'encre lithographique et l'on fait mordre à l'acide comme d'habitude. Les manipulations sont les mêmes quel que soit le métal employé.

239. Procédé émail. — Au lieu d'utiliser l'albumine bichromatée on peut employer la gélatine ou mieux la colle de poisson ; dans ce cas on brûle légèrement la colle de poisson et c'est sur cet enduit que l'on imprime. Ce procédé a pris le nom de *procédé émail* : la couche sensible forme en effet à la surface de la planche une réserve extrêmement dure, donnant, même avec les tirages à très grand nombre, des impressions très fines : le cliché typographique est en quelque sorte émaillé.

On trouve dans le commerce sous le nom de *Pages liquide glue* une colle de poisson toute préparée qui est d'un excellent emploi pour obtenir la couche sensible, cette colle est à l'état de pâte assez épaisse, se conservant bien. La mixture que l'on étend sur plaques se prépare en ajoutant à cette colle une égale quantité d'eau, bien filtrée et dans laquelle on a fait dissoudre préalablement 40 grammes de bichromate de potasse par litre. Ce mélange est abandonné au repos pendant vingt-quatre heures ; au bout de ce temps on décante la dissolution que l'on peut filtrer s'il est nécessaire.

En hiver on peut augmenter la quantité d'eau : on la diminuera au contraire pendant les chaleurs de l'été : il faut obtenir une couche suffisamment épaisse pour qu'à la cuisson on obtienne une image de couleur brun foncé, résultat qu'il est impossible d'obtenir avec des couches trop minces. Le liquide est étendu sur la plaque décapée et polie au blanc de zinc (le cuivre donne les meilleurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résultats avec ce procédé); on rejette l'excès de liquide en employant la tournette et l'on étend une nouvelle couche de mixture sur la première ; on régularise cette nouvelle couche par la tournette et l'on fait sécher à une chaleur modérée dans l'obscurité. Quand la plaque est froide on l'expose à la lumière sous un négatif; la durée d'insolation est réglée par l'emploi du photomètre. On dépouille ensuite l'image par immersion dans une cuvette pleine d'eau : le dépouillement doit être continué jusqu'à ce que l'on aperçoive le métal à nu entre les points, ce que l'on reconnaît très facilement en teignant la couche avec du violet d'aniline et se servant d'une loupe pour examiner si le métal est mis à nu : on ne doit pas procéder à la cuisson avant de s'être assuré de ce fait.

Après dépouillement complet de l'image on lave celle-ci à l'alcool concentré ou à l'alcool méthylique pur: ce lavage s'effectue en versant l'alcool à la surface de la plaque. Ce lavage à l'alcool est indispensable surtout pendant l'été, car les points de gélatine dont se compose l'image ont une grande tendance à s'attacher les uns aux autres si on laisse sécher spontanément; de plus l'action de l'alcool facilite singulièrement le séchage et permet d'éliminer rapidement toute trace d'humidité de la couche.

La cuisson s'effectue dans une étuve chauffée à 394° ; l'image prend d'abord une teinte d'un brun sale, puis, si la couche est suffisamment épaisse et la température assez élevée elle arrive à une belle teinte brun foncé. On laisse alors refroidir graduellement *dans l'étuve*, pour éviter le fendillement de la couche.

Après refroidissement on fait mordre avec une dissolution concentrée de perchlorure de fer; par une tempé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rature moyenne la morsure est obtenue en moins d'un quart d'heure ; pendant que le perchlorure de fer agit, on passe à la surface de la planche un pinceau pour éliminer le dépôt qui peut se former. Après morsure la planche est largement lavée et mise à sécher. On peut alors l'encrer, tirer une épreuve et faire mordre à nouveau si cela est nécessaire.

Par l'emploi du procédé émail on obtient des planches qui résistent fort longtemps au tirage à *la condition que ces planches ne soient jamais nettoyées avec une poudre mordante ou un alcali* : le nettoyage doit se faire *exclusivement* à l'essence de térébenthine ou à la benzine, avant que l'encre ait eu le temps de sécher. On ne saurait trop éviter l'action de la lessive que les imprimeurs utilisent au nettoyage des caractères usuels. Avant de les nettoyer on retirera donc des formes les clichés obtenus par ce procédé.

L'emploi du zinc ne donne pas de bons résultats dans la pratique de ce procédé à cause de la température trop élevée à laquelle il faut soumettre le métal pendant la cuisson.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV

PHOTOGLYPTOGRAPHIE

§ 1. — PHOTOGLYPTOGRAPHIE DE SUJETS AU TRAIT

240. Description du procédé. — La photoglyptographie comprend l'ensemble des procédés permettant de produire les impressions par les creux des planches gravées; ces creux sont garnis d'encre, on élimine l'excès d'encre par essuyage et l'on applique une feuille de papier à la surface de la planche ainsi encrée et essuyée; on donne la pression et en relevant le papier ce dernier entraîne l'encre placée dans les creux, encre qui forme l'image.

Les encres que l'on utilise d'une manière à peu près exclusive sont les encres de gravure, encres qui sont opaques ; c'est seulement dans le procédé de Woodbury que l'on se sert d'encre transparentes dont les épaisseurs plus ou moins grandes permettent d'obtenir les demi-teintes; dans le cas des images au trait, ces demi-teintes résultent de l'espacement plus ou moins grand des divers traits. Les images que l'on obtient, s'il s'agit de sujets au trait, ont une très grande analogie avec les anciennes eaux fortes.

Le métal qui sert à la confection des planches est presque toujours le cuivre : on trouve chez les planeurs consciencieux des cuivres bien planés, soigneusement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

martelés, dont les pores sont très serrés ; ces cuivres reçoivent à leur surface une mixture préparée et après dessiccation on les insole derrière un phototype positif.

Ce positif peut être obtenu par divers procédés : s'il doit être de même dimension que le négatif on pourra le copier au châssis-presse, soit à l'aide des procédés de collodion sec, soit au collodion-chlorure d'argent, soit sur plaque préparée au gélatino-chlorure d'argent ; les premiers de ces procédés sont les meilleurs ; quelque soit celui auquel on donne la préférence, on aura le soin d'*ocrer* le dos de la plaque de manière à éviter le halo dont la conséquence est le *foisonnement* ou même la disparition des traits les plus fins ; enfin on pourra obtenir une image par contact en employant le papier mixtionné au charbon que l'on transportera sur collodion.

Si les dimensions du positif doivent être réduites on le copiera par transparence à la chambre noire, en usant des procédés que nous venons d'énumérer. Dans tous les cas les images obtenues seront très limpides dans les blancs et très opaques dans les noirs : c'est pour ce motif que le procédé dit des contretypes, permettant d'obtenir directement un positif d'un positif, ne fournit que rarement de bons résultats.

Les procédés de préparation des planches de cuivre destinées à la photoglyptographie sont identiquement les mêmes que ceux utilisés en phototypographie ; on peut employer soit le bitume de Judée, soit l'albumine bichromatée, soit la colle de poisson, etc. La mixture étendue sur cuivre est séchée, insolée et après dépouillement par l'eau et séchage, la planche est soumise à une légère morsure ; après quoi la surface de la planche est encrée avec de l'encre à finir, on saupoudre de résine, on chauffe très peu et après refroidissement on donne une nouvelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

morsure. La dissolution employée est formée d'eau et de perchlorure de fer ; la densité du liquide doit être telle qu'il marque 42° à l'aréomètre de Beaumé. La température du bain ne doit pas dépasser 15° C. La morsure s'effectue plus régulièrement à basse température (au voisinage de 10° C.) qu'à température moyenne.

Les planches préparées à l'albumine bichromatée ou à la gomme bichromatée sont dépouillées à l'eau ordinaire puis plongées dans une solution aqueuse de rouge d'aniline qui, colorant la couche, permet de vérifier si le dépouillement est complet. Au lieu d'employer une solution aqueuse de perchlorure de fer qui pourrait attaquer l'albumine, on utilise une solution *alcoolique* de perchlorure de fer au titre de 30° Baumé. Les planches gravées par ce bain présentent des creux bien réguliers, sans trace d'affouillement.

Dans quelques cas particuliers on est conduit à utiliser le zinc pour obtenir les planches gravées : on fait mordre alors par l'acide nitrique exactement comme dans les procédés de phototypogravure : on utilise avantageusement le procédé à l'albumine avec saupoudrage.

§ 2. — PHOTOGLYPTOGRAPHIE DE SUJETS A DEMI-TEINTES

241. Grainage de la planche. — La gravure sur cuivre de sujets à demi-teintes s'effectue sur plaques de cuivre préalablement grainées. Ce grain (que l'on peut jusqu'à un certain point comparer à la trame des phototypogravures) s'obtient en employant de la résine blanche ou du bitume de Judée en poudre très fine que l'on répand en plusieurs couches à la surface de la plaque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On se sert à cet effet de l'appareil appelé boîte ou caisse à grainer. C'est une caisse de bois, le plus souvent doublée de zinc, divisée en deux parties dont la première, celle qui contient la poudre, est séparée de l'autre par une cloison mobile sur laquelle est déposé la plaque à grainer; on soulève un nuage de poudre dans la boîte à l'aide du vent d'un soufflet extérieur, communiquant avec l'intérieur de la boîte à l'aide d'un tube de caoutchouc, ou bien encore à l'aide d'une sorte de moulin placé à l'intérieur on soulève la poudre qui, en retombant sur le cuivre, produira le grain : ce dernier doit être produit sur la plaque avant toute autre opération.

La morsure du cuivre s'effectue à travers une image négative retournée, obtenue au-dessus du grain ; on doit donc préparer tout d'abord un phototype positif d'après le négatif qu'il s'agit de reproduire.

Les négatifs utilisés en photoglyptographie doivent présenter toutes les qualités des bons négatifs à demi-teinte : en particulier, il convient d'éviter l'emploi de ceux manquant de pose ; il est impossible d'obtenir avec ceux-ci des positifs harmonieux ; au contraire un négatif surexposé pourra donner un diapositif convenable par reproduction à la chambre noire.

Si le négatif peut donner par contact de bonnes images positives et de plus s'il est suffisamment vigoureux pour donner une belle épreuve au charbon on pourra utiliser ce procédé en se servant du papier au charbon fabriqué spécialement pour images transparentes ; la préparation de cette diapositive ne présente rien de particulier : on opère par double transfert en reportant sur glace bien plane.

Le plus souvent le positif sera obtenu en copiant le négatif à la chambre noire : on opérera sur une glace soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par le procédé du collodion humide, soit par les divers procédés de collodion sec. Le procédé au tannin est l'un de ceux qui fournissent les meilleurs résultats.

242. Préparation de la plaque de cuivre. — On se procure des plaques de cuivre planées, dressées, exemptes de défaut et parfaitement polies : on désigne sous le nom de *poli rouge* le poli qu'elles doivent posséder. On les nettoie avec de la craie en poudre impalpable et de l'alcool méthylique ; puis on les immerge dans une cuvette de porcelaine contenant une solution de 50 grammes de cyanure de potassium dans un litre d'eau ; après quelques minutes d'immersion en remuant constamment la cuvette, on lave la planche à grande eau ; puis on les plonge dans une cuvette contenant 10 grammes d'acide nitrique pour un litre d'eau ; l'immersion

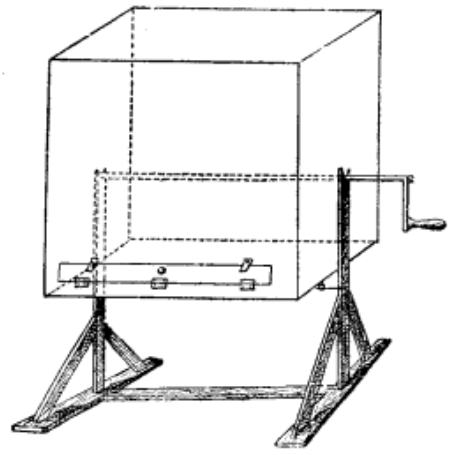


Fig. 167

dans ce second bain ne doit pas être prolongée plus de deux minutes ; on retire la planche, on la lave, on laisse égoutter légèrement et l'on sèche la surface du métal avec un tampon de toile fine ou de papier de soie. On obtient ainsi une surface très homogène sur laquelle l'ha-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leine de l'opérateur doit se condenser en une nappe unie sans stries.

La boîte à grainer (fig. 167) garnie soit de bitume, soit de résine blanche en poudre, doit être placée à l'abri de l'humidité ; elle ne doit pas contenir une trop grande quantité de résine, mais une dose telle que toute la poudre puisse être mise en mouvement pendant l'opération. On frappe contre les parois de la boîte de façon à détacher la poudre qui pourrait y être fixée. Après avoir arrêté soit le moulin, soit l'injecteur d'air, on attend environ deux minutes pour permettre aux particules les plus grossières de se déposer.

Les plaques à grainer sont déposées sur une planche de bois mince, doublée de papier très propre ; on époussette le cuivre à l'aide d'un blaireau et on on les introduit dans la boîte à grainer. Les meilleurs poudrages s'obtiennent à l'aide de plusieurs couches superposées : on reçoit sur la couche une première couche de grains gros et écartés ; on introduit une seconde fois, une troisième, une quatrième, etc., en laissant séjourner de quinze à vingt minutes les planches dans la boîte à grainer

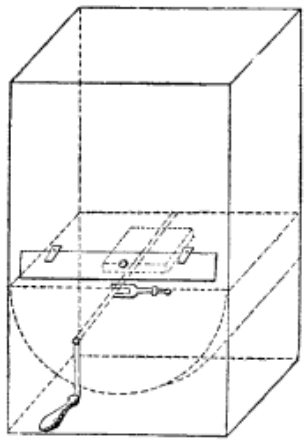


Fig. 168

(fig. 168). Avant chaque introduction on attendra de une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à deux minutes et demie suivant la finesse de poudre que l'on veut recueillir.

Ces opérations doivent être faites avec soin et propreté : il faut éviter que tout corps étranger à la poudre résineuse vienne se déposer à la surface des cuivres : aussitôt qu'on les a retirés de la boîte à grainer on les recouvre avec des couvercles de boîte qui les abritent ainsi des poussières. Les peluches microscopiques que l'on aperçoit quelquefois après la cuisson du grain peuvent être enlevées à l'aide d'une aiguille emmanchée et du blaireau.

243. Cuisson du grain. — La surface du cuivre étant régulièrement grainée on fait *cuire le grain*. On arrive à ce résultat en chauffant la planche jusqu'au point où chaque particule se soude soit au cuivre, soit aux particules voisines ; il faut éviter que la résine coule partiellement ou se répande en totalité : si cet insuccès se produisait on constaterait l'apparence de rides vermiculées à la surface de la planche ; les opérateurs désignent cet insuccès sous le nom de vermicelage.

La cuisson du grain s'effectue soit sur une table à chauffer qui est formée par une plaque de fonte bien dressée supportée par quatre pieds entre lesquels se trouve une rampe à gaz, soit sur une tournette spéciale : ce dernier appareil est constitué par un plateau de fonte dont le dessus est tourné et poli, placé rigoureusement de niveau, susceptible de tourner autour d'un axe vertical et pouvant être chauffé à l'aide de rampes à gaz. Quel que soit l'appareil employé il doit être mis à l'abri des poussières à l'aide d'une cage de bois munie de portes vitrées permettant l'introduction des planches. On chauffe la plaque de fonte à la température de 90° C. température que l'on détermine à l'aide d'un thermomètre placé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la plaque de fonte. On place les planches de cuivre grainées sur la table de fonte chauffée et l'on surveille attentivement la transformation. L'aspect blanc de la poudre ne tarde pas à disparaître pour faire place au rouge jaunâtre de la coloration primitive du métal, mais cette coloration est comme voilée : elle est terne, mate. C'est à ce moment précis qu'il convient d'arrêter l'action de la chaleur. On enlève rapidement la planche de cuivre et on la pose sur une table à refroidir constituée soit par une dalle de marbre, soit par une plaque de fonte : on obtient ainsi un refroidissement brusque de la résine. On s'assure ensuite que le grain adhère au cuivre : il suffit pour cela de gratter vers les bords de la plaque, la résine doit résister. On vérifie à la loupe l'état général du grain et on retouche à l'aiguille les cuivres nécessitant l'époussetage et l'épluchage. On conserve les planches dans une armoire qui les préserve de la poussière et de l'humidité.

Les planches de cuivre grainées doivent recevoir l'image photographique qui doit former les réserves et empêcher l'attaque du métal par les mordants. Cette image peut être obtenue séparément et reportée sur la planche de cuivre ; ou bien on recouvre le métal d'une mixtion sensible, on fait sécher et on expose à la lumière sous le positif.

Dans le premier cas on utilise le procédé au charbon ; on trouve dans le commerce des feuilles de mixtion spécialement préparées pour la photoglyptographie ; elles sont désignées sous le nom de papier spécial pour photogravure. Ce papier est sensibilisé à la façon habituelle, séché et exposé à la lumière sous le positif, dans un châssis-presse. La durée d'exposition se détermine à l'aide du photomètre ; elle est d'ailleurs la même que s'il s'agissait d'obtenir une bonne photocopie au charbon. Après l'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

solation, on reporte la feuille mixtionnée sur la planche de cuivre grainée ; on dépouille l'image à l'eau chaude et l'on obtient à la surface de la plaque de cuivre une image négative ; la planche est alors prête à être gravée. On préserve les marges et le dos de la plaque de cuivre avec du vernis à la gomme laque, ou avec un mélange de cire et de paraffine. Ce procédé est d'une exécution plus facile que le suivant.

Si l'on veut préparer la couche sensible à la surface de la planche on fait dissoudre 120 grammes de gélatine Nelson n° 1, préalablement gonflée dans un litre d'eau ; on ajoute 20 gouttes de glycérine et un litre d'une dissolution contenant 20 grammes de bichromate de potasse et 20 grammes de bichromate d'ammoniaque. Ces deux solutions chauffés à 30° centigrades sont filtrées, mélangées, puis filtrées de nouveau en recueillant le liquide dans des récipients qui servent à le verser directement sur les planches de cuivre. Il faut environ 250 cc. de liquide pour recouvrir une planche du format 50 × 60. La planche de cuivre est placée sur la tournette chauffée à une température de 40° C. environ ; on passe le blaireau à la surface de la planche et l'on verse la mixtion bichromatée sur la planche de cuivre que l'on a placée sur l'extrémité des doigts de la main gauche. Il faut éviter la production de bulles d'air pendant cette opération. La planche étant régulièrement couverte est replacée sur la tournette avec interposition d'une feuille de papier buvard ; on tourne lentement pour régulariser la couche ; l'eau s'évapore peu à peu ; on peut accélérer le mouvement vers la fin de l'opération. La première couche étant sèche, et cette couche doit être plutôt faible, on applique une seconde couche dont l'épaisseur sera déterminée par la nature du positif : s'il est léger la couche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de mixtion bichromatée sera épaisse ; au contraire un positif vigoureux donnera de meilleurs résultats avec une couche mince. La seconde couche sera appliquée sur la première et on abaissera la température de la tournette à laquelle on donnera un mouvement assez lent pendant cinq à six minutes ; au bout de ce temps on peut tourner assez rapidement jusqu'à ce que la couche soit complètement sèche. Un mouvement de rotation trop rapide fait accumuler la gélatine sur les bords et provoque la formation de cernes. Les plaques préparées peuvent être conservées pendant trois ou quatre jours pendant l'hiver.

Lorsque l'on étend la dissolution sur plaque il convient d'opérer à une lumière jaune ou à une faible lumière blanche ; quand la couche est sèche elle est fort sensible à la lumière et le laboratoire ne doit être éclairé que par la lumière jaune, ou la lumière d'une bougie.

Le positif est appliqué sur le cuivre du côté de la couche sensible, on retourne le tout et on le pose sur la glace du châssis à imprimer, le cuivre étant en dessus ; on recouvre celui-ci d'un feutre peu épais ou de feuilles de papier, puis on place le couvercle du châssis et l'on serre les vis de celui-ci de manière à obtenir un contact aussi parfait que possible entre le positif et le cuivre.

244. Exposition à la lumière. — On peut exposer soit à la lumière du jour, soit à la lumière électrique ; par l'emploi d'un châssis à courant d'eau (fig. 169) ; dans le premier cas l'insolation est déterminée par le photomètre ; dans le second cas, comme l'intensité de la lumière électrique peut être réglée et que l'on connait la nature du positif à imprimer, on peut déterminer très exactement la durée du temps de pose. Après l'insolation

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on sépare le cuivre du positif en évitant de frotter la couche. Si celle-ci paraît en bon état on la pose sur une table et à l'aide d'un tire-lignes chargé d'encre au bi-

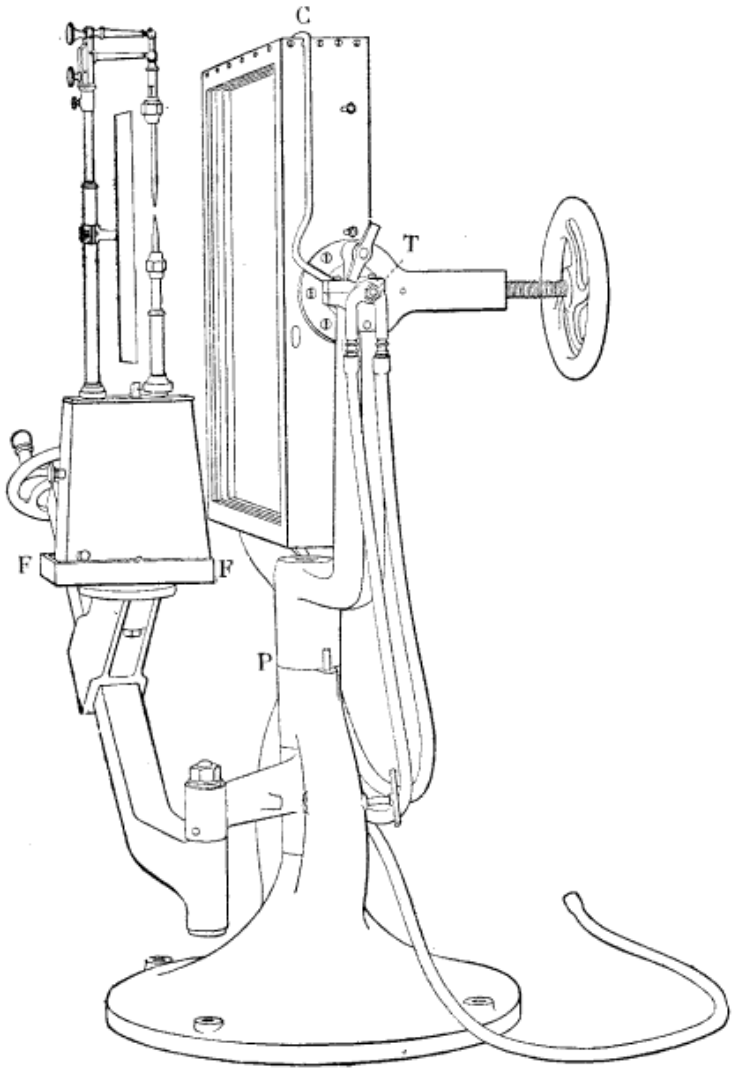


Fig. 169

tume on trace les lignes délimitant l'image ; à l'aide d'un pinceau on couvre de bitume les marges ; en général on admet que les marges latérales à droite et à gauche du sujet doivent être égales en largeur à la marge supérieure, qui doit être d'un tiers moindre que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la marge inférieure qui contient les titres et légendes.

Toutes les parties de la plaque qui ne doivent pas être mordues sont recouvertes de solution de bitume ; lorsque ce bitume est sec on place des boudins de cire sur le bord de la plaque de façon à former cuvette pour retenir les mordants à sa surface sans qu'ils puissent se répandre en dehors de la plaque ; on donne à l'angle droit inférieur de la plaque la forme d'un bec de façon à rejeter facilement le bain quand il a agi ; on peut alors procéder à la morsure qui doit être faite avec soin.

La morsure s'effectue avec une dissolution de perchlorure de fer. On commence l'opération avec une dissolution concentrée pour terminer avec une dissolution plus faible ; nous supposerons que la couche sensible a été préparée sur le cuivre grainé.

Le premier bain de perchlorure de fer doit marquer 42 à 43° à l'aréomètre de Beaumé. La durée d'action de ce bain varie avec la température : à 10° centigrades la durée d'action peut être de vingt à vingt-cinq minutes si le temps d'insolation a été exact ; à 20° centigrades l'action est suffisamment complète en cinq minutes : les grands noirs du sujet commencent à être gravés ; on remplace le mordant à 42° par du mordant à 41-60° ; on maintient pendant douze ou quinze minutes ce mordant qui creuse les parties correspondant aux demi-teintes sombres en même temps que les grands noirs ; on remplace ensuite le mordant à 40° par celui à 38° qui ne doit agir que pendant quelques instants ; on le remplace par celui à 40° ou même par celui à 43° qui a pour effet d'enrayer l'envahissement trop rapide des grands blancs : aussitôt que ces blancs se salissent il convient de laver très fortement sous le robinet d'eau et au besoin on soumet la planche à l'action d'un bain de potasse légèrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chauffé ; on lave ensuite, puis on nettoie et l'on décape l'image mordue.

La morsure de la plaque est une opération qui présente certaines analogies avec le développement d'une plaque au collodion sec ou au gélatino-bromure. On ne doit pas oublier que plus faible est le degré (ou la densité) du perchlorure, plus il pénètre facilement ; par conséquent la durée de la morsure doit être d'autant plus réduite que le nombre des morsures s'accroît. Le perchlorure de fer produit en agissant sur le cuivre une coloration d'un brun presque noir qui finit par envahir les blancs.

245. Nettoyage de la planche. — Pour nettoyer la planche on enlève la cire à border et on lave la planche avec un mélange d'essence de térébenthine et de benzine ; on complète ce nettoyage en lavant avec un mélange de potasse et d'essence de pétrole ; on frotte doucement avec un chiffon doux et l'image apparaît très nette ; on lave à l'eau, on frotte la planche avec le plat de la main, on lave à la potasse pure et finalement à l'eau. Enfin on fait passer la plaque dans le bain de cyanure qui fait disparaître toutes les taches ; on lave à l'eau et on sèche avec des tampons de papier de soie.

Si l'on a dépouillé une image au charbon sur la plaque de cuivre poli et grainé, on peut faire subir au cuivre l'action de cinq bains de morsure dont le titre peut varier suivant la température ; les titres de ces bains varient de 45° à l'aréomètre Beaumé jusqu'à 27°. Le nettoyage de la planche s'effectue comme nous l'avons indiqué.

246. Retouche de la planche. — Il convient de passer à la térébenthine et au rouge d'Angleterre la surface de la planche de façon à donner au cuivre un beau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poli : mais il ne faut pas abuser de l'emploi du rouge qui peut faire disparaître les demi-teintes.

On fait usage du brunissoir s'il y a lieu de modifier soit les clairs, soit les grandes lumières ; on retouche à la roulette les parties les plus vigoureuses ; ce travail nécessite du soin et de l'habileté de la part de l'opérateur.

On peut d'ailleurs constater l'état d'avancement de la planche en tirant une épreuve d'essai : on encre avec un chiffon imprégné de noir de fumée délayé dans de l'huile d'olive et finement broyé : on essuie la planche d'abord à l'étamine apprêtée, puis avec de la ouate et on y passe la paume de la main très légèrement recouverte de blanc d'Espagne ; cela fait on encre la planche, on la nettoie et l'on applique le papier qui relève l'encre.

Un moyen moins expéditif, mais qui permet de se passer d'une presse spéciale consiste à encrer et essuyer la planche à l'étamine, puis la recouvrir de collodion normal contenant 3 pour 100 de coton-poudre ; la couche de collodion ayant fait prise, on la lave pour éliminer complètement l'éther et l'alcool, puis on l'introduit dans une cuvette contenant de l'eau et on immerge un morceau de papier gélatiné, coupé à la dimension voulue pour recouvrir entièrement l'image ; on place le papier sur la partie gravée, on retire le tout de la cuvette, on applique plusieurs doubles de papier buvard et on enlève l'excès d'eau en passant la raclette ; on laisse sécher, on détache le papier qui s'est collé au collodion qui entraîne l'image ; d'après cette épreuve on voit quelles sont les retouches à faire.

247. Aciérage de la planche. — Si la planche doit fournir un grand nombre d'épreuves, il faut recouvrir le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre d'une couche d'acier : le cuivre, en effet, est relativement mou et une bonne planche, non aciérée, n'est pas susceptible de fournir un tirage supérieur à une centaine d'épreuves : même dans ces conditions les dernières épreuves sont loin d'être aussi satisfaisantes que les premières. On ne rencontre pas le même inconvénient si la planche est aciérée : la résistance de la mince couche de métal déposée à la surface du cuivre lui permet de résister à l'action de l'encrage, de l'essuyage et de la presse.

La planche est d'abord nettoyée à la brosse, puis au chloroforme et enfin à la potasse ; on avive une petite partie du dos de la plaque et l'on y soude un fil de cuivre. La solution aciérante est composée de 150 grammes de chlorure d'ammonium, 192 grammes de sulfate de fer et d'ammoniaque et un litre d'eau. On filtre après dissolution et on laisse reposer pendant vingt-quatre heures. La plaque de cuivre nettoyée est reliée au fil communiquant avec le pôle négatif de la pile et une plaque d'acier pur, de la même dimension que la plaque de cuivre, communique avec le pôle positif. L'opération dure de trois à cinq minutes; la plaque aussitôt qu'elle est aciérée est lavée et séchée, puis passée au blanc. Le fil de cuivre soudé au dos est dessoudé, on gratte la soudure, et après avoir graissé la surface pour la préserver de la rouille on livre la plaque à l'imprimeur. Si l'on constate que le désaciérage commence à se produire, ce que l'on reconnaît surtout dans les blancs et marges de l'épreuve, on arrête l'impression et on acière de nouveau.

248. Retouche. — L'épreuve d'essais peut indiquer que toute la planche manque de creux; dans ce cas il faut faire une morsure supplémentaire. On décape à nouveau la planche, et avec le rouleau spécial on encre la plaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec une encre de réserve contenant 30 grammes de bitume de Judée en poudre, 6 grammes d'huile de lin, 6 grammes de cire jaune, 6 grammes de térébenthine de Venise, 3 grammes d'huile d'olive, 3 grammes d'encre de report et 100 grammes d'essence de lavande naturelle. A l'aide d'un pinceau on couvre de bitume toutes les parties qui ne doivent pas être mordues à nouveau. On procède alors à un poudrage, on cuit le grain et on mord à nouveau avec du perchlorure de fer à 43°. C'est seulement après la morsure supplémentaire que la planche peut être retouchée.

§ 3. — PHOTOGLYPTOGRAPHIE PAR MOULAGE

Dans le procédé Woodbury, peu employé aujourd'hui, on utilise un relief en gélatine pour obtenir un moule métallique dans lequel on coule une encre transparente, les différences d'épaisseur de cette encre formant les demi-teintes. On peut mouler par la galvanoplastie ce relief et si par un moyen convenable il *présente un grain* il peut servir pour l'impression en taille-douce. La présence du grain est indispensable; en effet si les creux d'une planche Woodbury étaient garnis d'une encre grasse semblable à celle utilisée en taille-douce, ils ne donneraient que des plaques de noir et de blanc sans aucune demi-teinte.

Ce procédé exige donc l'emploi de la galvanoplastie, ce qui implique une durée assez longue des opérations; la formation d'un grain peut être réalisée de bien des manières. Un procédé assez pratique consiste à mélanger à la gélatine qui forme les reliefs une poudre de sable fin. Le relief est préparé comme à l'ordinaire. La présence du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sable donne au produit de cette opération un aspect granuleux qui rappelle le pointillé des gravures ordinaires. C'est sur cette gélatine que l'on comprime une couche de gutta-percha plombaginée ; la gutta-percha sert à tirer par la galvanoplastie un contre-moulage en cuivre que l'on utilise pour la formation de la planche de tirage: il faut bien entendu que le dépôt de cuivre se fasse très lentement pour que la planche résiste suffisamment à la pression lors du tirage que l'on fait précéder de l'aciérage comme à l'ordinaire.

On peut aussi recouvrir de sable fin le relief de gélatine lorsqu'il est encore humide. Le grain est plus profond dans les ombres où le sable pénètre plus profondément dans les parties les plus épaisses de la gélatine à mesure qu'elle se contracte en se séchant ; il est moins profond dans les lumières constituées par une couche de gélatine moins épaisse.

Le sable que l'on utilise est préparé en le mélangeant à une petite quantité de matière grasse (cire, paraffine, stéarine, etc.) et chauffant doucement; quand le mélange est intime, on retire du feu et on agite vivement jusqu'à ce que toute la masse soit refroidie. On enduit les reliefs humides avec un excès de ce sable; quand ils sont secs il suffit de brosser légèrement le relief pour éliminer la presque totalité du sable ; on l'élimine complètement en l'immergeant dans l'eau. Lorsque le sable est éliminé on fait sécher le relief: on peut alors en exécuter le moulage par voie galvanoplastique.

La lenteur des opérations qu'entraîne la mise en œuvre de ce procédé de photoglyptogravure fait qu'il est moins utilisé que ceux que nous avons décrits en premier lieu ; c'est en général au procédé par grainage du cuivre que l'on donne la préférence dans l'industrie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V

IMPRESSIONS TRICHROMES

§ 1. — PRODUCTION DES NÉGATIFS

249. Principes de la méthode indirecte de reproduction des couleurs. — Dans le procédé trichrome on admet que toutes les couleurs de la nature sont formées de trois couleurs primitives, rouge, jaune et bleu ; par leur dégradation et leurs combinaisons ces couleurs représentent l'infinie variété de tons appréciée par nos yeux. Il suffira donc pour reproduire un modèle coloré de faire trois négatifs, l'un des parties rouge, l'autre des parties jaunes, le troisième des parties bleues ; cet isolement des couleurs élémentaires se fera par interposition d'écrans colorés entre le sujet et les plaques sensibles. Des trois négatifs on imprimera trois positifs transparents respectivement rouge, jaune et bleu : leur superposition reproduira les diverses teintes du modèle.

Il faut donc superposer trois monochromes avec un repérage parfait : au point de vue des tirages industriels, les principales difficultés résident et dans ce repérage et dans le choix des encres à employer.

Le procédé trichrome comporte trois séries d'opérations. 1° l'analyse des couleurs ; 2° la production des planches monochromes ; 3° le tirage de ces trois planches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

250. Analyse des couleurs. — Deux facteurs extrêmement importants interviennent dans la sélection des couleurs ; ce sont la sensibilité des plaques et la couleur des écrans. Dans le but de diminuer la durée du temps de pose il convient d'employer des écrans aussi peu colorés que possible ; les plaques que l'on utilise doivent présenter une sensibilité aussi grande que possible pour les radiations vertes, orangées et violettes et au contraire le minimum de sensibilité pour les autres régions du spectre.

Les écrans colorés que l'on emploie se placent à la suite l'un de l'autre sur un écran à coulisse que l'on place derrière l'objectif. Ces écrans se préparent de la manière indiquée plus haut et que nous reproduisons ici. Des glaces à faces parallèles de 2 millimètres d'épaisseur et très propres sont recouvertes d'une couche d'une solution à 10 pour 100 de gélatine aussi bien filtrée que possible ; après avoir versé environ 5 centimètres cubes de solution de gélatine par décimètre carré de superficie on fait prendre en gelée sur une table horizontale refroidie et l'on fait sécher à l'abri de la poussière ; on teint ensuite cette gélatine à l'aide de bains ramenés à la température de 20° centigrades et dans lesquels les glaces gélatinées sont plongées pendant cinq minutes. Les bains doivent être constamment agités pendant la teinture ; après cinq minutes d'immersion, les glaces sont retirées, lavées sommairement pour éliminer l'excès de solution colorante et mise à sécher.

Les matières employées sont : 1° le bleu de méthylène nouveau N qui n'est autre que le chlorozincate du diéthylparamidocrésylthiazine de la fabrique Casella ; 2° le jaune auramine G : c'est la chlorhydrine de l'amido-diméthylparadiamido-ortho-dicrésylméthane de la Badische Anilin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

und Soda Fabrik ; 3° jaune de métanile : c'est le phényl-amidoazobenzène métasulfonate de sodium de Nœlting : c'est la tétraiodofluorescéine.

On obtient le bain vert en mélangeant 5 centimètres cubes d'une solution de bleu de méthylène à un demi pour cent et 30 centimètres cubes d'une solution d'auramine G à un demi pour cent.

Le bain bleu violet se prépare avec une solution de bleu de méthylène à un demi pour cent que l'on étend de son volume d'eau.

Le bain orangé est préparé avec 18 centimètres cubes d'une solution d'érythrosine à un demi pour cent et 20 centimètres cubes d'une solution de jaune métanile saturée à 15° centigrades.

Pour arriver à l'intensité de couleur qui convient et afin d'assurer la conservation des écrans, les glaces teintes sont collées deux à deux, couche contre couche, au moyen d'une solution concentrée et visqueuse de baume du Canada dans le chloroforme.

251. Confection des négatifs. — Les plaques photographiques à employer sont les plaques Lumière série A, sensibles au vert, série B sensibles au rouge et à l'orangé et enfin les plaques bleues ; pour l'emploi des plaques A on éclaire le laboratoire à la lumière rouge ; pour les plaques B et pour les bleues on s'éclairera à la lumière verte.

Il faut poser dix ou douze fois plus avec les écrans orangé et vert qu'avec l'écran bleu violet. L'écran bleu violet est employé avec la plaque étiquette bleue, l'écran vert avec la plaque série A, et l'écran orangé avec la plaque série B.

On utilise une chambre noire très solidement fixée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur son pied de façon à ne pas subir de déplacement au moment de la substitution des plaques et des écrans correspondants. Les trois châssis portant les trois plaques sont montées dans un chariot à glissière, analogue à celui que l'on utilise pour les multiplicateurs à portraits. On évite ainsi toute perte de temps ce qui permet de ne pas tenir compte des faibles variations d'éclairage d'un paysage ensoleillé; il convient d'employer un objectif aussi lumineux que possible pour réduire la durée du temps de pose; enfin il faut éviter aussi complètement que possible le halo ; on enduira les plaques des préparations spéciales pour cet objet, dites anti-halo.

Le développement doit être conduit de façon à éviter le voile de l'image ; les révélateurs qui conviennent sont ceux qui fournissent des négatifs doux sans empâtement des demi-teintes ; l'amidol fournit les meilleurs résultats. L'on doit s'attacher à obtenir des négatifs bien limpides, bien homogènes et sans aucune tache; ceux qui sont durs doivent être rejetés.

Les retouches des négatifs ne doivent porter que sur les accidents tels que trous, piqûres, provenant de poussières, rayures, etc. ; elles doivent être réduites au minimum.

§ 2. — PRODUCTION DES POSITIFS TRICHROMES

252. Tirage phototypographique en couleurs. — Dans les procédés d'impression en trois couleurs, l'emploi de la trame entraîne un léger alourdissement des teintes, inconvénient qui est négligeable dans le cas de reproductions industrielles. La substitution d'un grain de réserve très fin à la trame constitue l'une des solutions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du problème de l'impression en trois couleurs : les trois négatifs sont imprimés sur planche photocollographique de grain convenable ; l'impression obtenue est directement transportée sur métal, retouchée et mordue ; on imprime avec les encres de couleur.

Les clichés sur zinc obtenus d'après les trois images sont encrés respectivement avec des encres rouge, jaune et bleue : le repérage exact est la partie délicate du procédé. Il convient de ne pas confondre les monochromes ; on encre avec de l'encre rouge le zinc provenant du négatif obtenu avec l'écran vert ; on imprime avec de l'encre bleue celui qui correspond au négatif produit à l'aide de l'écran orangé ; enfin on réserve l'encre jaune pour celui qui se rapporte au négatif pour lequel on a employé l'écran violet. Les encres utilisées doivent être aussi transparentes que possible.

253. Procédé trichrome par superposition. — On peut superposer trois pellicules convenablement teintes et correspondant à chacun des négatifs ; dans ce but on imprime sous chacun des négatifs une pellicule de gélatine sensibilisée au bichromate de potasse ; on dépouille à l'eau chaude, on lave d'abord à l'eau froide, puis à l'alcool et on fait sécher. Les images incolores ainsi obtenues sont immergées dans des bains de teinture respectivement rouge, jaune et bleu. Les matières colorantes employées sont : 1° l'érythrosine J ou tétraiodofluorescéine ; 2° le bleu pur diamine FF ou diméthoxydiphénylebisazoamidonaphtol tétrasulfonate de sodium amidonaphtol ; 3° la chrysophénine G ou stilbène disulfonate de sodium biazobiphènetol. Le bain rouge contient 25 centimètres cubes de solution d'érythrosine à 3 p. 100 et un litre d'eau ; le bain bleu renferme 50 centimètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cubes de solution de bleu pur diamine F à 3 p. 100, 70 centimètres cubes de solution de colle forte à 15 p. 100 et un litre d'eau. On prépare le bain jaune en faisant dissoudre à la température de 70° 4 grammes de chrysophénine G et ajoutant 200 centimètres cubes d'alcool.

La coloration des monochromes exige environ douze heures d'immersion pour être complète ; on lave les plaques à l'eau froide pour enlever l'excès du bain de teinture ; on fait sécher les monochromes jaunes, tandis que les rouges et les bleus sont préalablement immergés dans une solution de sulfate de cuivre à 5 pour 100, puis rincés de nouveau.

Les trois pellicules provisoirement fixés sur un verre par report et colorées doivent être superposées : on fait d'abord un premier essai en disposant sur deux supports A et B (fig. 170) placés sur une feuille de papier d'abord

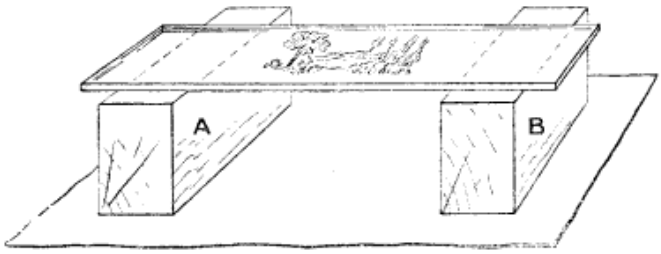


Fig. 170

le monochrome jaune, puis celui qui supporte le monochrome bleu que l'on place sur le premier, puis enfin le monochrome rouge : on examine perpendiculairement à la surface de l'épreuve. On augmentera si c'est nécessaire l'intensité d'une ou deux des images en les immergeant de nouveau dans les bains de teinture : par exemple si l'épreuve est trop verte on renforcera le monochrome rouge ; au contraire on pourra affaiblir les monochromes jaune et rouge par simple lavage à l'eau ; on affaiblira

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'intensité du bleu en le plongeant dans une solution de 10 grammes de gélatine pour un litre d'eau.

On peut d'ailleurs retoucher localement à l'aide d'un pinceau imbibé d'eau; si la correction à faire sur le monochrome rouge est un peu forte on retouche avec de l'eau contenant 5 pour 100 d'ammoniaque; on renforcera au contraire avec une solution plus ou moins concentrée d'éosine.

Le jaune et le bleu ne peuvent être renforcés localement au pinceau; seul le jaune peut être affaibli à l'eau pure.

Après correction les monochromes sont passés au sulfate de cuivre et séchés. On recouvre la surface des trois images de la solution de caoutchouc à 1,5 pour cent dans la benzine, puis après séchage, de collodion à 1 pour cent.

Pour coller les pellicules l'une sur l'autre on utilise un support provisoire constitué par une feuille de beau papier couché coupé à la dimension convenable. Ce papier est collé sur le monochrome jaune à l'aide d'une solution de 150 grammes de colle forte dans un litre d'eau; on laisse sécher, on décolle le papier qui entraîne l'épreuve et on la colle, en repérant exactement, sur le monochrome bleu, à l'aide d'une solution de 120 grammes de gélatine dure, 50 grammes de glycérine dans un litre d'eau. Le repérage se fait au sein de ce liquide placé dans une cuvette en faisant glisser sur le verre le papier portant le monochrome jaune. On laisse sécher, on décolle de nouveau et on répète la même opération pour le verre sur lequel se trouve le monochrome rouge, en se servant de la même solution glycérinée; on décolle enfin le papier sur lequel on a l'image complète avec toutes ses couleurs.

On peut la reporter sur verre pour l'examiner par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transparence ; il suffit pour cela de la coller sur un verre bien propre avec la solution de gélatine glycérinée ; lorsque le tout est sec on enlève le papier à l'eau tiède car la colle forte est beaucoup plus soluble que la gélatine : ces images vues par transparence doivent être intenses : les manipulations pour les obtenir sont moins délicates que celles relatives aux épreuves sur papier.

BIBLIOGRAPHIE

ALTISHOFER. — Les procédés.
BONNET. — Manuel d'héliogravure et photogravure en relief.
— Manuel de pototypie.
CRONENBERG (W.). — La pratique de la phototypogravure américaine.
FORTIER. — La photolithographie.
GEYMET. — Traité pratique de gravure et impression sur zinc.
LAYNAUD. — La phototypie pour tous.
MONROCQ. — Manuel pratique de lithographie sur zinc.
MONET. — Procédés de reproductions graphiques.
SCHILTZ. — Manuel pratique d'héliogravure en taille-douce.
VERFASSER (J.). — La phototypogravure à demi-teintes.
VIDAL (L.). — Traité pratique de photolithographie.
— Traité pratique de phototypie.
— Traité pratique de photoglyptie.
— Traité pratique de photogravure en relief et en creux.
VOIRIN (E.). — La phototypie.
TRUTAT (E.). — Impressions photographiques aux encres grasses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUIÈME PARTIE

PROJECTIONS AGRANDISSEMENTS

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE PREMIER

MATÉRIEL POUR PROJECTIONS

§ 1. — LANTERNES A PROJECTION

254. Lanterne magique. — La lanterne magique est le plus simple des appareils de projections : on sait que cet instrument d'optique permet de former à distance sur un écran disposé à cet effet, une image agrandie d'un objet quelconque placé à l'intérieur de l'appareil.

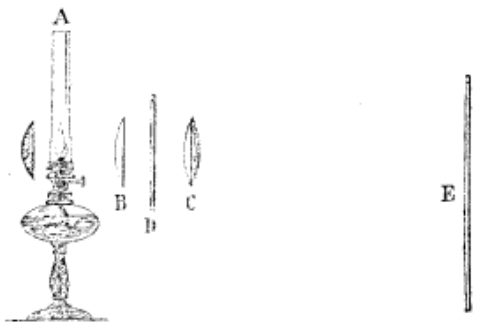


Fig. 171

L'objet étant placé en D (fig. 171), une source d'éclairage A envoie la lumière sur un condensateur B éclairant l'objet ; l'image réelle de cet objet est formée par un objectif C et vient se peindre sur l'écran E, de dimension considérablement agrandie par rapport à celle de l'objet, ce qui implique l'emploi d'une source lumineuse puissante ; on voit donc qu'en théorie l'appareil de projection ne diffère pas de la lanterne magique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

255. Lanterne à projection. — La lanterne à projection est formée d'une boîte en tôle de fer ou de cuivre

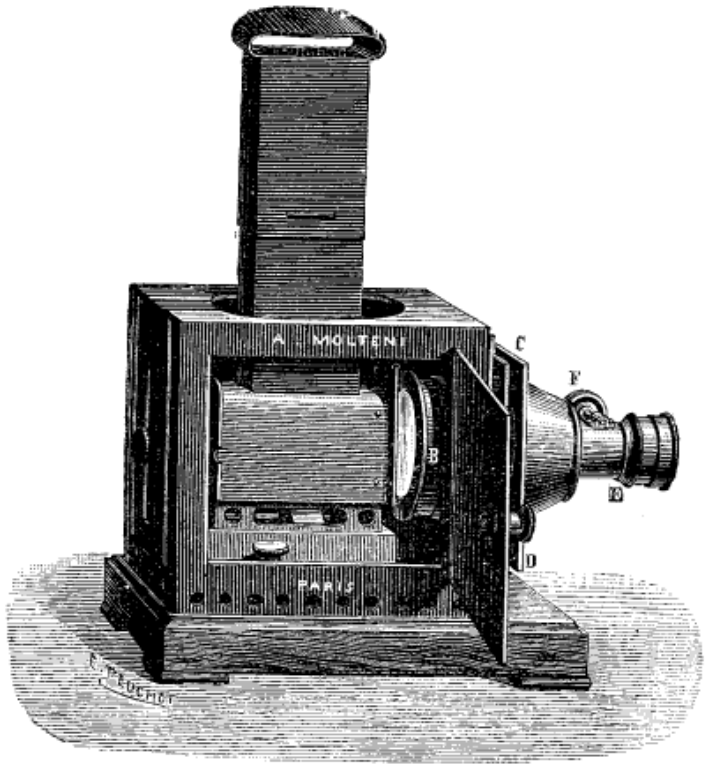


Fig. 172

(fig. 172) munie d'une cheminée pour laisser passer les produits de la combustion ; elle est munie d'un conden-

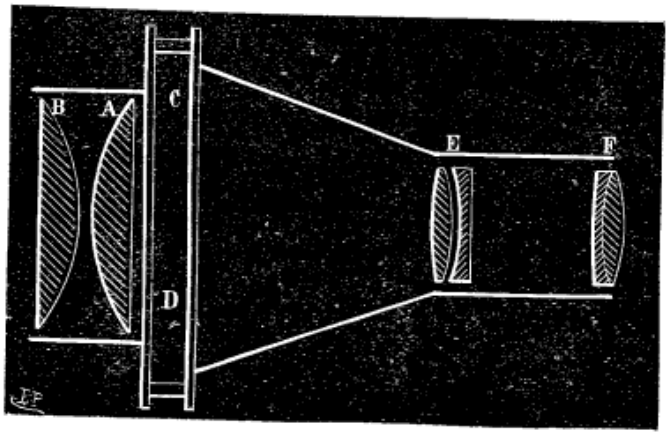


Fig. 173

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sateur B destiné à concentrer la lumière sur l'image à projeter placée en CD et d'un objectif EF. Le condensateur est achromatique : il est composé de deux lentilles plan convexe AB (fig. 173). L'objectif est établi d'après les principes utilisés dans la construction des objectifs à portraits : un bon objectif à portraits, de la dimension dite quart de plaque constitue en général un excellent

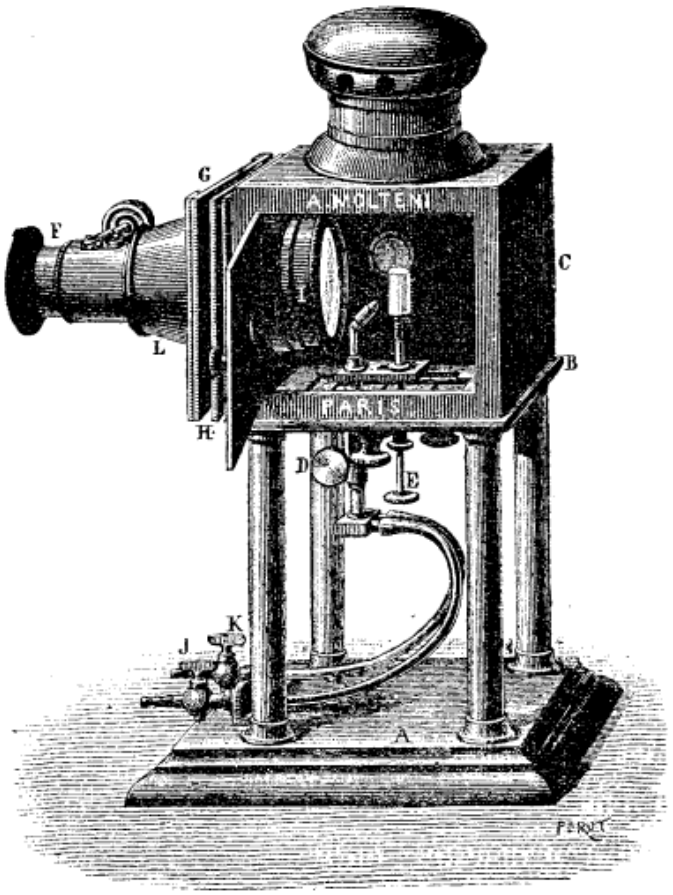


Fig. 174

objectif pour appareil à projection : il est très important que cet objectif soit aussi exempt que possible d'aberration sphérique suivant l'axe et que son ouverture soit très grande. Cet appareil est disposé pour l'éclairage au pétrole. Quand on utilise la lumière oxydrique ou la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumière électrique, source d'éclairage qui donne une grande chaleur, on modifie la disposition de la boîte métallique qui est alors montée sur des colonnes de laiton (fig. 174). Pour la projection des objets placés horizontalement, on enlève le cône de projection que l'on remplace par un support à réflexion totale : il renferme une glace

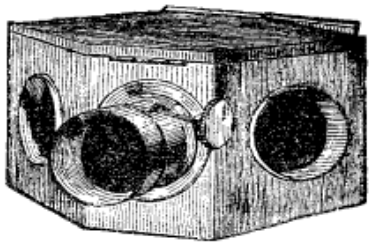


Fig. 175

inclinée à 45° (fig. 175) sur laquelle sont dirigés les rayons lumineux de l'appareil ; ces rayons sont réfléchis sur l'objectif disposé verticalement : ce dernier les projette sur une seconde glace qui renvoie l'image directement sur l'écran.

256. Vues fondantes. — Les diapositives à projeter sont placées dans un porte-épreuve à coulisse permettant de faire succéder très rapidement une épreuve à l'autre ; ces changements sont toujours un peu brusques et ne remplacent pas les *vues fondantes* ; avec le polyorama ou appareil à projection double, l'écran est occupé d'une manière continue ; les projections se succédent sans interruption en se fondant, pour ainsi dire, l'une dans l'autre, l'une s'éteignant pendant que l'autre acquiert plus de vigueur ; à l'aide de ces appareils on peut montrer les diverses phases d'un phénomène, ou superposer plusieurs images dont la réunion sur l'écran doit produire un effet déterminé. On arrive à ce résultat en uti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lisant deux ou plusieurs lanternes dirigées vers le même point de la toile (fig. 176). Deux diaphragmes E

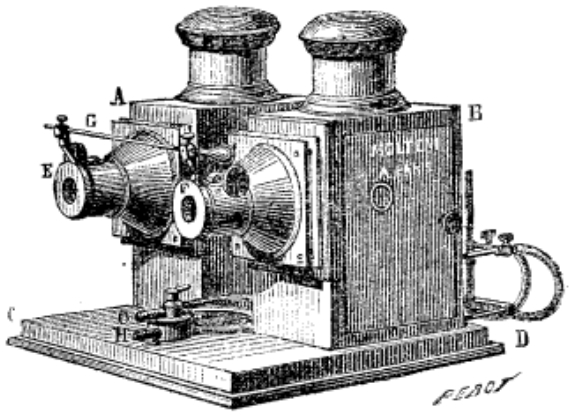


Fig. 176

et F sont disposés de telle sorte que pendant la fermeture de A, le diaphragme B s'ouvre progressivement ; la première image disparaîtra insensiblement pendant que la seconde deviendra de plus en plus visible et finira par occuper l'écran. On peut aussi, à l'aide d'un jeu de robinets spéciaux, faire éteindre l'éclairage de l'un des appareils pendant que l'on rallume l'autre ; mais ce moyen économique n'est pas très pratique, surtout avec la lumière oxydrique à cause du bruit que produit souvent la combustion de l'hydrogène et de l'inégalité d'éclairage des appareils.

§ 2. — ECLAIRAGE DES APPAREILS

257. Eclairage à l'huile. — La lampe à huile est très peu employée pour l'éclairage des projections car il est assez difficile de trouver de l'huile et des mèches de bonne qualité ; on utilise surtout les lampes Carcel et pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

augmenter la puissance de la lumière on fait dissoudre dans un litre d'huile environ 100 grammes de camphre. La mèche doit être neuve, coupée bien nette et bien unie afin qu'aucun fil ne dépasse ; on y parvient en laissant brûler la lampe munie de son verre pendant quelques instants, on l'éteint et on coupe la partie carbonisée de la mèche sans atteindre jusqu'à la partie blanche.

Une lampe parfaitement réglée à l'extérieur de l'appareil, file quand elle est en dehors de la boîte ; il faut donc la régler de temps en temps ; le verre doit être d'une extrême propreté.

L'emploi de l'huile présente l'inconvénient de fournir un éclairage de faible intensité.

258. Eclairage au pétrole. — La combustion du pétrole dans les lampes fournit une belle lumière, et si le pétrole est de bonne qualité et la lampe rigoureusement propre et essuyée extérieurement, il ne se dégage aucune odeur. Le pétrole ne doit pas séjourner dans le réservoir de la lampe ; on ne remplit le réservoir qu'aux trois quarts, on revisse le bouchon à vis et on essuie très scrupuleusement tout l'extérieur de la lampe ; les mèches multiples dont est munie la lampe sont très exactement coupées ; on les lève légèrement, leur hauteur au-dessus du porte-mèche ne doit pas dépasser 4 millimètres : c'est en les levant trop que l'on arrive à avoir plus, de fumée que de lumière.

La cheminée étant mise en place et s'étant échauffée il faut régler la hauteur des mèches : celles qui sont extérieures doivent être plus élevées que les mèches du centre. La cheminée est à rallonges ou munie d'une soupape : on lui donne plus ou moins de hauteur ; on ouvre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus ou moins la soupape jusqu'à ce que la lumière projetée sur l'écran ait atteint son maximum d'intensité.

259. Eclairage par incandescence. — L'éclairage par incandescence à l'alcool au moyen d'un bec Auer est de beaucoup le plus pratique : il faut, pour obtenir une lumière constante, que l'alcool soit comprimé dans son réservoir par un gaz inerte (azote, acide carbonique) et non par l'air qui peut provoquer des explosions. L'intensité de cette lumière est très suffisante pour un écran de 2 mètres de côté.

Le bec Auer alimenté par le gaz de l'éclairage (ou par une fontaine de gaz, c'est-à-dire combustion d'un mélange de vapeurs d'essences minérales et d'air) constitue un excellent procédé d'éclairage très économique ne nécessitant pas d'installation spéciale.

L'éclairage par incandescence est de beaucoup le plus commode quand on n'a pas à sa disposition le gaz ou l'électricité.

260. Éclairage à l'acétylène. — Il existe de nombreux modèles de lampe à l'acétylène pour projection; l'inconvénient résultant de l'emploi de l'acétylène provient de son odeur qu'il est assez difficile d'éviter d'une façon complète dans le local fermé où se font les projections.

261. Éclairage oxhydrique. — On obtient la lumière oxhydrique par la combustion à l'aide d'oxygène pur soit de l'hydrogène, soit d'une carbure d'hydrogène. Les deux gaz doivent être séparés et arrivent séparés (fig. 177) ; le mélange se fait au voisinage de l'extrémité et le dard du chalumeau est projeté sur un bâton de chaux placé sur un support. L'oxygène livré en tubes comprimés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munis de mano-régulateur se trouve facilement dans le commerce ; le tube du plus petit modèle est suffisant pour alimenter un chalumeau pendant une heure et demie.

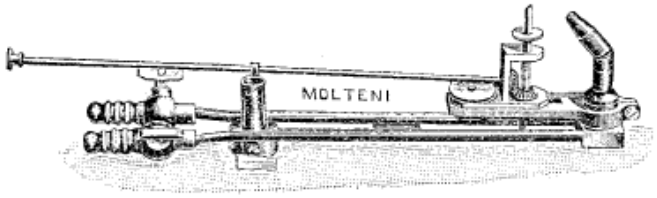


Fig. 177

Les bâtons de chaux vive sont taillés dans un bloc de chaux ordinaire ; on les conserve en tubes scellés à la lampe, on brise le tube au moment de l'emploi et lorsque la séance de projection est terminée, on peut conserver le ballon de chaux pendant quelques jours en le plaçant aussitôt qu'il est froid dans un flacon de verre fermé par un bon bouchon de caoutchouc.

262. Eclairage oxyéthérique. — On fabrique des lampes oxyéthérique constituées par un réservoir en laiton contenant des substances susceptibles d'absorber une forte proportion d'éther ordinaire, d'essence minérale légère, etc. Le saturateur est traversé par un courant d'oxygène et débite alors un mélange très carburé, non détonant, qui, étant enflammé, peut porter à une haute température le bâton de chaux. Il ne faut jamais remplir les carburateurs à la lumière ou dans une pièce où il y a du feu ; si la lampe vient de servir, il faut attendre qu'elle soit refroidie avant de la garnir à nouveau ; après le remplissage on attend quelques instants que le liquide soit bien absorbé, on élimine l'excédent et on n'allume pas avant de s'être assuré qu'il ne sort aucun liquide par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le bec du chalumeau ; à cet effet on laisse souffler pendant quelques instants, toutes portes de la lanterne étant ouvertes, et on n'allume qu'une ou deux minutes après qu'il ne se produit plus de crachement ; il est bon de faire ce réglage en dehors de la lanterne pour éviter les explosions qui pourraient se produire à l'intérieur.

263. Réglage de la lumière oxycalcique. — Les ouvertures des robinets qui conduisent le gaz des chalumeaux doivent être réglées au moment de l'emploi ; pour ce réglage on se guide sur l'aspect du disque lumineux projeté sur l'écran. On ouvre en plein le robinet de l'hydrogène et celui de l'oxygène ; on ferme alors tout doucement le robinet de l'hydrogène : si la lumière n'augmente pas c'est que l'hydrogène n'était pas en excès ; on ouvre ce robinet en grand et on ferme peu à peu le robinet de l'oxygène, le plus souvent l'intensité de la lumière augmentera ; nous supposons que l'on se sert de l'oxygène comprimé tel que le livre le commerce ; il y a intérêt au point de vue de la meilleure utilisation des gaz à les employer sous forte pression.

264. Eclairage électrique. — On utilise quelquefois l'éclairage par incandescence et l'on se sert de lampes ordinaires donnant un éclairage de 100 bougies ; ces lampes peuvent se loger dans la plupart des appareils existant. On préfère cependant employer les lampes à arc : le point éclairant est en effet plus petit et dans les appareils actuels le réglage des charbons se fait, soit à la main, soit automatiquement. L'intensité de la chaleur produite par cet éclairage oblige le plus souvent à interposer entre la diapositive et la lampe soit un ballon rempli d'eau, soit une cuve à faces parallèles contenant une solution saturée d'alun, ou de la glycérine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — ÉCRANS ; DIAPOSITIVES

265. Nature de l'écran. — Les projections se font sur un écran opaque auquel cas la projection est directe, ou sur un écran transparent : ce cas est le moins fréquent : l'écran est alors placé entre les spectateurs et l'appareil et la source de lumière peut facilement redevenir visible.

L'écran le plus simple consiste en une pièce de calicot blanc ayant environ 2 mètres de côté que l'on roule sur un bâton lorsqu'on ne s'en sert pas ; quand on veut projeter les images, on fixe les deux extrémités du calicot à un mur ou au plafond ; le bâton sert à tendre l'écran ;

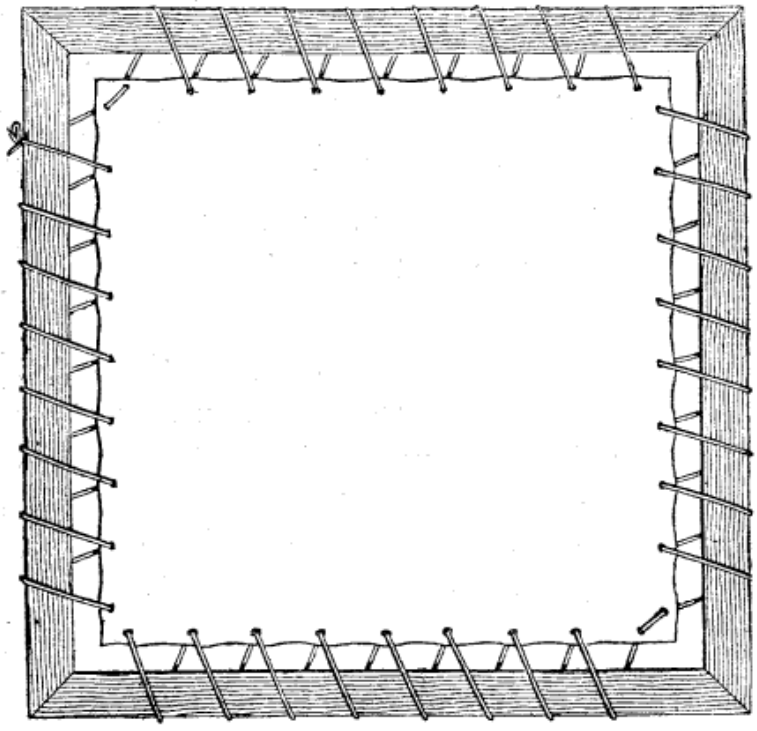


Fig. 178

on peut aussi le monter à la façon d'un store. Quelquefois

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on utilisera comme écran l'envers d'un fond photographique sur lequel on tendra du calicot ; dans certains cas on projettera sur un mur blanc. Si l'on se sert de calicot on l'enduira de peinture blanche à la colle dont se servent les peintres pour blanchir les plafonds.

L'écran transparent est tendu sur un châssis (fig. 178) ; on le confectionne avec du calicot et on le tend le long des montants du châssis ; on le mouille avec un mélange d'eau et de glycérine. Si l'écran est fixé à demeure, on le rend transparent avec un mélange de 180 grammes de cire vierge, 50 grammes de blanc de baleine et 500 centimètres cubes d'essence de térébenthine. Les projections de petites dimensions 60 × 90 centimètres et au-dessous se projettent par transparence sur une glace dépolie à gros grains.

266. Diapositives pour projections. — Les diapositives pour projections se font soit par le procédé à l'albumine ou au collodion sec, soit encore par le procédé au chloro-gélatino-bromure. Les images les plus fines, les plus brillantes sont obtenues par l'emploi de l'albumine ; autant que faire se pourra les négatifs seront copiés à la chambre noire et la plaque préparée sera recouverte d'une mixtion contre le halo, mixtion composée d'ocre rouge et de dextrine ; la lumière ne doit pas arriver par les tranches du verre de la plaque sensible ; dans ce but on utilise des caches en papier noir.

Les diapositives voilées ne fournissent pas de bonnes images pour projections ; la diapositive sera d'autant plus intense que la lumière sera plus éclatante, mais quelle que soit la source lumineuse employée, l'image ne doit pas présenter de contrastes excessifs entre les noirs et les blancs : l'image doit être riche en demi-teintes, ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on obtient par une durée d'exposition convenable et un développement bien conduit. Le ciel dans un paysage ne doit jamais être *blanc cru* sur l'écran : en aucun point la diapositive ne présentera le verre nu.

267. Format ; étiquette. — Les diapositives pour projections sont faites sur verre du format 85 × 100 millimètres. Sur l'épreuve on dispose un cache encadrant convenablement l'image : les plus employées sont du format 68 × 68 millimètres ou 70 × 74 millimètres. Ce cache est recouvert d'un verre mince et on colle à cheval sur tout le pourtour des deux verres, des bandes de papier noir : ces bandes empêchent les poussières et l'humidité de passer entre les verres.

Il est indispensable de pouvoir reconnaître dans l'obscurité quel est le côté de l'image qui doit être tourné vers l'écran ; sans cette précaution, on risque de produire l'inversion de l'image. Dans ce but on applique sur le coin droit inférieur de la diapositive une étiquette ronde destinée à se trouver placée sous le pouce de l'opérateur quand celui-ci saisit la plaque entre le pouce et l'index et la regarde de façon à la voir telle qu'elle doit être sur la projection ; sur une des marges de l'épreuve on colle une étiquette de papier blanc sur laquelle on inscrit le titre du sujet, sur l'autre marge on fixe une autre bande portant le numéro de la série à laquelle appartient l'épreuve, le nom de l'auteur, etc.

On conserve les épreuves pour projections dans des boîtes en bois sans rainures, sur les faces desquelles on colle des bandes de molleton épais ; les séries sont classées dans ces boîtes et on les sépare par de petites planchettes de la largeur des épreuves mais un peu moins hautes que celles-ci ; on colle du molleton épais sur ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

planchettes, et les verres sont ainsi préservés des chocs.

Les diapositives destinées à une séance de projection sont classées dans une boîte sans rainure avec dans le fond un réservoir en zinc rempli d'eau chaude ; on a soin de les numéroter et on les dispose d'après les numéros d'ordre de leur passage dans l'appareil ; pour plus de sûreté avec de la craie et une règle un trace deux droites concourantes sur la tranche des épreuves formant un bloc dans la boîte qui les contient ; on chauffe cette boîte à l'aide de l'étui en zinc garni d'eau chaude ; on évite ainsi la condensation de la buée sur les verres.

§ 4. — MANIEMENT DES APPAREILS

268. Centrage de la lumière. — L'appareil de projection doit être placé sur un support aussi stable que possible de façon à assurer la fixité de l'image agrandie ; le support doit être en forme de table à quatre pieds pouvant s'élever ou s'abaisser de façon à faire arriver l'axe de l'objectif au centre de l'écran et perpendiculairement au plan de cet écran.

On commence après avoir installé la source d'éclairage, à centrer la lampe : la netteté des images projetées dépend en partie de ce réglage. L'aspect que présente le disque éclairé projeté sur l'écran indique si le point lumineux est bien centré. Un disque A (fig. 179) uniformément éclairé indique qu'il en est ainsi. Le foyer lumineux étant dans l'axe, mais trop près ou trop loin des lentilles, donne sur l'écran un cercle lumineux B dans lequel la circonférence est moins éclairée que le centre ; s'il est en dehors de l'axe, trop à gauche C ou à droite D, trop haut E ou trop bas F, la pénombre se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forme du même côté et il faut ramener la source lumineuse vers le centre ; il suffit de très petits mouvements

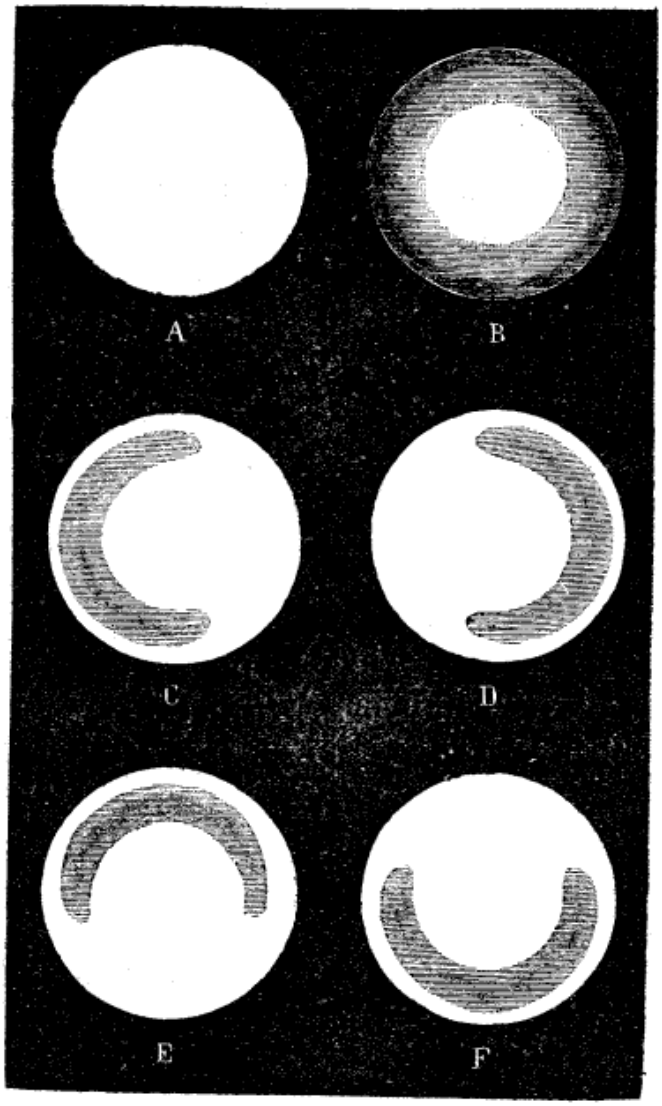


Fig. 479

pour produire ces diverses apparences faciles à reconnaître.

Le centrage étant fait, on modifie convenablement le réglage de la lumière d'après le système d'éclairage adopté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

269. Mise au point et fonctionnement. — Pour une bonne mise au point sur l'écran il faut que l'axe de l'objectif étant bien horizontal aille rencontrer le centre de l'écran supposé vertical. C'est une très mauvaise méthode que celle qui consiste à incliner la lanterne quand on se sert d'un écran vertical : il n'est pas possible d'obtenir le parallélisme entre l'écran et la diapositive, parallélisme indispensable si l'on veut éviter les déformations de l'image. Si la projection se fait à une assez grande distance de l'écran, l'opérateur qui met au point se muniera d'une jumelle de théâtre pour vérifier l'exactitude de la mise au point.

Les systèmes optiques doivent être à la température de la salle dans laquelle on opère ; si le condensateur et l'objectif sont trop froids, l'humidité se condense à la surface des verres et cette buée peut faire pâlir ou même disparaître l'image ; on installera donc les appareils à leur place au moins une heure avant l'ouverture de la séance. Le même inconvénient se produit si le verre des objectifs ou du condensateur est couvert de poussière ; on essuie ces poussières avec une toile fine.

La distance qui sépare l'appareil de l'écran n'est pas toujours convenable et très souvent l'opérateur manque de recul ou se trouve à une grande distance de l'écran. Il est donc utile de posséder plusieurs objectifs de projection de foyers différents, se montant sur le même appareil ou mieux de posséder une trousse d'objectifs spéciaux pour projections qui permettra d'opérer dans les conditions de recul les plus défavorables.

Le châssis qui contient les épreuves à projeter doit être disposé pour recevoir deux diapositives, de telle sorte que l'écran soit toujours couvert par une image ; la *projection en blanc*, c'est-à-dire le passage du châssis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans épreuve, doit être absolument évité. Les épreuves projetées sont rangées dans une boîte spéciale, placée au-dessous de l'appareil dans laquelle on les empile rapidement. Le meilleur système pour indiquer le changement de vue consiste dans l'emploi d'une sonnerie sourde placée sur l'appareil ; l'emploi d'un timbre n'est pas à conseiller.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II

AGRANDISSEMENTS

270. Appareils d'agrandissement. — Les appareils de projection peuvent le plus souvent servir à obtenir des agrandissements sur papier au gélatino-bromure. L'éclairage par l'électricité ou par le bec Auer en diminuant l'étendue éclairante du manchon par un diaphragme d'environ un centimètre d'ouverture placé au voisinage du verre, constituent les meilleurs procédés d'éclairage. On peut aussi employer le pétrole pour les épreuves de dimensions moyennes.

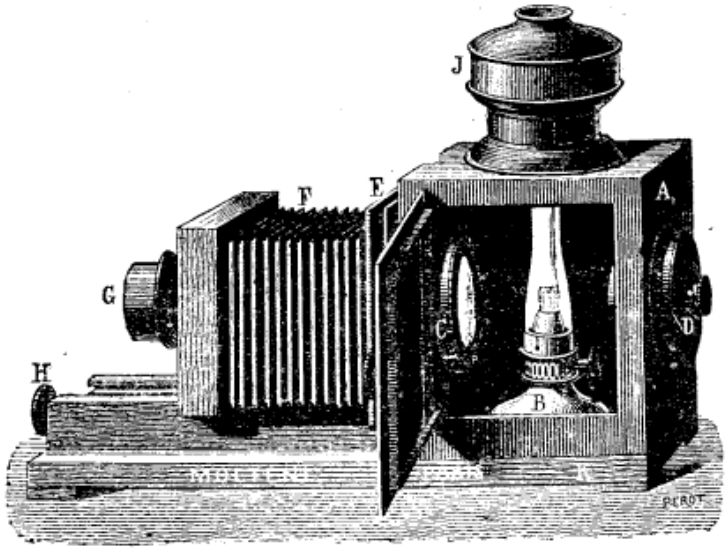


Fig. 180

L'appareil le plus usuel est constitué par une lanterne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à projection munie d'un soufflet de 45 à 50 centimètres de long (fig. 180).

L'appareil ne doit pas laisser filtrer de lumière. Le papier sensible est préalablement mouillé et placé sur une glace que l'on fixe sur un chevalet remplaçant l'écran dans les projections.

La mise au point se fait à l'aide d'un dispositif spécial. Une glace de la dimension du négatif est recouverte d'un tulle fin que l'on colle à sa surface avec de la colle d'amidon ; cette glace est fixée dans le châssis de l'appareil exactement à la place qui sera occupée par le négatif ; on met au point sur une feuille de papier blanc fixée sur la glace du chevalet. Cela fait on remplace la glace du chevalet par le papier sensible après avoir substitué à la glace couverte de tulle le négatif à agrandir.

Si l'on a affaire à des négatifs exceptionnels au point de vue de la transparence, il est bon de faire un essai sur un fragment de papier de petite dimension ; on met au point et après avoir choisi la partie de l'image la plus intéressante on place sur le chevalet un morceau de papier (9×12 ou 13×18) que l'on fait poser et que l'on développe : on détermine ainsi, sans perte de feuilles de grand format la durée du temps de pose que doit présenter l'image.

271. Agrandisseurs. — On peut se servir d'appareils automatiques, basés sur la loi des foyers conjugués et qui donnent automatiquement d'un négatif déterminé les mêmes dimensions d'agrandissement (fig. 181). Certains de ces appareils sont réglables par l'opérateur et permettent l'agrandissement en divers formats.

272. Chambres à trois corps. — Les agrandisseurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont en réalité des chambres à trois corps, ou constituent la combinaison d'une petite chambre noire (portant le

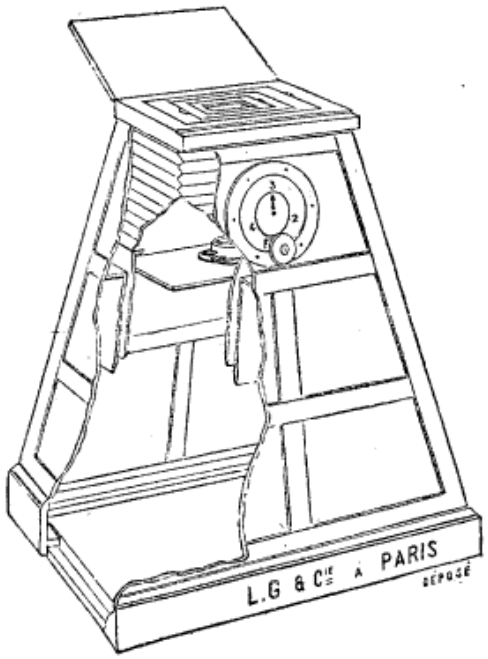


Fig. 181

négatif et l'objectif) et d'une grande chambre noire portant le papier sensible. Ces appareils présentent pour l'agrandissement la disposition suivante :

Glace dépolie ou surface sensible	Objectif	Négatif à agrandir	Source de lumière

273. Eclairage des appareils. — Les divers modes d'éclairement employés dans les appareils d'agrandissement peuvent se ramener à deux types ; le premier est celui de l'éclairement par lumière transmise : le négatif que l'on veut agrandir est placé en avant d'un condensateur qu'éclairent soient les rayons solaires, soit une source de dimension finie, placée à distance finie. Dans ce cas, l'objectif est conjugué de la source par rapport au condensateur et le tout forme un système dont les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diverses parties sont reliées entre elles de façon intime. Le condensateur et l'objectif doivent pour ainsi dire être faits l'un pour l'autre et la bonne qualité du premier est au moins aussi essentielle que celle du second. Le négatif agit comme un filtre réduisant plus ou moins l'intensité des rayons lumineux qui le traversent.

Dans le second type (éclairement par lumière émise) le négatif est placé devant une surface diffusante, uniformément éclairée ; c'est en général un verre dépolie : chacun de ses points envoie de la lumière dans toutes les directions. Le négatif agit de même, et l'image de chacun de ses points est formée par un cône de rayons lumineux qui a ce point pour sommet et qui couvre la surface totale de l'objectif : ce dernier travaille par toute son ouverture définie par celle du diaphragme employé.

L'éclairement par lumière transmise convient seul, quand on veut se servir, pour y recevoir l'image agrandie, de préparations médiocrement sensibles. Si l'image donnée de la source par le condensateur est très petite et très nette, il n'est pas nécessaire que l'objectif soit de très bonne qualité au point de vue de l'aplanétisme ; avec l'éclairement par lumière émise au contraire on ne saurait être trop difficile sur la valeur de l'instrument.

274. Procédés opératoires. — On utilise à peu près exclusivement les papiers au gélatino-bromure par développement pour obtenir l'image positive agrandie ; on développe le plus souvent à l'oxalate de fer qui donne des noirs bien francs.

Si l'agrandissement doit être fait sur papier au charbon il convient d'opérer par *voie indirecte*. Du négatif à agrandir on imprime un positif soit par contact, soit par reproduction à la chambre noire ; le positif obtenu sert

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à produire un négatif agrandi sur papier au gélatino-bromure. C'est ce négatif agrandi sur papier qui sert à obtenir l'agrandissement sur papier au charbon. Le développement du papier au gélatino-bromure doit se faire lentement pour que les parties noires aient le temps d'acquérir une intensité suffisante ; le fixage, le lavage se font par les procédés usuels. Le négatif obtenu est bordé de papier noir gommé, puis on l'enduit d'huile de pétrole dans le but d'éclaircir les blancs, ce qui donne des images plus brillantes et de plus, permet de diminuer le temps de pose au châssis-presse.

Il existe d'ailleurs dans le commerce un assez grand nombre de marques de papier au gélatino-bromure assez transparents pour que l'on puisse se dispenser de les enduire de pétrole. Ces négatifs sur papier sont surtout précieux lorsque l'on à livrer un certain nombre d'images du même sujet. Ils permettent de réduire dans une très large mesure les frais de retouche, toujours onéreux dans la production des agrandissements ; enfin par leur emploi on peut éviter le double transfert de l'épreuve soit en imprimant au travers du papier, soit plus simplement en produisant un négatif retourné.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III

CINÉMATOGRAPHE, PHOTOGRAPHIE ANIMÉE

275. Analyse et synthèse des mouvements. — La photochronographie permet d'analyser toute espèce de mouvements à l'aide d'une série d'images prises à des intervalles réguliers ; on obtient ces images avec un seul objectif; la surface sensible est formée soit par des plaques, soit le plus souvent par des pellicules se déroulant rapidement au foyer de l'objectif et après la pose s'enroulant sur une bobine.

L'analyse des mouvements étant obtenu, on peut en faire la synthèse et obtenir l'illusion du mouvement, au moyen de séries de photochronographies : pour éprouver l'illusion du mouvement, il suffit, en théorie d'éclairer fortement l'image positive obtenue en utilisant le négatif et de la faire repasser dans l'appareil. Pour obtenir par la persistance des impressions rétiniennes la continuité de la sensation lumineuse, dans l'hypothèse d'un mouvement saccadé dont la période est de 1/15 de seconde, il suffit de faire passer dans l'appareil quinze épreuves par seconde. Dans ce cas, la durée d'éclairement pour chacune d'elles est encore assez grande pour qu'il ne soit pas nécessaire d'employer une source lumineuse d'intensité extraordinaire. En général le nombre des images est de plusieurs centaines, la durée de l'observation pouvant atteindre plusieurs minutes dans le cas d'un très grand nombre d'images.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

276. Appareils. — Les appareils construits pour obtenir des négatifs destinés à la projection de photographies animées, sont extrêmement nombreux ; les plus employés sont ceux de Marey, de Lumière et de Gaumont. Tous comportent une chambre noire destinée à obtenir le négatif sur bande pelliculaire, chambre noire et mécanisme qui peuvent servir à projeter l'image photographique positive.

Le chronophotographe Marey présente l'avantage d'utiliser les bandes pelliculaires non perforées ; la perforation de ces bandes, indispensable avec la plupart des appareils diminue la grandeur de l'image de près d'un tiers, et si la perforation n'est pas parfaite il se produit une trépidation fâcheuse des images projetées. Les bandes les mieux perforées se fatiguent au bout de quelque temps, les trous s'éraillent et la trépidation des images se produit. Dans l'appareil Marey, comme dans la plupart des appareils similaires le même instrument sert à produire les images négatives et à projeter les positives ; ces images sont plus grandes que dans les appareils à perforation, à cause de l'utilisation totale de la largeur de la pellicule.

Les projections ne vibrent pas, mais sont animées de mouvements très lents qu'on peut atténuer et faire disparaître par le réglage. Ce réglage permet d'utiliser non seulement les bandes obtenues avec l'appareil lui-même, mais aussi celles dont la largeur est un peu inférieure ou supérieure à 20 millimètres. Les pellicules non perforées durent longtemps : elles sont conduites par une sorte de laminoir constitué par des cylindres de caoutchouc ; il suffit de comprimer plus ou moins ces cylindres l'un contre l'autre pour accélérer ou diminuer la vitesse d'entraînement de la bande : cela permet de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

projeter les images quel que soit le retrait que la bande ait éprouvé dans son développement. Les durées de l'éclairement étant de 25 0/0 le scintillement de l'image est insensible ; enfin, dans certains cas, on peut diminuer de moitié la largeur des pellicules, ce qui réduit considérablement le prix de revient de chaque bande.

Dans le cinématographe Lumière la durée de pose de chacun des négatifs obtenus sur la bande pelliculaire est de un cinquantième de seconde ; chaque quinzième de seconde on prend une photographie de cette sorte. Les positifs s'obtiennent en faisant passer dans l'appareil une bande pelliculaire perforée au contact de la bande négative et l'exposant pendant environ un cinquantième de seconde à la lumière. Ces bandes pelliculaires se développent en les enroulant sur des cadres qui permettent de les plonger dans les cuvettes de révélateur et de fixateur. La bande pelliculaire a environ 15 mètres de long et 3 centimètres de large ; les deux côtés sont percés de trous équidistants correspondants à chaque image. On enroule les pellicules sur une bobine, et un dispositif spécial permet de les dérouler d'un mouvement continu, de les arrêter pendant un cinquantième de seconde devant l'objectif qui est chargé de projeter l'image sur l'écran pendant que l'épreuve est immobilisée ; elle est en même temps éclairée, tandis qu'elle se trouve dans l'obscurité pendant qu'elle est en mouvement.

La persistance des impressions lumineuses sur la rétine fait que l'œil n'aperçoit pas les noirs qui séparent chaque projection, et d'autre part, la lumière passant pendant les deux tiers du temps total, on n'a pas besoin d'un éclairage particulièrement fort.

Dans le chronophotographe construit par Gaumont la largeur des pellicules employées est de 60 millimètres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et les images primaires présentent une surface utile de 35×45 millimètres, surface relativement grande qui permet de produire des projections avec toute autre source de lumière que la lumière électrique et de donner à l'image projetée des dimensions considérables, tout en conservant une grande finesse dans les détails et un parfait éclairage de toutes ses parties. La mise en couleur des bandes pelliculaires est relativement facile. A côté de cet appareil de dimensions un peu grandes et dont le maniement entraîne l'emploi de bandes pelliculaires un peu coûteuses, M. Gaumont a établi un chronophotographe de poche permettant d'obtenir 500 images sur bandes de 5 mètres de long. Ces bandes sont utilisées pour photographier des scènes de courte durée; elles sont d'un prix peu élevé et se développent très facilement au moyen d'un petit cadre spécial sur lequel on les assujettit pour les tremper dans le bain. L'objectif employé est au point à partir de 2 mètres ; il peut aussi servir pour photographier à des distances moindres : on le fait coulisser dans la monture qui le porte; il sert aussi à projeter les vues obtenues lorsqu'elles ont été reproduites en positif. L'appareil peut fonctionner à l'aide d'un mouvement d'horlogerie ou d'une manivelle que l'on tourne à la main ; dans les deux cas, l'appareil peut fonctionner soit qu'on le place sur un pied, soit qu'on le tienne à la main ; le chargement et le déchargement des bandes peut se faire en pleine lumière.

Le même constructeur a établi un poste automatique à projection continue, soit pour des cours ou conférences, soit comme moyen de publicité. Ce poste (fig. 182) se compose : 1° d'un bâti en fonte de 1 m. 25 ; d'un chronoprojecteur avec compresseurs à galets et objectif à court foyer ; 3° d'une petite dynamo actionnant le chrono-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

projecteur et d'un rhéostat servant à régler leur vitesse ; 4° de deux bras avec poulies de renvoi et d'un cadre en

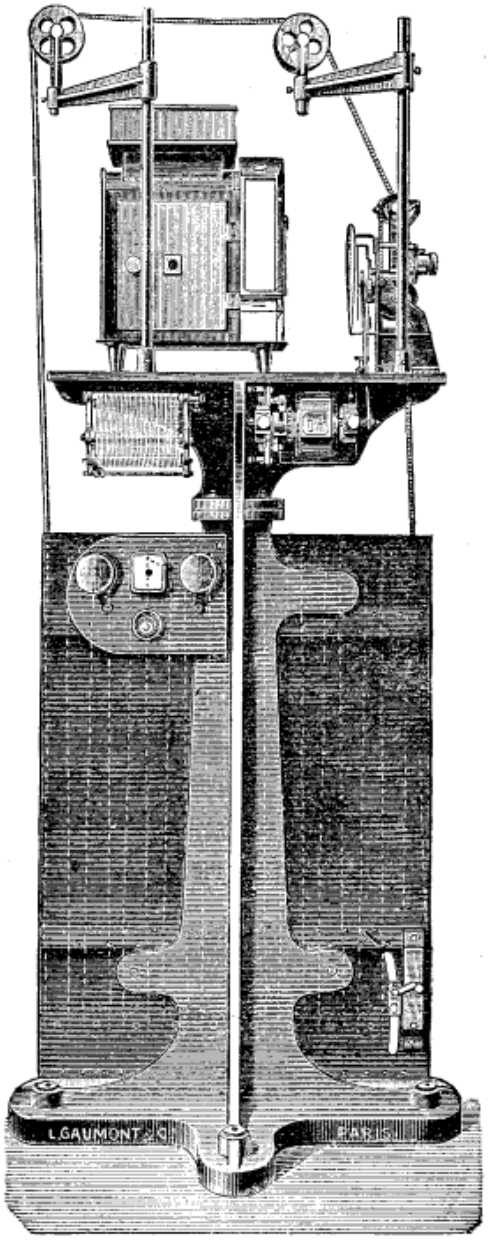


Fig. 182

tôle avec galets en bois pour l'enroulement continu de la pellicule ; 5° d'une lanterne avec condensateur, cuve à eau à faces parallèles, verre dépoli à coulisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'éclairage généralement employé est une lampe à incandescence de 100 bougies avec laquelle on obtient, sur un verre dépoli placé à 1 m. 40 de l'objectif, une projection d'environ 24×30 visible pour plusieurs personnes. Deux commutateurs commandant l'un la dynamo et l'autre la source lumineuse.

277. Maniement des cinématographes. — Un maniement défectueux des cinématographes à pellicule peut présenter des dangers à cause de la facile inflammabilité du celluloïd sur lequel est coulée l'émulsion au gélatino-bromure ; on peut se mettre à l'abri de tout accident lorsqu'on a recours à des appareils construits avec les plus grands soins. On peut remplacer le condensateur de l'appareil de projection par un ballon ordinaire en verre que l'on remplit d'eau. La lumière ainsi obtenue est plus blanche, l'effet de la coloration verte de la lentille du verre étant supprimée. Si le ballon doit être enlevé pour une cause quelconque, s'il se casse, si l'eau s'écoule ou se vaporise, la condensation des radiations n'a plus lieu et il n'y a pas à redouter l'échauffement de la pellicule.

Les pellicules projetées doivent être reçues dans des paniers spéciaux à chaque bobine qui permettent d'enrouler facilement à nouveau les pellicules déjà projetées ; cet enroulement doit se faire loin de toute source lumineuse, de tout foyer et en particulier, si l'on utilise l'éclairage électrique, loin des fils conducteurs qui, par leur échauffement, peuvent provoquer l'inflammation de la pellicule. Le réglage des appareils de projection s'effectue d'ailleurs d'après les principes que nous avons indiqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE

BERNARD (J.) et TOUCHEBEUF. — Petits clichés et grandes épreuves.
BRUNEL (G.). — Les agrandissements et les projections.
FOURTIER. — Les tableaux de projection mouvementés.
FOURTIER. — Nouveau matériel de projections lumineuses.
GUILLON. — Les agrandissements.
MOLTENI. — Appareils de projection ; instructions pratiques.
LUMIÈRE (A. et L.). — Notice sur le cinématographe.
DELAMARRE (Ach.). — Les agrandissements d'amateurs.
TRUTAT. — La photographie animée.
— Traité général des projections.
— Traité pratique des agrandissements photographiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

APPENDICE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

APPENDICE

§ 1. OBJECTIFS

278. – Photographie à longue distance. — La téléphotographie ou photographie à longue distance utilise deux types principaux d'appareils : les *téléobjectifs*, appareils constitués par un objectif photographique portant à l'arrière une combinaison convergente ou une combinaison divergente, et les objectifs ordinaires à très long foyer.

Les téléobjectifs des divers systèmes permettent d'obtenir directement sur le négatif une épreuve agrandie du sujet à photographier : on peut par ce moyen, en utilisant des appareils légers, obtenir des images de montagnes éloignées, fortifications, sujets divers inaccessibles. L'on utilise soit une lentille divergente, achromatique, placée à l'arrière de l'objectif, soit un système convergent jouant le rôle de lentille amplificatrice placée derrière l'objectif : ce dernier doit être corrigé aussi complètement que possible de l'aberration sphérique.

L'inconvénient que présente le téléobjectif provient de ce que la quantité de lumière transmise est inversement proportionnelle au carré du grossissement. C'est ainsi qu'un tel système constitué par un objectif de 200 mm. de foyer, accouplé avec un système divergent, grossissant cinq fois, donnera bien, avec un tirage de chambre noire très réduit, la même image qu'un objectif de 1 m. de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foyer, mais vingt-cinq fois moins éclairée : de telle sorte que si nous l'obtenons en 0s001, elle correspondra comme intensité à la même image obtenue en 0s00004 avec un objectif ordinaire.

On voit donc que si l'emploi du téléobjectif est séduisant par la diminution des dimensions du bagage photographique, il ne permet pas d'obtenir des images suffisamment intenses pour être perceptibles ; on a donc renoncé à l'utilisation des téléobjectifs pour les applications à l'art militaire et à la photographie en ballon. L'emploi de la photographie en aérostation tend à se généraliser, soit que l'on demande à la plaque photographique des vues d'ensemble, soit qu'en temps de guerre on veuille obtenir des renseignements sur une position militaire ou des documents de détail sur certains points spéciaux de cette position.

Les vues d'ensemble s'obtiendront facilement par l'emploi d'un anastigmate ordinaire, d'ouverture *f*/8, et travaillant avec un obturateur donnant 1/200 de seconde : l'opérateur devra seulement choisir le point mort du déplacement de la nacelle pour déclencher l'obturateur.

S'il s'agit d'enregistrer des détails très petits le problème de la photographie documentaire à longue distance devient plus compliqué, surtout si le négatif doit être lisible à l'œil nu sans qu'on soit obligé de recourir à un agrandissement.

Dans ce cas l'objectif doit avoir une distance focale comprise entre 0 m. 60 et 1 m. : au delà de 1 m., l'objectif devient trop lourd et le matériel trop encombrant pour être installé dans la nacelle d'un ballon captif. Au contraire au-dessous de 0 m. 60 les détails à enregistrer sont trop fins pour être perçus directement sur le néga-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tif sans grossissement préalable. Il est facile de se rendre compte que l'image d'un homme situé à 8 km. est représentée par un rectangle ayant respectivement pour côtés 1/22 de millimètre et 1/7 de millimètre si l'on emploie un objectif de 0 m. 60 de foyer. Ces dimensions correspondent à la limite extrême de perception de l'œil humain. Il faut de plus que l'objectif soit capable de séparer des détails dont la dimension est inférieure à 1/15000 de la distance focale principale : à la distance de 8 km. cette condition correspond à la perception de deux objets séparés par 1 m. d'intervalle.

L'image obtenue sur le négatif, même par la lumière diffuse en hiver, doit être assez vigoureuse pour que les détails, dont la dimension atteint 1/10000 de la distance focale, soient encore visibles à l'œil nu ; les objectifs doivent donc avoir une ouverture supérieure à $f/10$ et être très bien corrigés au point de vue de l'aplanétisme.

Les constantes des objectifs destinés à la photographie à longue distance doivent être déterminées avec une précision aussi grande que possible.

La détermination de la distance focale principale peut être basée sur la connaissance du rapport de l'image à l'objet. En désignant par n ce rapport, par F la distance focale principale, par ε la distance des points nodaux, par L la distance qui sépare l'image de l'objet, on a :

$$L = F\left(2 + n + \frac{1}{n}\right) + \varepsilon$$

ou bien

$$\frac{L - \varepsilon}{2 + n + \frac{1}{n}} = F$$

L'exactitude de la mesure de F dépend de la précision de la mesure de L, de n et de la valeur de ε. Avec une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chambre noire de tirage assez long on peut mesurer L à 0,0005 près ; n peut être mesuré avec la même précision, et si l'on néglige la distance des points nodaux, on commet une erreur égale à

$$\frac{\varepsilon}{2 + n + \frac{1}{n}}$$

mais ε est inférieur à $\frac{5F}{1.000}$, de plus on peut prendre des dispositions telles que la somme

$$2 + n + \frac{1}{n} > 10$$

l'erreur tenant à l'incertitude des points nodaux peut donc être inférieure à 0,0005. Par suite l'erreur probable sur la valeur de F sera inférieure à 1/1000, précision largement suffisante pour la pratique.

Le poids de l'objectif ne doit pas être trop élevé ; ce poids tient plus à la combinaison optique et à l'ouverture de l'instrument qu'à sa distance focale. Pour les objectifs à long foyer il ne faut pas compter pouvoir descendre au-dessous de 2 kilogr. ; dans la pratique il convient de ne pas dépasser le poids de 3 kilogr.

Le défaut de convergence des rayons lumineux en un seul point se traduit, dans la pratique, par un épaississement des traits et des points dont l'ensemble constitue l'image photographique. Cet épaisissement influe sur la netteté, et l'usage a prévalu de se rendre compte de la cause par l'effet en évaluant le défaut de convergence d'après le trouble apporté à la netteté de l'image. On peut mesurer cette netteté au centre de l'image formée par un objectif en photographiant des toiles métalliques très fines, se détachant sur un fond vivement éclairé : on dit que la netteté est égale à la moitié des dimensions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une maille lorsqu'on cesse de distinguer la trame de la toile sur le négatif. On choisit des toiles métalliques dans lesquelles les vides sont égaux aux pleins ; on prend toutes les précautions spéciales pour éviter le halo.

Au lieu d'exprimer la netteté en valeur absolue, il est plus commode, pour comparer entre eux deux objectifs de foyers différents, de rapporter cette netteté à la distance focale principale. C'est ainsi que la puissance de définition d'un objectif de 200 mm., susceptible de fournir une netteté de 1/50 de millimètre, sera représentée par le chiffre $\frac{1/50}{200} = 1/10000$.

Ce chiffre 1/10000 représente la tangente sous tendue par le plus petit objet perceptible. Au point de vue documentaire on n'a pas un grand intérêt à employer des objectifs à long foyer très lourds, très chers, très encombrants. La seule raison qui motive leur emploi pour la photographie en ballon est qu'ils fournissent un négatif à une échelle assez grande pour être lisible à l'œil nu, tandis que les finesses du 1/80 ou du 1/100 de millimètre ne peuvent être perçues qu'au microscope ou par l'intermédiaire d'un agrandissement.

La *puissance d'impression* a une importance considérable pour la photographie des objets à longue distance. Pour qu'un objet soit perceptible à l'œil nu sur une épreuve photographique, il ne suffit pas que cet objet soit enregistré avec une netteté supérieure à sa plus petite dimension : il faut encore que la différence de teinte entre le détail à percevoir et le fond sur lequel il se détache atteigne une certaine valeur d'autant plus grande que le détail est plus petit. Dans la reproduction photographique, l'opacité d'une teinte est liée à la quantité de lumière qui a servi à produire cette teinte par une loi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assez complexe. Pour qu'une impression soit perceptible la quantité de lumière doit être supérieure à 1/10 de bougie-mètre-seconde. On a intérêt à augmenter la quantité de lumière reçue par la plaque sensible, quantité qui dépend de trois facteurs :

1° L'intensité lumineuse de l'objet ;

2° Le temps de pose ;

3° L'intensité de l'image transmise par l'objectif.

C'est ce troisième facteur qui est le plus important dans la pratique ; cette intensité de l'image dépend elle-même de trois causes bien distinctes :

1° Elle est proportionnelle au carré de l'ouverture de l'objectif $\frac{D}{F}$;

2° Elle dépend de l'épaisseur des lentilles dont l'absorption peut être représentée par la formule $1 - 0{,}98e$, e étant l'épaisseur des lentilles en millimètres. Pour les objectifs à long foyer, e peut varier de 10 à 50 mm. et au delà ; par suite l'absorption de lumière par les lentilles peut varier de 20 à 60 pour 100 ;

3° Pour la perception de détails de très petites dimensions, elle dépend du rapport des surfaces de l'image théorique et de l'image réelle. C'est ainsi que si un objet devant théoriquement donner une image de 1/20 de millimètre en fournit une de 1/10 de millimètre (par défaut de mise au point ou toute autre cause) son intensité sera quatre fois moindre.

La *puissance de vision* peut se définir par la propriété que possède un objectif photographique de produire une image nette sur une certaine étendue. Cette propriété, qui est très importante dans la pratique usuelle, présente un intérêt moindre dans le cas de la photographie à longue distance où l'on veut seulement embrasser une sur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

face restreinte eu égard au foyer des objectifs employés, soit le tiers ou le cinquième de la distance focale.

L'étendue de la surface nettement couverte dépend de cinq facteurs principaux :

1° Courbure du champ ; 2° astigmatisme ; 3° netteté déterminée ; 4° ouverture de l'objectif ; 5° distance focale principale.

La courbure du champ se manifeste lorsqu'on cherche à mettre au point un objet situé sur les bords de la glace dépolie : on constate en général qu'il faut rapprocher la glace dépolie de l'objectif, si la mise au point initiale a été faite sur le centre. Le lieu géométrique de tous les points présentant le maximum de netteté peut être considéré comme un calotte sphérique ayant pour base un cercle de rayon R. Le rapport $\frac{R}{F}$, F étant la distance focale, varie dans de très faibles limites pour une même catégorie d'objectifs.

Pour les objectifs simples on a :

$$\frac{R}{F} = 1{,}5.$$

Pour les objectifs rectilignes symétriques :

$$\frac{R}{F} = 2{,}0.$$

Pour les anastigmates :

$$\frac{R}{F} = 4{,}00 \text{ et au-dessus.}$$

L'astigmatisme varie avec l'écartement des deux systèmes optiques dans un objectif double ; par un écartement convenable, on peut toujours arriver à faire coïncider les deux surfaces et à détruire ainsi l'astigmatisme, mais dans beaucoup de cas ce sera aux dépens de la courbure de la nouvelle surface focale ainsi consti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tuée qui sera très accentuée ; en général on adopte une solution moyenne qui n'élimine pas complètement l'astigmatisme, mais aplatit la surface focale.

L'épaisseur de la calotte sphérique sera d'autant plus grande que la netteté exigée sera moindre, ce qui revient à dire que la valeur du diamètre nettement couvert sera d'autant plus grande que l'on se montrera moins exigeant pour la netteté.

Les objectifs destinés à la photographie à longue distance doivent être employés dans des conditions toujours identiques avec une mise au point faite une fois pour toutes, ce qui élimine l'influence de l'astigmatisme. La correction à faire subir au tirage de la chambre noire s'obtient en photographiant une série d'objets de plus en plus éloignés, formant leur image au voisinage de l'axe. On met au point sur l'un de ces objets ; on examine celui qui est le plus net sur l'image photographique, et la formule de Newton

$$F^2 = D \times d$$

donne la correction à faire subir à la longueur du tirage. Dans cette formule D est la distance à l'objectif, d l'augmentation de tirage à partir de la mise au point sur l'infini. En général cette correction ne dépasse pas

$$\frac{F}{500}.$$

Enfin les objectifs pour photographie à longue distance doivent être exempts de distorsion, défaut qui se manifeste en ce que l'objectif ne réduit pas à la même échelle les objets situés dans un même plan perpendiculaire à l'axe optique. Ce défaut est annulé pour les objectifs à deux combinaisons symétriques ; il n'est très apparent que pour les objectifs simples employés à couvrir un grand diamètre de plaque.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. PROCÉDÉS NÉGATIFS

279. Préparation des plaques extra-rapides. — L'addition de certaines substances à l'émulsion au gélatino-bromure permet soit d'augmenter la sensibilité, soit d'activer le développement des plaques. Dans ce dernier cas on ajoute de la glycérine, du sucre, de la dextrine, de la gomme arabique et d'autres substances semblables facilement solubles dans l'eau : ces additions permettent d'obtenir des négatifs présentant plus d'intensité, plus de contrastes et plus de transparence.

Le mélange d'amidon à la gélatine permet d'obtenir des plaques de plus grande sensibilité et de grain plus fin qu'en l'absence de cette matière. On triture dans un mortier de verre 40 grammes de fécule de pomme de terre qu'on humecte légèrement avec de l'eau et on tourne le tout avec force en ajoutant peu à peu 200 cc. d'eau, de façon à obtenir une pâte épaisse. La trituration a pour but de briser les grains de fécule, de faciliter l'absorption de l'eau et d'obtenir une pâte bien homogène. Dans un vase de verre allant au feu on prépare une solution de 12 gr. de bromure de potassium dans 80 cc. d'eau ; on fait bouillir et l'on ajoute peu à peu la pâte d'amidon en maintenant la température de la masse à l'ébullition ; on agite constamment ce mélange et l'on obtient ainsi une masse à peu près limpide. Lorsque le liquide est à la température de 40°-45° on ajoute peu à peu dans l'obscurité et en agitant vivement, une solution de 16 gr. de nitrate d'argent dans 200 cc. d'eau distillée. Il faut avoir le soin d'agiter vivement pendant que le bromure d'argent se produit ; on mélange cette émulsion avec un égal volume d'émulsion préparée suivant la formule

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indiquée page 198, on laisse mûrir à 40° C ; on filtre au travers d'un linge, on laisse l'émulsion faire prise et on la lave comme dans tous les procédés usuels. La présence de l'amidon permet d'obtenir des couches de gélatine très dures à l'état sec. La maturation peut d'ailleurs être prolongée pendant un temps relativement long sans que les plaques préparées avec ce produit manifestent la moindre tendance au voile. Le grain du bromure d'argent est plus fin que celui des émulsions préparées sans amidon.

Une sensibilité très grande en même temps que l'obtention de couches donnant des images très fines, sont obtenues par addition d'albumine que l'on ajoute à l'émulsion avant la maturation qui précède le lavage et aussi au moment du couchage de l'émulsion. Il suffit d'ajouter une partie d'albumine sèche dissoute dans 6 à 8 cc. d'eau pour 100 cc. d'émulsion refroidie à 35-40° C. La maturation s'effectue à cette température ; le grain obtenu est très fin. Après maturation on refroidit l'émulsion pour qu'elle fasse prise, on la divise en fragments, on lave, on redissout et on ajoute la quantité de gélatine nécessaire préalablement gonflée dans l'eau ; après addition de gélatine on ajoute une quantité d'albumine sèche telle que, au moment du couchage, l'émulsion contienne environ un pour cent d'albumine sèche ; on utilise l'albumine des œufs. Cette albumine est préalablement dissoute dans une petite quantité d'eau à la température ordinaire ; on ajoute une goutte d'ammoniaque ; on filtre, on porte à 40° C. et on mélange à l'émulsion.

Il est très important quand on emploie l'albumine de ne pas porter la température de l'émulsion au delà de 55-60° C sous peine de provoquer la formation de grumeaux et la précipitation du bromure d'argent.

La manipulation des plaques ainsi préparées ne pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sente aucune difficulté; on les traite comme celles qui ont été préparées par la méthode ordinaire.

280. Plaques anti-halo. — Pour éviter la production du phénomène du halo, l'émulsion au gélatino-bromure d'argent devrait être étendue sur une surface imperméable aux rayons lumineux, de façon à éviter la réflexion sur la face postérieure du verre. On emploie dans ce but soit une couche de gélatino-iodure d'argent, soluble dans l'hyposulfite de soude, soit une couche de gélatine colorée en rouge orangé; cette couche peut facilement être décolorée à l'aide de réactifs spéciaux. Dans ce but on utilise soit un fixateur acide, soit une dissolution de sulfite ou de bisulfite de soude et d'acétone; dans certains cas on utilise les hydrosulfites, dont le pouvoir décolorant est considérable. Le plus souvent on utilise pour cette opération une solution d'hydrosulfite de zinc.

Au lieu d'employer les hydrosulfites dont la conservation est difficile, on peut préparer l'hydrosulfite de zinc au moment de l'utiliser. Il suffit pour cela, lorsque l'image a été complètement fixée et lavée, de la plonger dans une dissolution de bisulfite de soude commercial étendu de moitié son volume d'eau. Ce mélange est contenu dans une cuvette contenant une plaque de zinc. La couche de gélatino-bromure ne tarde pas à se décolorer surtout si l'on n'agite pas la cuvette, agitation qui favorise le contact de l'air et du liquide et qui, par suite, provoque l'oxydation des hydrosulfites.

Ce phénomène du halo peut d'ailleurs être atténué dans une très large mesure, quelle que soit la nature des plaques employées en se servant d'un enduit anti-halo; on applique cet enduit sur la surface du verre, du côté opposé à la couche de gélatino-bromure. L'opération se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait dans le cabinet noir, éclairé par une lumière n'ayant aucune action sur la surface sensible (Voir page 299).

Un des meilleurs enduits se prépare en délayant 10 gr. de noir de fumée dans 30 cc. d'alcool ; on ajoute la mixture obtenue à une pâte préparée en faisant dissoudre 5 gr. de chlorhydrate d'ammoniaque dans 100 cc. d'eau et ajoutant 100 gr. de dextrine jaune. On conserve en flacons bien bouchés. Cet enduit s'applique sur le dos de la plaque au moyen d'une brosse dure ; il sèche rapidement. On l'enlève à l'aide d'une éponge, après que la plaque a été disposée pendant quelques minutes sur un feutre très humide ; l'opération se fait dans le cabinet noir, immédiatement avant de développer.

Il y a souvent intérêt à employer des couches très minces, en particulier lorsque la lumière à laquelle on opère n'est pas très vive, car l'emploi des anti-halo semble diminuer la sensibilité des plaques. Dans ce cas l'enduit en couche très mince se dissout très vite dans le bain alcalin de développement. Dans 100 cc. d'eau on fait dissoudre 100 gr. d'écarlate crocéine, 6 gr. de chlorure d'ammonium et 100 gr. de dextrine jaune. Ce mélange est placé dans une cuvette et on l'applique au dos de la plaque en utilisant une balayette formée d'une pince serre-papier que l'on trouve dans le commerce.

Dans les mâchoires de cette pince on introduit une réglette mince recouverte de deux épaisseurs de flanelle; la longueur de la réglette est inférieure de 7 à 8 millimètres à celle du plus petit côté du verre à enduire, afin d'éviter les taches sur la couche sensible.

La plaque, appuyée sur un morceau de papier buvard ou placée sur une planchette spéciale analogue à celle à polir les plaques (Voir page 266), est maintenue presque verticalement pendant l'opération et relevée aussitôt

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après pour permettre à l'enduit de revenir sur lui-même et de régulariser l'étendage ; on la dépose ensuite sur une seconde feuille de buvard où elle sèche plus ou moins rapidement, suivant la nature de l'anti-halo employé ; en pratique il convient d'utiliser surtout les couches peu épaisses. On obtient un enduit très efficace en utilisant un mélange fait à sec de 100 gr. de dextrine jaune, 25 gr. d'ocre rouge que l'on triture avec 100 cc. d'eau tenant en dissolution 6 gr. de chlorure d'ammonium.

La couche d'anti-halo ne doit pas être au contact immédiat des ressorts du châssis ; les plaques doivent être isolées à l'aide d'un léger carton ou d'un papier plusieurs fois replié sur lui-même. Si l'on se sert d'un appareil à magasin, on fait glisser facilement les plaques ocrées dans les porte-plaques métalliques, en plaçant derrière chacune d'elles un rectangle de papier à lettre glacé de mêmes dimensions dont on a un peu arrondi les angles. Ce papier est entraîné par la couche ocrée qui est plus ou moins rugueuse ; l'ensemble de la plaque et du papier glisse facilement sur le métal. La couche étant absolument sèche n'adhère nullement à ces papiers qui peuvent servir indéfiniment.

On enlève la couche d'anti-halo à l'aide d'une éponge humide avant de procéder au développement des plaques. Pour les plaques de petit-format, on peut utiliser un feutre bien détrempé, mis au fond d'une large cuvette contenant une mince couche d'eau ; on y fait glisser dans tous les sens la surface ocrée et l'enduit ne tarde pas à s'enlever. Cette opération peut être faite dans l'obscurité complète ; pour plus de sûreté, on essuie ensuite le dos de la plaque avec un tampon de papier Joseph, puis on procède au développement sans modifier les formules employées pour cette opération.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

281. Plaques ortho-chromatiques. — Les émulsions au gélatino-bromure d'argent contenant les substances nécessaires pour donner des images ortho-chromatiques sont souvent étendues sur couches anti-halo. On obtient ainsi des plaques satisfaisant aux exigences de la pratique courante et en particulier à la production de photographies d'intérieur.

Pour préparer des plaques sensibles aux radiations infra-rouges, on peut utiliser les plaques préparées d'après les procédés usuels, plaques dont la sensibilité est variable ; on les baigne pendant quatre ou cinq minutes dans un liquide contenant 20 cc. de solution de bleu de bisulfite d'alizarine à 2 pour mille, 15 cc. de solution de nigrosine à 2 pour mille, 10 cc. d'ammoniaque concentrée, 1 litre d'eau et 50 cc. d'une solution aqueuse de nitrate d'argent à 25 pour mille. Les plaques immergées dans ce bain sont ensuite séchées dans l'obscurité complète.

Pour certaines reproductions de tableaux, on utilisera avec avantage l'immersion dans un bain contenant 20 à 30 cc. d'une solution d'érythrosine à 2 pour mille, 5 cc. d'ammoniaque, 15 cc. de dissolution de rouge de quinoléine dissous à la dose de 2 pour mille, 3 à 5 cc. de solution de cyanine dissoute à la dose de 2 pour mille, 500 cc. d'alcool et 500 cc. d'eau, contenant quelques centimètres cubes de dissolution d'azotate d'argent à 10 pour 100. Dans ce but on commence par mélanger les 5 cc. d'ammoniaque indiqués ci-dessus à 50 cc. d'une solution d'azotate d'argent à 10 pour cent. On filtre si c'est nécessaire et on complète le volume du liquide à 500 cc. par addition d'eau distillée : c'est ce liquide qui représente les 500 cc. d'eau de la formule. Les plaques sont immergées pendant une minute dans ce bain ; on les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait sécher dans l'obscurité complète : elles ne se conservent que peu de temps et généralement, surtout pendant l'été, deux jours après leur préparation elles donnent des images voilées. On les emploie sans écran coloré devant l'objectif.

On peut cependant conserver les plaques orthochromatiques pendant un certain temps en modifiant les formules de préparation : on supprime l'ammoniaque et le nitrate d'argent dans les formules ci-dessus et au moment de l'exposition, on utilise un écran jaune devant l'objectif. Il suffit d'immerger les plaques dans un liquide contenant 60 cc. de solution alcoolique saturée de jaune d'acridine, 10 cc. de solution de rouge de quinoléine à deux pour mille, 500 cc. d'alcool et 500 cc. d'eau ; après immersion on fait sécher dans l'obscurité. La sensibilité générale de la plaque n'est pas accrue comme cela se produit quand on utilise des bains contenant de l'ammoniaque et du nitrate d'argent, ce qui dispense de l'emploi de l'écran jaune devant l'objectif ; mais la conservation est assurée pendant plusieurs semaines, ce qui dans la pratique est assez avantageux.

282. Emballage des plaques. — MM. Guilleminot, Bœspflug et Cie ont fait breveter pour l'emballage des plaques photographiques une nouvelle boîte à tiroir et à ouverture automatique remplaçant la boîte à gorge en usage jusqu'ici. Le dispositif employé consiste en un premier étui ouvert sur un petit côté de la tranche recevant les plaques, qui, outre l'emballage ordinaire, sont enveloppées avec un papier, de manière à former un seul paquet. Ce premier étui se glisse, l'ouverture en avant, dans un second carton plus fort qui constitue l'enveloppe extérieure recevant l'étiquette. L'ouverture automatique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est réalisée par une double ficelle cachée sous l'étiquette de fermeture qu'elle coupe lorsqu'on la tire vivement à soi. En continuant la traction on amène facilement l'étui intérieur contenant les plaques.

Un certain nombre de fabricants ont adopté un mode de fermeture qui, tout en préservant complètement la plaque de l'action de la lumière et d'une ouverture accidentelle permet cependant d'ouvrir rapidement la boîte dans l'obscurité. Il suffit de coller un ruban de fil sous la bande de fermeture qui fait le tour de la boîte : en tirant à soi ce ruban la bande est rompue et l'ouverture de la boîte se fait sans difficulté, même dans le cabinet noir.

283. Essai des émulsions et des révélateurs. — Dans ces essais il faut tenir compte des lois fondamentales qui régissent les phénomènes du développement de l'image latente. D'après M. Houdaille ces lois sont au nombre de trois :

1° Les durées d'apparition sont inversement proportionnelles aux logarithmes des quantités de lumière, ou en désignant par E le coefficient qui caractérise la rapidité d'action du révélateur

$$\frac{1}{t_{q_1}} - \frac{1}{t_{q_2}} = (\log. q_2 - \log. q_1)\, E$$

Par suite si pour une émulsion et un révélateur déterminés on a noté exactement les durées d'apparition qui correspondent à des quantités de lumière connues, 1 bougie-mètre-seconde, et 10 bougie-mètre-seconde par exemple, on pourra en déduire la durée d'apparition pour une quantité de lumière quelconque. En particulier, on pourra déterminer la quantité de lumière qui correspond à une durée d'apparition infinie, cette quantité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumière peut servir à mesurer la limite inférieure de sensibilité théorique.

En particulier si $q_1 = 1$ et $q_2 = 10$, la valeur de E est donnée par la relation très simple :

$$E = \frac{t'_1 - t'_{10}}{t_1 \times t_{10}}$$

L'inverse de E, valeur exprimée en secondes sert à caractériser la rapidité d'action du révélateur ; on peut les classer de la manière suivante :

de 0 s à 60 s . . .	révélateur	rapide
60 s à 120 s . . .	»	normal
120 s et au delà . .	»	lent.

2° La deuxième loi peut être énoncée de la manière suivante : Pour des quantités de lumière comprises entre 10 fois et 1000 fois celle qui mesure la limite inférieure théorique de sensibilité, les logarithmes des opacités sont sensiblement proportionnels aux logarithmes des quantités de lumière.

Si l'on représente par O_1, O_2 les opacités qui correspondent aux quantités de lumière Q_1, Q_2, on a la relation :

$$\frac{\log O_2 - \log O_1}{\log Q_2 - \log Q_1} = K$$

On définit l'opacité d'une teinte par le rapport entre la lumière reçue et la lumière transmise par cette teinte. Il est indispensable de mesurer les opacités par une opération photographique, et il convient de considérer, non pas les opacités absolues, mais les rapports d'opacités, en rapportant toutes les mesures à l'opacité de la teinte de fond.

Le négatif normal est, par définition, celui dans lequel les opacités sont proportionnelles d'une façon absolue,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux quantités de lumière : si ces dernières vont en doublant, les opacités iront également en doublant.

Dans le négatif *doux*, les opacités croissent moins vite que les quantités de lumière et l'on a intérêt à obtenir ce résultat, toutes les fois que le sujet comporte des contrastes de lumière trop violents.

Si le sujet par lui-même est gris et monotone, on pourra chercher à produire un négatif *dur*, dans lequel les opacités croissent plus vite que les quantités de lumière.

La valeur du coefficient K, qui mesure l'inclinaison de la tangente à la courbe représentative de l'opacité, peut servir à caractériser la nature du négatif. Suivant que K sera supérieur, inférieur ou égal à l'unité, le négatif sera dur, doux ou normal.

Si l'on mesure l'opacité de deux teintes produites par des quantités de lumière connues, 1 B. M. S. et 10 B. M. S. par exemple et si l'on mesure la durée totale du développement, la comparaison des deux opacités fournira un élément d'appréciation très intéressant sur la nature du négatif qui pourra être classé d'après la valeur du rapport :

$$\frac{\log O_{10} - \log O_1}{\log Q_{10} - \log Q_1} = K$$

En déterminant le point de rencontre de la ligne définie par les deux opacités ci-dessus avec l'axe des quantités de lumière, on obtient une autre valeur de la limite inférieure de sensibilité.

En raison de la forme de la courbe d'opacité, cette valeur est trop grande et la limite réelle se trouve ainsi comprise entre une limite inférieure caractérisée par la durée d'apparition infinie et une limite supérieure obtenue en admettant que l'opacité continue à être proportionnelle aux quantités de lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Pour une même quantité de lumière, les logarithmes des opacités sont proportionnels aux durées d'une révélation comptées à partir de l'apparition de l'image.

Par suite si l'on mesure l'opacité d'une teinte produite par une quantité de lumière connue, en ayant soin de noter la durée d'apparition et la durée totale du développement, on pourra en déduire par un calcul simple l'opacité qui correspond à une durée de révélation quelconque.

284. Application. — A l'aide d'un essai très simple ces trois lois permettent de se rendre un compte exact des propriétés d'une émulsion et d'un révélateur. Le matériel que l'on utilise consiste en un compteur à secondes, un mètre, un thermomètre, un châssis $6{,}5 \times 9$, un cache percé de huit trous circulaires, une lampe étalon, ou plus simplement une bougie de l'Etoile de 7 au paquet. On opère avec un révélateur exactement dosé et à température uniforme, 15 degrés par exemple. On divise par un cache la plaque en deux parties et on impressionne par 1 B.M.S. pour la rangée de droite et 10 B.M.S. pour la rangée de gauche.

Au moyen d'un compteur à secondes on suit le développement et l'on note 20 secondes pour l'apparition de la rangée de gauche et 35 secondes pour celle de droite.

On arrête le développement au bout de 120 secondes, soit six fois la durée de la première apparition. On pourrait d'ailleurs sans inconvénient prolonger davantage cette durée qui convient à la plupart des plaques. On lave, on fixe et on procède à la mesure des opacités. Au moyen d'un cache on impressionne un papier au citrate à la lumière diffuse à travers la teinte de fond pendant 10, 13, 18 et 24 secondes, puis à travers les teintes de droite et de gauche pendant 32, 100, 320 et 1000 secondes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En comparant les teintes d'égale valeur, on mesure facilement l'opacité. Si l'on trouve par exemple que la rangée de gauche exige 1000 secondes pour produire la même impression que la teinte de fond en 18 secondes, l'opacité sera de $\frac{1000}{18} = 54$ dont le logarithme est 1.73.

Pour la rangée de droite on trouve le rapport

$$\frac{100}{13} = 7{,}7 \qquad \log.\ 7{,}7 = 0{,}89$$

Avec ces éléments la première loi sert à classer le révélateur. On traduit les résultats par un graphique. Sur deux ordonnées espacées de 100 mm., (le logarithme de 10 est alors représenté par 100 mm.) on porte l'inverse des temps d'apparition

$$\frac{1000}{2} = 50 \text{ mm.} \qquad \frac{1000}{35} = 28{,}5$$

On joint les deux points et on prolonge jusqu'à l'axe des quantités de lumière : on détermine ainsi un point qui donne la limite de sensibilité inférieure *théorique* ; on trouvera dans le cas actuel

$$\frac{48}{1000} \text{ de B.M.S.}$$

La valeur de F équivaut à

$$\frac{35 - 20}{20 \times 35} = \frac{15}{700}$$

d'où

$$\frac{1}{E} = 42 \text{ s.}$$

Par conséquent d'après la classification adoptée le révélateur peut être classé dans les révélateurs rapides.

La deuxième loi permettra de déterminer une autre limite de la sensibilité inférieure ; sur les mêmes ordonnées on porte les logarithmes des opacités soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0,89 ou 89 mm. pour opacité avec 1 B.M.S.
1,73 ou 173 mm. pour opacité avec 10 B.M.S.

On joint ces deux points, on prolonge la droite qu'ils déterminent et on obtient un autre point limite de la sensibilité inférieure qui équivaut à $\frac{84}{1000}$ de B.M.S.

La limite réelle de la sensibilité se trouvera comprise entre ce dernier point et le premier ; la position de ce point varie avec la durée du développement.

La troisième loi sert à déterminer la durée de révélation qui correspond à un négatif normal.

Soit x cette durée et O_{x_1}, O_{x_2} les opacités correspondantes ; on doit avoir

$$O_{x_{10}} - O_{x_1} = 1 ;$$

mais

$$\frac{O_{x_1}}{1,73} = \frac{x - 20}{120 - 20}$$

et

$$\frac{O_{x_1}}{0,89} = \frac{x - 35}{120 - 35}$$

d'où

$$x = 144 \text{ s}$$

Avec cette émulsion et ce révélateur employé à 15°, on obtiendra un négatif normal en arrêtant le développement au bout de 144 s. Il faut de plus que les grandes lumières du négatif soient assez opaques pour donner des blancs sur l'épreuve lorsque les parties transparentes auront fourni des noirs.

L'expérience montre que pour les papiers au citrate, le rapport des deux opacités extrêmes doit être de 50 environ ; la teinte de fond servant de terme de comparaison, il suffit de déterminer la quantité de lumière qui fournit l'opacité 50. La deuxième loi donne immédiatement la solution en traçant une ligne qui correspond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'opacité 50. On trouve pour une durée de révélation de

120 s 9 B.M.S.

et pour une durée de révélation de

144 s 4 B.M.S.

Il faut donc augmenter la durée de la pose pour obtenir un négatif doux et la diminuer pour obtenir un négatif dur.

Lorsque la plaque donne un voile de fond, on est tenté d'attribuer à l'émulsion une sensibilité beaucoup trop considérable. Le seul essai de la limite inférieure de sensibilité est insuffisant pour classer une émulsion, s'il n'est pas contrôlé et complété par la détermination du voile latent. Pour apprécier sa valeur on compare les opacités fournies d'un côté par le voile latent, de l'autre par une impression de 1 B.M.S.

Dans ce but une plaque $6,5 \times 9$ reçoit sur la moitié de sa surface une impression de 1 B.M.S., l'autre moitié étant protégée par un cache. Pour développer on fait descendre la plaque par un mouvement d'horlogerie très lent dans une cuvette verticale.

On obtient ainsi deux teintes dégradées dont l'une correspond au voile latent, l'autre à l'impression d'une bougie-mètre-seconde. De l'examen de ces teintes on peut tirer les renseignements suivants :

1° La durée nécessaire pour que le voile latent soit perceptible ;

2° La durée qui correspond à un voile d'une opacité déterminée, 2 par exemple ;

3° La valeur du rapport des logarithmes d'opacités des deux teintes. Ce rapport, nul au début, croît progressivement pour atteindre une valeur sensiblement constante lorsque la durée du développement augmente dans de très fortes proportions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La valeur de ce rapport peut servir à caractériser le voile latent ; en général cette valeur varie suivant les émulsions de 0,10 à 0,30.

285. Appareil d'essai d'une émulsion. — L'appareil d'essai du commandant Hondaulli permet de déterminer la rapidité d'une émulsion. Il se compose d'un disque tournant, mû par un mouvement d'horlogerie (fig. 183). Ce disque est percé de sept ouvertures dont la plus petite correspond à la centième partie de la circonférence et dont chacune est double de la précédente.

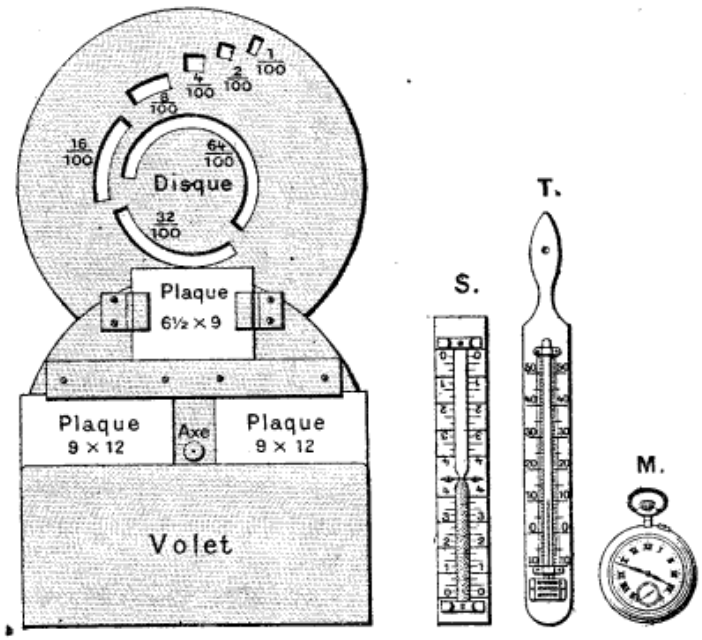


Fig. 183.

En arrière du disque, on peut placer deux plaques du format 9×12 et, au moyen de volets fixes ou mobiles, on peut recouvrir le quart ou la moitié de ces plaques : donc si on expose l'appareil à la lumière d'une bougie à 1 m. pendant 10 secondes et 1 seconde, chaque plaque sera divisée en trois zones distinctes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La zone A, protégée par le volet fixe, n'a reçu aucune impression et sert à mesurer le voile.

La zone B est divisée en sept bandes ayant reçu $\frac{1}{100}$, $\frac{2}{100}$, $\frac{4}{100}$, $\frac{8}{100}$, $\frac{16}{100}$, $\frac{32}{100}$, $\frac{64}{100}$ de B.M.S. et elle est utilisée pour mesurer la limite inférieure de sensibilité.

La zone C divisée également en sept bandes ayant posé dix fois plus $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, ... $\frac{64}{10}$ de B.M.S. permettra de mesurer la gamme d'opacité, la limite supérieure de sensibilité, la quantité de lumière minima, la durée normale du développement, etc.

Le procédé opératoire consiste à exposer deux plaques soit de même émulsion s'il s'agit d'un essai en valeur absolue, soit d'émulsions différentes si l'on se contente d'un essai comparatif. Après avoir développé, fixé et séché, on replace les clichés dans l'appareil, et l'on tire par contact sur la même émulsion un contretype dans des conditions rigoureusement identiques.

Pour le développement on a soin de diviser le révélateur en deux parties égales et de noter exactement sa température.

L'examen des deux clichés, du type et du contretype fournit toutes les indications nécessaires.

1° En observant les durées d'apparition des sept teintes de la zone intermédiaire, on peut en déduire graphiquement la limite inférieure de sensibilité théorique avec une approximation de $\frac{1}{100}$ de B.M.S. soit 10 pour 100 environ.

2° La limite inférieure de sensibilité pratique est obtenue d'une manière approchée en observant la dernière teinte franchement perceptible de la zone intermédiaire ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque l'on a déterminé la limite supérieure de sensibilité et la durée normale de développement, on peut mesurer cette limite inférieure de sensibilité pratique avec une approximation beaucoup plus grande.

3° Pour mesurer la limite supérieure de sensibilité on compare successivement chacune des sept teintes de la zone C du contretype avec une des teintes de la zone A. On détermine de cette façon l'opacité de chacune des sept teintes avec une approximation assez faible, en tant que mesure isolée, mais suffisante pour tracer sans indécision l'élément de droite qui caractérise la couche d'opacité dans cette région. Le prolongement de cette droite jusqu'à l'axe des abscisses détermine la limite supérieure de sensibilité.

4° La gamme d'opacité est donnée par le contretype : si cette gamme est normale, les sept teintes du contretype sont d'égale valeur ; le moindre écart donne une gamme ascendante ou descendante qui caractérise un cliché doux ou dur.

5° La durée du développement qui donne la gamme normale peut être déduite par une simple proportion de la valeur de la gamme d'opacité. Si l'essai a porté sur deux plaques de la même émulsion dont on a limité le développement à des durées différentes, on peut régler la durée de développement du deuxième cliché de façon à se rapprocher beaucoup de la gamme normale. On pourra, dans ce cas, obtenir la durée normale de développement avec une approximation de 5 à 10 secondes, bien suffisante dans la pratique.

La formation de l'image sur plaque à la gélatine est le résultat de la superposition de deux phénomènes bien distincts, un phénomène physique, celui de l'imbibition de la gélatine par l'eau, et un phénomène chimique, celui de la décomposition du sel d'argent par le révélateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La durée totale du développement normal peut donc s'obtenir en additionnant ces deux durées, dont l'une est à peu près constante et égale à 100 secondes environ pour les gélatines des émulsions extra-rapides, l'autre très variable avec la nature et la composition du révélateur et pouvant se mesurer par quelques secondes ou par des heures.

6° La quantité de lumière suffisante pour qu'un négatif donne une épreuve positive acceptable est fonction des contrastes existant entre les blancs et les noirs.

Dans la gamme d'opacité 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, l'opacité 32 doit être prise comme opacité minima suffisante pour obtenir une bonne épreuve positive. La gamme des teintes du contre type permet de déterminer très exactement la quantité de lumière correspondante.

7° L'observation des durées d'apparition permet d'effectuer la mesure du voile avec une grande précision. On coupe une plaque en deux parties dont l'une est immédiatement fixée; l'autre est immergée dans le révélateur pendant la durée normale du développement ou une durée double, triple, quadruple, etc. Les deux moitiés fixées et reliées servent à tirer un contre-type au moyen de l'appareil d'essai.

Les images des sept teintes qui correspondent à la portion de la plaque fixée immédiatement apparaissent plus rapidement : on note ces durées d'apparition et on en déduit la valeur du voile exprimée par le rapport de la lumière reçue à la lumière transmise.

La mesure du voile peut d'ailleurs se faire en observant la venue du contre-type qui doit servir à la mesure des opacités dans la région qui correspond à la zone protégée du cliché original.

8° L'influence de la température et celle du temps de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pose peuvent être mesurées à l'aide de l'appareil de M. le commandant Hondaille : la durée d'apparition de l'image et la durée totale du développement permettent une appréciation assez exacte.

En employant la même émulsion et le même révélateur exactement dosé et opérant entre 10° et 25° C. une variation de 1° dans la température du révélateur entraîne une variation de 5 pour 100 en sens inverse dans la durée d'apparition de l'image, ainsi que dans la durée totale du développement. Pour cette appréciation de l'apparition de l'image, il est préférable de ne pas tenir compte du ciel dans un paysage, mais bien du sujet principal.

La durée d'apparition varie de 15 pour 100 lorsque la durée de pose va en doublant. On dispose donc d'un moyen relativement précis d'apprécier la sous-exposition et la surexposition si l'on emploie les révélateurs à action lente qui font apparaître l'image en 60 s et qui la complètent en 300 s ou 5 m.

9° La durée totale du développement est celle qui permet d'obtenir une représentation correcte des intensités lumineuses. Si la loi qui relie les opacités aux quantités de lumière pouvait se traduire par une ligne droite, cette durée serait invariable et absolue pour une même émulsion et un même révélateur; pratiquement on observe que la gamme de teintes a une tendance à la dureté dans les parties surexposées et, au contraire devient douce dans les parties sous-exposées.

Il convient d'apporter la correction suivante à la durée normale de révélation :

Sous-exposé $\frac{1}{4}$	augmenter la durée de 30 pour 100
Sous-exposé $\frac{1}{2}$	augmenter la durée de 15 pour 100
Pose normale.....	temps normal
Surexposé 2 fois.....	diminuer la durée de 5 pour 100
Surexposé 4 fois.....	diminuer la durée de 10 pour 100

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on ne modifie pas le révélateur et si l'on désire des épreuves positives à peu près identiques la tolérance de pose peut varier de 1 à 4; si l'on se contente d'épreuves non comparables, mais utilisables la tolérance peut varier de 1 à 16.

En modifiant le révélateur par addition de bromure on peut quadrupler ce chiffre dans le cas de surexposition et atteindre l'écart 1 à 64.

286. Influence de la température sur le révélateur. — Le révélateur qui paraît le plus sensible à l'action de la température est celui contenant de l'hydroquinone : à 0° C. cette substance n'agit presque pas tandis que si la température dépasse 25° C. elle peut produire des images voilées. L'acide pyrogallique, la pyrocatéchine sont moins sensibles à l'influence de la température que les autres révélateurs.

Le *pouvoir réducteur* d'un révélateur affecte surtout la densité de l'image développée; l'énergie du dévoloppateur influe principalement sur la rapidité du développement.

L'énergie d'un révélateur alcalin dépend principalement de la quantité d'alcali dissous. Si l'on augmente progressivement la proportion d'alcali dans le révélateur on constate au début un accroissement très net dans la rapidité du développement. Cette rapidité atteint bientôt une valeur maxima qu'elle ne peut dépasser. En diluant un révélateur alcalin, la durée du développement s'allonge et se trouve réglée dans chaque cas par l'alcalinité de la dissolution.

L'addition de substances telles que le bromure de potassium, la glycérine, les glucoses, combinée avec les variations de température constitue un excellent moyen

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de faire varier la durée du développement sans modifier la nature du bain révélateur.

287. Emploi de l'alcool dans le développement. — L'addition d'alcool au bain d'amidol permet de développer les plaques à la température relativement élevée de 30 à 40° C. On utilise 5 grammes de sulfite de soude cristallisé, 0 gr. 5 d'amidol, 100 cc. d'eau et 100 cc. d'alcool que l'on ajoute peu à peu à la solution de sulfite de soude : on évite ainsi la précipitation de ce sel. Le développement nécessite un temps trois à quatre fois plus long que celui qui est nécessaire avec le bain ordinaire à l'amidol ; la dissolution ne noircit que lentement ; il faut prolonger l'action de ce révélateur jusqu'à ce que l'image soit visible au dos de la plaque.

288. Révélateur à l'édinol. — L'édinol est un chlorhydrate de métamido-orthooxybenzyl-alcool. Par sa propriété révélatrice il tient le milieu entre les révélateurs de la catégorie des phénols et les révélateurs rapides de la catégorie des amidophénols. Son action développatrice se laisse facilement ralentir par tous les produits retardant le développement, et entre autres par l'addition de 10 à 30 0/0 d'une solution saturée de bicarbonate de soude.

Il se présente sous forme d'une poudre blanche se dissolvant facilement dans l'eau ; cette propriété permet de préparer un révélateur concentré en faisant dissoudre 20 gr. de sulfite de sodium dans 100 cc. d'eau ; on ajoute 10 gr. d'édinol, puis 50 grammes de carbonate de soude cristallisé ; on complète à 200 cc. avec de l'eau. Pour l'emploi, la solution est allongée de cinq à dix fois son volume d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut obtenir des dissolutions plus concentrées en ajoutant une quantité convenable d'alcali caustique à une dissolution de sulfite de sodium dans laquelle se trouve de l'édinol en suspension : l'addition de quantités d'eau plus ou moins grandes permet d'obtenir un révélateur développant sans dureté ; avec la plupart des plaques l'image diminue d'intensité dans le bain de fixage.

Les solutions concentrées d'édinol avec métabisulfite de potassium se conservent pendant fort longtemps ; il en est de même du mélange d'édinol et de sulfite de sodium, pourvu qu'il soit conservé en flacons bien bouchés. On peut préparer des solutions de réserve en utilisant soit le carbonate de soude, soit le carbonate de potasse : avec le premier de ces sels on obtient un bain qui agit plus lentement que celui au carbonate de potasse, mais les négatifs sont très limpides et d'une bonne couleur brune.

Ces révélateurs se conservent en flacons séparés ; dans l'un on fait dissoudre 100 gr. de sulfite de soude anhydre dans un litre d'eau et l'on ajoute 10 gr. d'édinol ; dans l'autre on fait dissoudre 100 gr. de carbonate de soude cristallisé dans un litre d'eau ; pour l'emploi on mélange les deux dissolutions par parties égales.

Le révélateur édinol-potasse se prépare en faisant dissoudre 100 gr. de sulfite de soude anhydre dans un litre d'eau et ajoutant 10 gr. d'édinol. Dans un second flacon on fait dissoudre 50 gr. de carbonate de potasse dans un litre d'eau ; ces deux dissolutions sont mélangées par parties égales au moment de l'emploi.

L'emploi de la lithine caustique permet d'obtenir un révélateur qui agit très rapidement. On fait dissoudre 25 gr. de sulfite de sodium anhydre dans un litre d'eau ; on ajoute 4 gr. d'édinol et 2 gr. de lithine caustique ; ce révélateur donne des images riches en demi-teintes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

289. Révélateur à la métoquinone.— La métoquinone est une combinaison de méthylparamidophénol (métol) et d'hydroquinone : cette dernière substance a un caractère exclusivement acide, tandis que l'autre a une fonction nettement basique. MM. Lumière frères et Seyewetz qui ont fait breveter l'emploi et la fabrication de cette substance, la préparent en mélangeant des solutions aqueuses saturées de métol et d'hydroquinone, dans la proportion de deux molécules de métol pour une molécule d'hydroquinone ; on sature ensuite par du sulfite de soude anhydre. On obtient après quelques instants un précipité abondant, se présentant sous forme de paillettes brillantes, blanches, fondant sans décomposition vers 135°. La combinaison ainsi obtenue est soluble à la dose de 1 pour 100 dans l'eau à 15° C, et 10 pour 100 à 100° : par refroidissement on obtient de beaux cristaux. Ce produit se dissout fort bien dans l'acétone ; 100 cc. d'acétone en dissolvent environ 35 gr. à la température ordinaire, ce qui permet de préparer un révélateur très concentré.

La métoquinone jouit de propriétés révélatrices que ne possèdent ni le métol, ni l'hydroquinone, ni le mélange de ces deux substances : elle développe avec la seule adjonction de sulfite alcalin ; son action révélatrice en présence du sulfite de soude est deux fois moins rapide que celle du diamidophénol, mais elle donne des images d'une intensité et d'une transparence dans les noirs tout à fait comparables à celles obtenues avec ce révélateur.

Le bain de développement se prépare en faisant dissoudre 9 grammes de métoquinone dans un litre d'eau et ajoutant 60 grammes de sulfite de soude anhydre. La solution ne se colore pas pendant le développement et le liquide ayant servi peut être utilisé pour une autre opé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration sans qu'il soit nécessaire de prendre des précautions spéciales pour sa conservation.

L'addition de carbonates alcalins dans les bains renfermant la métoquinone augmente considérablement l'énergie réductrice de ce produit. Avec 1 pour 100 de carbonate de soude on obtient un effet accélérateur très marqué, et avec 2 pour 100 on obtient le maximum d'intensité. La rapidité du développement est environ deux fois et demie plus grande en présence de carbonate de soude que sans l'addition de cette substance ; le carbonate de potasse agit comme le carbonate de soude. L'image obtenue est plus vigoureuse que celle formée avec le sulfite alcalin seul.

Le révélateur normal avec carbonate de soude se prépare en faisant dissoudre 9 grammes de métoquinone dans un litre d'eau, ajoutant 60 grammes de sulfite de soude anhydre et 10 grammes de carbonate de soude.

La métoquinone se dissout à la dose de 35 grammes dans 100 cc. d'acétone ; cette grande solubilité permet de préparer des révélateurs concentrés d'un emploi très pratique pour les voyages ; on peut aussi additionner d'acétone le révélateur au sulfite ; de petites quantités d'acétone ont un effet très marqué et le pouvoir réducteur augmente lorsqu'on fait croître la quantité d'acétone jusqu'à 5 cc. pour 100 de révélateur.

La solution de métoquinone dans l'acétone doit être conservée dans des flacons bien bouchés, sans quoi elle absorbe lentement l'oxygène de l'air et se colore en brun. Si l'on emploie la dissolution saturée de métoquinone dans l'acétone, on prépare le révélateur avec 30 cc. de cette solution saturée, un litre d'eau, et 60 gr. de sulfite de soude anhydre.

Les alcalis caustiques augmentent considérablement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'énergie de ce révélateur. En additionnant un litre de révélateur normal de 5 gr. de lithine caustique la rapidité du développement est environ deux fois plus grande qu'avec le carbonate de soude et cinq fois plus grande qu'avec le sulfite de soude ; en portant à 10 gr. la quantité de lithine caustique on obtient le maximum d'effet. La solution possède ainsi une énergie révélatrice considérable qui permet de tirer un parti très avantageux des négatifs sous-exposés.

Le formosulfite remplissant à la fois le rôle de l'alcali et du sulfite alcalin donne de très bons résultats pour le développement à la métoquinone ; pour un litre de révélateur on utilise 9 gr. de métoquinone et 60 gr. de formosulfite ; ce corps se comporte avec la métoquinone comme les carbonates alcalins, tandis qu'il se comporte comme alcali caustique avec divers autres révélateurs, l'hydroquinone par exemple.

Tous les révélateurs à la métoquinone sont très sensibles à l'action du bromure de potassium ; avec 2 à 3 cc. de solution de 10 pour 100, l'effet retardateur est très marqué, propriété qui permet de tirer un parti très avantageux des négatifs surexposés.

C'est surtout lorsqu'on emploie la métoquinone pour le développement des positifs sur papier que se manifeste l'action du bromure de potassium. En présence du sulfite de soude seul, le révélateur normal permet d'obtenir de beaux noirs et des blancs très purs. L'addition d'une faible quantité d'alcali au révélateur n'altère nullement l'éclat des blancs et augmente l'intensité des noirs qui devient alors supérieure à celle que donne le révélateur au diamidophénol.

Pour le développement des papiers au gélatino-bromure il convient d'employer un bain préparé avec un litre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau, 9 gr. de métoquinone, 60 gr. de sufilte anhydre, 10 gr. de carbonate de soude anhydre et 10 cc. de solution de bromure de potassium à 10 pour 100.

Le sulfite et le carbonate alcalin peuvent être avantageusement remplacés par 60 gr. de formosulfite ; on obtient alors des noirs très intenses.

Les révélateurs à la métoquinone n'altèrent pas la gélatine ; les solutions, même en flacons non bouchés, se conservent sans altération appréciable ; le même bain peut servir à développer un grand nombre de négatifs et grâce à l'action des alcalis carbonatés, caustiques, ou même du formosulfite, on dispose d'un révélateur très élastique ; enfin comme il est sensible à l'action du bromure de potassium on peut tirer parti des négatifs surexposés. Ces qualités précieuses ont fait rapidement adopter ce produit.

290. Révélateurs à la métocatéchine, au métopyrogallol. — Nous avons constaté que si dans la préparation de la métoquinone on remplace l'hydroquinone soit par la pyrocatéchine, soit par l'acide pyrogallique, on peut obtenir des corps bien cristallisés qui jouissent de propriétés analogues à celles de la métoquinone. La combinaison obtenue par l'emploi du métol et du pyrogallol développe plus rapidement que ne le fait la métoquinone, mais les solutions aqueuses se conservent moins longtemps ; avec la pyrocatéchine, au contraire, on prépare un corps cristallisé qui fournit un révélateur agissant lentement, donnant de beaux noirs et des blancs très purs et dont les solutions se conservent fort bien. L'action des alcalis, celle des carbonates alcalins, de l'acétone, du formosulfite est la même que celle observée avec la métoquinone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

291. Emploi des sulfites dans les développateurs. — En présence de sulfite de soude, l'acétone peut jouer le rôle d'alcali dans certains développateurs photographiques. Il est fort probable qu'il se forme un phénate alcalin par la combinaison du révélateur à fonction phénolique avec une partie de l'alcali du sulfite de soude, ce dernier passant à l'état de bisulfite et donnant avec l'acétone une combinaison bisulfitique. Cette réaction a lieu en partie ; elle est limitée par la réaction inverse et se continue au fur et à mesure de la destruction du phénol dans le développement.

Le sulfite d'acétone Bayer que l'on prépare par l'action du bisulfite de soude sur l'acétone, se trouve dans le commerce. Ce produit se conserve plus facilement que le sulfite de soude : il remplace avantageusement soit ce dernier, soit le métabisulfite de potasse dans la composition des bains révélateurs : 5 gr. de sulfite d'acétone Bayer produisant le même effet que 30 gr. de sulfite de soude cristallisé ; ce produit peut d'ailleurs remplacer le bisulfite de soude dans les bains de fixage ; il suffit d'ajouter 8 gr. de sulfite d'acétone à un litre de bain.

Le trioxyméthylène ou paraformaldéhyde est un polymère de l'aldéhyde formique ; il est insoluble dans l'eau, mais soluble dans une solution de sulfite de sodium. La solution sulfitique ainsi obtenue insolubilise la gélatine comme le fait la solution aqueuse d'aldéhyde formique, solution vendue dans le commerce sous le nom de formol. Il faut employer le trioxyméthylène en très faible quantité pour éviter le voile : c'est ainsi qu'avec le révélateur à l'hydroquinone il convient d'en utiliser 100 fois moins que de carbonate de sodium pour produire les mêmes effets. On prépare une solution concentrée de formosulfite contenant 200 gr. de sulfite de sodium anhydre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour un litre d'eau et 6 gr. de trioxyméthylène ; cette solution de formosulfite remplace le mélange de sulfite et de carbonate dans les bains révélateurs. On se sert de 45 cc. de cette solution pour 1 gr. de pyrogallol ou d'hydroquinone ou d'iconogène ; on porte cette dose à 70 cc. pour 1 gr. de pyrocatéchine ou de paramidophénol. Les images ainsi développées présentent une grande intensité. Il est préférable, dans tous les cas où on peut le faire, d'introduire d'abord une faible portion de la quantité de formosulfite devant entrer dans la composition du bain normal et de n'ajouter le reste en quantité variable qu'au fur et à mesure du développement. On peut aussi dépasser la dose indiquée dans les cas ou l'image apparaît avec les caractères de la sous-exposition ; on peut aussi utiliser le formosulfite du commerce.

292. Emploi du formosulfite. — Le formosulfite est un produit à base de formol et de sulfite de soude anhydre qui peut remplacer à la fois le sulfite de soude et les alcalis caustiques ou carbonatés dans la préparation des révélateurs alcalins. Il n'est utilisé qu'en petite quantité comparativement aux poids de sulfite et de carbonate alcalin employés habituellement, ce qui rend son usage très économique. Il se conserve sans altération en poudre ou en solution, ce qui n'est pas le cas des alcalis caustiques ; son rôle d'alcali énergique se manifeste sans présenter les inconvénients habituels de l'emploi des alcalis carbonatés et surtout caustiques, dont le principal est la désagrégation de la gélatine : grâce à la présence du formol, il tend à durcir la couche gélatinée ; enfin avec certains révélateurs, et en particulier avec la métoquinone, il donne des résultats supérieurs comme intensité des noirs et pureté des parties transparentes à ceux fournis par l'emploi des alcalis.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas de surexposition, on ajoutera aux révélateurs préparés avec le formosulfite les mêmes quantités de bromure de potassium et dans les mêmes conditions que s'il s'agissait d'un révélateur ordinaire. Dans certains cas, on peut n'additionner le révélateur que d'une fraction seulement de la quantité de formosulfite que comporte la formule du révélateur normal et n'ajouter le reste qu'au fur et à mesure du développement. On pourra ainsi diminuer, s'il y a lieu, l'énergie révélatrice pour compenser les effets de la surexposition; inversement il sera également possible d'améliorer les images sous exposées en augmentant, le cas échéant, la quantité de formosulfite.

Ce composé est très soluble dans l'eau (28 pour cent à la température ordinaire) ; on prépare une solution saturée et l'on ajoute de cette dissolution la quantité nécessaire pour obtenir le révélateur normal.

Les formules de ces révélateurs normaux, quand on utilise le formosulfite solide sont les suivantes :

A) Acide pyrogallique, 10 gr., formosulfite, 90 gr., eau, 1 litre ;

L'acide pyrogallique peut être remplacé par la même quantité d'hydroquinone, ou de métol, ou de paramidophénol, ou de métoquinone ;

B) Iconogène, 15 gr., formosulfite, 90 gr., eau, 1 litre;

C) Hydramine, 5 gr., formosulfite, 50 gr., solution de bromure de potassium à 5 pour cent, 2 cent. cubes.

D) Pyrocatéchine, 10 gr., formosulfite, 160 gr., eau, 1 litre.

Pour révéler les diapositives à tons chauds, on emploiera 25 gr. de formosulfite, 10 gr. d'hydroquinone, 1 gr. de bromure de potassium et 1 litre d'eau ; en augmentant la proportion de formosulfite on obtient des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tons beaucoup plus verdâtres. La couleur de l'image est variable, sanguine, brun sépia ou verdâtre. Plus le temps de pose est long et le développement rapide, plus les tons obtenus sont rouges. On obtiendra des images encore plus rouges si l'on additionne le révélateur de son volume d'eau.

293. Destruction du voile dichroïque. — Le voile spécial, connu sous le nom de *voile dichroïque* est caractérisé par la fluorescence que prend la gélatine des plaques photographiques après le développement et le fixage La coloration de cette gélatine est rougeâtre, rouge, rouge orangé ou violet par transparence, tandis qu'elle paraît vert jaunâtre, vert, bleu ou jaune verdâtre par réflexion. Le négatif examiné à la lumière réfléchie est opaque et semble avoir été fixé incomplètement.

Ce voile prend naissance dans le développement toutes les fois que le révélateur renferme un dissolvant du bromure d'argent : il suffit d'une très petite quantité d'hyposulfite de soude pour produire le phénomène.

Le voile dichroïque peut aussi être produit dans le bain de fixage si ce dernier est additionné d'une petite quantité de révélateur et de sulfite de soude pour les réducteurs du type diamidophénol et d'un excès de carbonate alcalin pour les révélateurs alcalins.

Le manque de pose, la prolongation du développement, la présence de substances augmentant le pouvoir réducteur du révélateur, constituent des conditions favorables à la production du phénomène. La substance qui constitue le voile dichroïque renferme une très grande quantité d'argent et les réactifs qui agissent sur elle se comportent comme si elle était constituée par de l'argent pur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La destruction du voile dichroïque peut être réalisée en transformant l'argent de l'image et l'argent du voile en un composé noir stable, tel que le sulfure ; on peut le détruire aussi par les affaiblisseurs. Le voile pourra aussi disparaître par transformation de l'argent de l'image et de l'argent du voile en un composé insoluble pouvant être réduit par un révélateur ; enfin le traitement par les oxydants constituera un bon moyen de faire disparaître ce voile.

Le voile formé dans le révélateur ou *voile superficiel*, est moins important que celui formé dans le fixateur, ou *voile profond* ; ils se comportent d'une façon différente vis-à-vis des divers réactifs, les uns agissant plus facilement à la surface de la couche, les autres exerçant surtout leur action dans les parties les plus profondes.

La transformation du composé argentique du voile dichroïque en sulfure se fait lentement avec l'hydrogène sulfuré, plus rapidement avec les sulfures alcalins, mais l'action de ces derniers tend à décoller la couche de gélatine ; avec l'hydrogène sulfuré naissant, on opère rapidement sans avoir à redouter les inconvénients des sulfures alcalins. On arrive à ce résultat en ajoutant une petite quantité d'acide tartrique ou citrique dans une solution d'hyposulfite de soude. Le léger dépôt de soufre qui se produit à la surface du négatif peut être enlevé facilement en frottant la couche avec un tampon d'ouate. Le voile superficiel disparaît ainsi plus facilement que le voile profond.

Les affaiblisseurs employés habituellement font bien disparaître le voile dichroïque, en même temps ils dissolvent l'image. Le persulfate d'ammoniaque enlève très facilement le voile profond sans altérer sensiblement l'image, pourvu qu'on prenne la précaution d'arrêter

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'action du persulfate en plongeant le négatif dans une solution de sulfite ou de bisulfite de soude aussitôt que le voile a été dissous. Le voile superficiel est dissous par la solution de persulfate d'ammoniaque à 3 p. 100, mais l'image se dissout en partie.

La transformation du composé argentique du voile en un composé insoluble pouvant être réduit par un développateur amène la disparition du voile dichroïque, mais il se produit un voile d'argent réduit, d'une couleur jaunâtre, plus ou mois opaque, peu favorable au tirage des épreuves.

L'action des oxydants permet de transformer l'argent de l'image et en même temps celui du voile, en oxyde d'argent ou en tout autre composé oxydé dont la faible opacité permet de supprimer pour le tirage les inconvénients du voile dichroïque.

Le persulfate d'ammoniaque neutralisé par un alcali faible ne dissout plus l'argent de l'image comme lorsqu'il est légèrement acide ; aussi l'utilise-t-on à l'état neutre pour la destruction de l'hyposulfite de soude sans crainte de dissoudre l'image ; il n'a pas d'action appréciable sur le voile dichroïque ; mais ce voile est complètement détruit, au bout de quelques instants, quelle que soit son intensité par une solution de permanganate de potassium à un pour mille. Il se dépose dans la couche de l'oxyde de manganèse. En plongeant ensuite le négatif dans une solution de bisulfite de sodium, on dissout l'oxyde de manganèse et toute trace de l'accident a disparu sans que l'image ait été affaiblie. On constate pourtant que la couleur de l'image a été modifiée ; elle est devenue plus brunâtre ; lorsqu'on examine par réflexion l'image sèche, on peut observer qu'elle présente des places miroitantes, ce qui n'a aucune influence sur le tirage. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traitement au permanganate de potassium suivi d'une immersion au bain de bisulfite de soude s'applique à tous les cas et fait disparaître le voile profond et le voile superficiel.

§ 3. PHOTOGRAPHIE SOUTERRAINE

294. Photographie souterraine.— La photographie des grottes souterraines et des intérieurs peu éclairés peut être réalisée à l'aide de la poudre de magnésium. Le maniement des appareils lumineux, la quantité de magnésium à employer, la durée du temps de pose, la position du point lumineux par rapport à l'axe de l'objectif, en un mot les manipulations matérielles sont soumises à certaines règles qui diffèrent de celles que l'on a l'habitude de suivre quand il s'agit d'obtenir des portraits à la lumière du jour. La surface qu'il s'agit d'éclairer est souvent considérable; elle est à des distances quinze et vingt fois plus grandes que quand il s'agit de faire poser dans l'atelier ; les surfaces intérieures sont souvent de teinte sombre et, par suite, réfléchissent peu la lumière employée. De plus le recul manque très souvent et pour obtenir une profondeur de champ suffisante on est obligé de diaphragmer, ce qui augmente la durée du temps de pose ; enfin pour obtenir un point de comparaison, il est bon de placer, pas trop loin, un ou deux personnages qui donneront l'échelle pourvu qu'ils ne soient placés ni trop près ni trop loin (entre 5 et 25 ou 30 mètres) : aux distances extrêmes l'éclairage est souvent insuffisant.

Le relief de l'image ne s'obtient d'une façon correcte que si l'on emploie un seul foyer lumineux, à moins qu'il s'agisse de photographier des objets relativement rapprochés (8 mètres et en deçà) : dans ce cas on utilise un foyer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumineux intense et un second foyer, dont l'effet sera d'adoucir la crudité des ombres à la façon d'un réflecteur dans l'atelier. Ce procédé donne des effets spéciaux s'il s'agit de photographier des objets placés à quinze mètres et au delà. Le plus souvent il y a lieu de produire du même point un ou plusieurs éclairs suffisamment intenses en brûlant la poudre de magnésium ; le foyer secondaire est produit soit par la combustion de la poudre, soit par celle du ruban de magnésium. L'emploi de cette dernière substance produit une fumée moins gênante pour les poses successives que l'on est souvent appelé à faire.

Il faut donc consulter le sens du courant d'air qui entraîne la fumée dans une caverne et remonter ce courant : on s'éloignera ainsi du point où la fumée tend à s'accumuler et, de cette façon, elle ne diminue pas la transparence de l'atmosphère, condition nécessaire à la rapidité de l'opération et à la séparation bien nette des divers plans.

Lorsque l'on manque de recul et que la vue représente une série d'objets plus ou moins espacés la netteté de l'image exige l'emploi d'objectifs de court foyer par rapport à la dimension de la plaque ; ces objectifs doivent être diaphragmés pour obtenir une profondeur de champ suffisante. L'inconvénient du diaphragme se manifeste ici par l'aplatissement de l'image, le manque d'effet et l'on n'obvie que très incomplètement, à ce défaut, en employant des charges successives de magnésium. La règle préconisée depuis longtemps par Dallmeyer, pour la photographie en plein air du temps du collodion humide, trouve ici son application : employer le plus grand diaphragme possible. On obtiendra des images brillantes, l'air circulera entre les divers plans qui n'auront pas l'apparence de découpures juxtaposées l'une sur l'autre. Les conditions les plus favorables se présentent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque le premier plan est à une distance correspondant à la distance hyperfocale de l'objectif; dans ce cas l'objectif peut travailler à toute ouverture,ce qui n'a pas seulement pour effet de diminuer la durée du temps de pose, mais contribue surtout à donner des images brillantes.

La quantité de magnésium à employer varie avec la distance du dernier plan, la couleur des parois de l'intérieur, l'ouverture de l'objectif. On peut admettre que pour un arrière-plan placé à 5 mètres de distance, avec une coloration neutre du sujet et un objectif diaphragme à $\frac{F}{10}$ il suffira de brûler complètement 5 grammes de magnésium, tandis qu'il faudra en brûler, en plusieurs temps, jusqu'à 25 grammes si les dimensions du sujet sont considérables et s'étendent à 60 ou 80 mètres.

Le mise en plaque s'effectue en plaçant aux points extrêmes du sujet à photographier des bougies allumées qui permettent de repèrer ces points extrêmes. La mise au point, si l'on n'utilise pas un appareil à foyer fixe, se fera sur le sujet principal au voisinage duquel on place devant une bougie allumée une glace dépolie portant une croix noire. Cette croix est très visible : elle permet une mise au point rapide.

Les plaques à utiliser seront préparées avec une émulsion aussi sensible que possible : les émulsions de cette nature rendent les détails dans les ombres plus exactement que ne le font les émulsions lentes ; elles permettent aussi d'abréger la durée du temps de pose ; le plus souvent il sera inutile d'employer les anti-halo; presque toujours il y aura avantage à user d'un révélateur lent qui n'empâte pas les grands noirs et laisse aux ombres une transparence suffisante. Le révélateur à la métoquinone est particulièrement recommandable pour cet objet ; l'emploi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un retardateur est presque toujours inutile, car, en photographie souterraine, l'insuccès le plus fréquent provient du manque de pose.

La source d'éclairage la plus pratique est la lampe à insufflation de magnésium ; un des modèles les plus commodes est celui de Nadar ; dans cette lampe la poudre de magnésium est insufflée dans une très haute flamme d'alcool : on donne à cette flamme la plus grande hauteur possible de façon à assurer la combustion complète de la poudre de magnésium ; il y a avantage à brûler la totalité de la charge par paquets de 2 à 3 grammes, séparés par un intervalle d'une seconde environ. Pour la meilleure utilisation du magnésium il convient de ne pas opérer avec une vitesse d'écoulement du magnésium supérieure à 1 gramme par seconde ; un essai fait à froid en recueillant la poudre de magnésium insufflée, permet de déterminer cette vitesse pour l'appareil que l'on utilise.

La position du point lumineux par rapport à l'axe de l'objectif est extrêmement importante. Les meilleures conditions d'éclairage du sujet sont réalisées lorsque le foyer lumineux se trouve *en arrière* de l'objectif et dans un plan vertical faisant un angle de 45° avec l'axe de l'objectif. Dans ce plan la hauteur de la source lumineuse peut être variable : ce n'est que dans quelques cas exceptionnels qu'il est utile de placer le foyer lumineux très haut au-dessus de l'appareil ; on obtient alors un relief très suffisant. Les rayons lumineux émanés de la source ne doivent, *dans aucun cas*, frapper les lentilles de l'objectif ; il convient donc de placer cette source à une distance minima de 1 m. 50 de façon à éviter sur le négatif les taches produites par de petites fusées de grains de magnésium incandescent qui traversent le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

champ de l'objectif. La lampe sera fixée à un support assez long, tenu à la main, les tubes de caoutchouc amenant le vent doivent être d'une longueur suffisante. Il est très important pour l'effet artistique que l'ombre de l'appareil et de son pied ne soit pas visible sur l'image ; on évite cet insuccès en plaçant la source lumineuse au-dessus de l'appareil, un peu en arrière (3 mètres au plus) et assez haut.

Au lieu d'une lampe à insufflation de magnésium, on peut brûler le métal sur une touffe de coton poudre ou même de coton hydrophile bien sec. On utilisera plusieurs charges, brûlées successivement sur une petite plaque de fer blanc fixée à l'extrémité d'un long bâton. L'allumage se fera facilement à l'aide d'une mèche de fulmi-coton.

L'emploi de la poudre de magnésium est préférable à celui des photo-poudre, poudre-éclair, etc., parce que le magnésium seul donne une lumière plus éclairante que celle obtenue avec le même poids de magnésium mélangé à des substances oxydantes ; c'est seulement dans le cas où il sera nécessaire d'opérer rapidement que l'on pourra employer les photo-poudre qui doivent être brûlés sur du coton-poudre et jamais à l'aide d'une lampe à insufflation, sous peine de graves explosions. Il est d'ailleurs assez difficile de conserver les photo-poudre à un état de siccité suffisant pour obtenir une inflammation rapide ; sous aucun prétexte on ne conservera ces photo-poudre dans un flacon bouché à l'émeri, car le frottement du bouchon de verre contre le goulot du flacon suffit pour amener l'explosion dangereuse des photo-poudre.

Enfin, dans quelques cas particuliers, on pourra utiliser le ruban de magnésium, surtout lorsque le sujet à photographier ne sera pas trop éloigné de l'appareil. Dans ce cas on utilisera le fil de magnésium sous forme de spi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rales tordues par deux ou trois brins, qu'on fera brûler librement à l'air et non dans des lampes à mouvement d'horlogerie qui ne brûlent généralement qu'un seul ruban produisant une lumière insuffisante.

§ 4. PHOTOGRAPHIE DES OBJETS IMMERGÉS

295. Photographie des objets immergés. — Il est souvent utile de photographier des objets immergés soit dans l'eau, soit dans d'autres liquides laissant passer les rayons photogéniques. Dans ce cas l'appareil doit être supporté par un pied spécial permettant de placer dans la verticale l'axe de l'objectif ; si la chambre noire n'est pas de trop grandes dimensions on pourra le placer simplement sur un support analogue à un porte-entonnoir, l'axe de l'objetif traversant l'anneau qui sert à supporter la douille.

Il y aura souvent intérêt à éviter les ombres portées se dessinant sur le support du sujet ; dans ce cas le fond de la cuvette dans laquelle est immergé l'objet sera constitué par une glace ou une lame de verre. La cuvette sera supportée par un moyen quelconque permettant de la placer à 30 ou 40 centimètres du sol ; sur ce sol on placera un fond de teinte appropriée, qui sera constitué par une feuille de papier blanc noir ou gris, suivant la nature du sujet.

Le plus souvent les objets immergés sont photographiés en grandeur naturelle ou avec une faible réduction ; il convient donc d'utiliser un objectif de courte distance focale, de façon à ne pas avoir un trop long tirage de la chambre noire ; la longueur du tirage diminue la stabilité de l'appareil et augmente les difficultés de la mise en plaque, du changement de châssis, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'objet immergé doit être photographié avec agrandissement de ses dimensions, on utilisera les procédés utilisés en photomicrographie.

La durée du temps de pose doit en général être augmentée à cause de l'absorption de la lumière par certains liquides colorés. Les objets immergés dans l'eau pure se photographient aussi vite que s'ils étaient dans l'air. Il convient, pour augmenter le relief de ces objets, d'utiliser des écrans réflecteurs constitués soit par une glace argentée, soit par une feuille de papier blanc. Ces écrans renvoient la lumière sur le sujet sous une incidence de 45° par rapport à l'axe de l'objectif et l'on détermine la position de ces écrans de façon à éclairer le côté le plus intéressant de l'objet.

§ 5. PHOTOGRAPHIE EN COULEURS

296. Photographie en couleurs. — En utilisant des plaques panchromatiques et des appareils spéciaux on peut employer le procédé trichrome à l'obtention des portraits.

L'appareil est construit comme toutes les chambres à multiplicateur, de façon à obtenir rapidement trois poses successives sur la même plaque panchromatique ; en déplaçant la plaque on l'amène en même temps sous l'écran de teinte convenable ; cette manœuvre se fait très vite et la durée totale de l'opération est d'environ 6 secondes.

Les plaques utilisées sont des plaques panchromatiques de Perutz du format 9×24, donnant par conséquent les trois négatifs 9×8 nécessaires aux impressions trichromes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La sensibilité de la plaque panchromatique pour la zone du rouge du spectre vers D est environ 1,35, celle du vert est 1, celle de la partie limitée entre λ 535 et l'extrême violet visible est 0,1.

Les écrans rouge, vert et bleu employés par le Dr Miethe nécessitent des durées de pose 2,5, 2 et 1. Pour faciliter le réglage des poses, le Dr Miethe a construit un photomètre à trois échelles donnant une série d'intensités lumineuses graduées de 1 à 16. La teinte n° 10 du bleu est choisie comme unité servant de base. Trois petites plaques sont placées dans le photomètre et exposées sous leurs écrans de couleur, à la lumière solaire réfléchie par une feuille de papier blanc, pendant quelques secondes. Les plaques sont développées et les opacités qui concordent avec le n° 10 du bleu, donnent l'indication de la pose correcte afférente à chacune des trois couleurs.

Pour la confection des écrans colorés on utilise une solution de gélatine additionnée de matières colorantes. Le rouge s'obtient en mélangeant une partie et demie du *genuine red* de F. Bayer d'Elberfeld avec deux parties de tartrazine ; les solutions des deux couleurs sont mélangées et ajoutées à la solution gélatineuse. Avec cet écran et une plaque panchromatique préparée à la cyanine et érythrosine, on obtient une reproduction parfaitement correcte de la valeur des couleurs et on peut obtenir une vue de paysages possédant une grande perfection de tons ; la durée du temps de pose n'excède pas quelques secondes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 6. CONTRE-TYPES

297. Utilité des contre-types. — Dans certains procédés de tirages industriels il est parfois utile de disposer d'un grand nombre de négatifs ou de positifs provenant du même phototype : la rapidité des opérations du tirage s'il s'agit d'épreuves aux sels d'argent, les conditions requises pour les dimensions de l'image, obligent souvent l'opérateur à utiliser, non pas le négatif primitivement obtenu à la chambre noire, mais un *contre-type* de ce négatif.

C'est surtout depuis l'emploi du procédé au gélatino-bromure que la production des contre-types est devenue pratique : en théorie on peut préparer un contre-type en partant du négatif obtenu à la chambre noire, imprimant un positif d'après ce négatif et reproduisant ce positif en négatif : tous les procédés d'impression permettent d'obtenir des contre-types par ce moyen. La série des manipulations que l'on est obligé d'effectuer ne permet pas, le plus souvent, de conserver le caractère de l'image première.

Il vaut mieux, et c'est là le procédé utilisé dans l'industrie, utiliser le renversement de l'image ; ce renversement (transformation d'un positif en négatif) s'effectue très facilement comme l'a indiqué Bolas, quand on imprègne de substances oxydantes la couche de gélatino-bromure d'argent. Les substances oxydantes que l'on utilise sont le bichromate de potassium, ou bien le permanganate de potassium.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

298. Emploi du bichromate de potassium. — Les plaques préparées au gélatino-bromure ou au chlorobromure d'argent sont immergées dans un bain de bichromate de potassium puis séchées dans l'obscurité. Il convient d'utiliser un bain de 50 grammes de bichromate de potassium dissous dans un litre d'eau contenant 1 cc. d'acide azotique ; la plaque est baignée pendant 10 minutes par ce liquide ; on la retire et on la fait sécher dans l'obscurité.

L'exposition à la lumière s'effectue au châssis-presse ; la plaque bichromatée est placée au contact du négatif ou du positif dont on veut tirer un contre-type ; on transporte le châssis à la lumière du jour.

L'action de la lumière doit être prolongée pendant un temps suffisamment long : en général la durée de la pose doit être aussi longue que s'il s'agissait d'obtenir une image sur papier au citrate d'argent. L'image doit d'ailleurs être visible au dos de la couche de gélatine bichromatée ; la nature du négatif, l'épaisseur de la couche de gélatine bichromatée ont une très grande importance ; les plaques à couche mince sont celles qui donnent les meilleurs résultats.

Au sortir du châssis-presse, la plaque est plongée dans l'eau de façon à la laver complètement, pour assurer l'élimination complète du bichromate de potassium.

Ce lavage peut être fait en plein jour ; il faut d'ailleurs que la couche soit exposée à la lumière avant l'opération suivante, qui consiste à développer l'image.

Le développement se fait avec un bain d'hydroquinone ordinaire, additionné d'une quantité suffisante de bromure de potassium ; on peut d'ailleurs obtenir un contre-type en employant un révélateur quelconque.

Le fixage se fait dans un bain d'hyposulfite de soude

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

acidifié par le bisulfite de sodium. On prépare une solution de 250 grammes d'hyposulfite de soude, 50 grammes de bisulfite de soude liquide et un litre d'eau. La plaque doit rester dans ce bain jusqu'à dissolution complète du bromure d'argent, ce qui est assez long, car la couche est peu perméable aux divers liquides.

299. Emploi du permanganate de potassium. — Les procédés dans lesquels on utilise le permanganate de potassium permettent d'éviter la longue exposition à la lumière nécessitée par la couche de gélatine bichromatée; on fait agir le permanganate de potassium sur une image positive, non fixée, obtenue par copie à la chambre noire, ou par tout autre moyen; la durée d'exposition à la chambre noire doit être déterminée d'une manière très précise, de façon à éviter la surexposition, qui est l'écueil auquel on se heurte toujours dans l'application de ce procédé; après le développement on lave à fond pour enlever toute trace de révélateur, on fait agir la solution de permanganate acidifiée qui dissout l'argent formant l'image ; on développe ensuite l'image formée par le bromure d'argent qui est resté dans la couche et l'on fixe comme d'habitude.

Le procédé permet d'obtenir un contre-type soit d'un positif, soit d'un négatif ; il est très précieux en ce qu'il permet de faire des réductions, des agrandissements des images retournées pour les tirages photomécaniques, etc. En particulier il permet de tirer parti de négatifs très légers, pleins de détails, mais dont on ne peut se servir par suite de la trop grande transparence de l'image. L'opacité d'un négatif dans les impressions par contact étant deux fois plus petite que l'opacité du même négatif placé à distance de la surface sensible, on utilisera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la reproduction sur gélatino-bromure d'argent à la chambre noire. On a constaté que la gradation des teintes obtenues avec la lumière rouge est plus vigoureuse que celle obtenue avec la lumière bleue ; par suite en éclairant le négatif par de la lumière transmise au moyen d'un verre rouge doublé d'un verre orangé pour arrêter toute radiation bleue, on obtiendra du négatif léger une image relativement vigoureuse. On augmentera encore les contrastes en diminuant l'ouverture du diaphragme. Dans ce cas la durée du temps de pose sera fort longue et pourra dépasser une heure et demie.

Si l'on a un certain nombre d'épreuves à imprimer il est toujours avantageux de faire du négatif original un agrandissement à cinq ou six diamètres sur papier au bromure en diaphragmant l'objectif et éclairant avec la lumière rouge orangé. On retouche alors cet agrandissement et lorsque l'image est complète on la reproduit à la chambre noire soit en négatif, soit en positif, directement, par le procédé des contre-types au permanganate de potassium.

Si l'on veut reproduire un négatif d'après un négatif, on opère à la chambre noire : l'emploi des chambres à trois corps à soufflets est particulièrement avantageux pour ce travail. A défaut de chambres à trois corps, on éclaire par transparence le négatif et l'on ne laisse arriver sur l'objectif de la chambre noire que la lumière qui a traversé le négatif. Le temps de pose étant très exactement déterminé, on développe à l'aide du diamidophénol. La manière de conduire le développement n'est pas indifférente : on utilise une solution de 30 grammes de sulfite de soude dans un litre d'eau et 5 grammes de diamidophénol ; on continue l'action de ce bain jusqu'à ce que tout le bromure d'argent modifié par l'action de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumière se trouve réduit ; l'intensité de l'image n'augmente alors qu'aux dépens de la pureté des blancs ; ces derniers prennent une teinte grisâtre, on lave alors rapidement et très abondamment avant de faire agir le bain de permanganate de potassium.

On utilise une solution de permanganate de potassium acidulée par l'acide sulfurique ; le titre de la solution ne doit pas être trop élevé sous peine d'amener l'altération de la gélatine ; un bain contenant 10 grammes de permanganate de potassium pour un litre d'eau agit lentement mais n'altère pas la gélatine ; au moment de l'employer on l'additionne de 5 gouttes d'acide sulfurique par 100 centimètres cubes de bain. La plaque est plongée dans ce liquide et la cuvette qui le contient est agitée jusqu'à ce que l'image positive ait disparu par transparence et par réflexion ; on lave avec soin pour enlever l'excès de permanganate de potassium.

Le bromure d'argent qui reste dans la couche doit subir l'action de la lumière pour noircir sous l'influence du révélateur ; dans ce but on expose la couche à la lumière d'une lampe à pétrole pendant trois minutes à la distance de 40 centimètres ; la plaque est alors prête à être développée et fournit un contre-type.

Il convient d'employer pour le développement un révélateur assez énergique, par exemple celui qui est constitué par une solution de 5 grammes de diamidophénol et 60 grammes de sulfite anhydre pour un litre d'eau : ce bain fournit de bons résultats en utilisant la plupart des plaques du commerce. On obtient des images très brillantes en utilisant le bain de développement à l'oxalate ferreux, sans acide. Ce bain se prépare à l'aide de deux dissolutions : la première contient 300 grammes de sulfate ferreux pour un litre d'eau ; la seconde est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenue en faisant dissoudre 300 grammes d'oxalate neutre de potasse dans un litre d'eau. La première dissolution doit être préparée peu de temps avant de l'employer. Le bain de développement se produit en versant 20 centimètres cubes de solution de sulfate ferreux dans 80 centimètres cubes de solution d'oxalate de potassium : on obtient ainsi un liquide limpide, de couleur rougeâtre auquel on ajoute 1 centimètre cube de solution de bromure de potassium à 10 pour cent si l'on tient à obtenir une image présentant des contrastes accentués.

Après exposition à la lumière de la lampe à pétrole, la plaque est plongée *sans temps d'arrêt* dans ce bain : l'image apparaît rapidement et acquiert très vite toute l'intensité nécessaire. On juge de son intensité en l'examinant par transparence, car si l'on se borne à examiner la surface de la couche le négatif semble peu monter, ce qui expose l'opérateur à obtenir une image trop intense ; quand l'opacité est suffisante, on lave et on fixe dans un bain contenant 250 grammes d'hyposulfite de soude, 50 grammes de bisulfite de soude commercial et un litre d'eau.

Le lavage final s'effectue par les moyens usuels.

L'image obtenue est parfois trop intense ; on réduit cette intensité en utilisant le réducteur de Farmer que l'on prépare au moment de l'employer ; pour les contretypes il convient d'utiliser deux solutions : l'une contenant 50 grammes de cyanure rouge de potassium pour un litre d'eau ; l'autre est préparée avec 50 grammes d'hyposulfite de sodium et un litre d'eau. Le bain réducteur s'obtient en faisant un mélange par parties égales de ces deux dissolutions. La plaque est plongée dans ce bain, contenu dans une cuvette à laquelle on imprime un mouvement d'oscillation régulier de façon à éviter les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traînées transparentes qui se produisent sous l'influence de ce mélange lorsqu'il agit irrégulièrement; on examine de temps en temps, par transparence, la diminution d'intensité qui se produit assez vite; aussitôt que le résultat désiré est obtenu, on plonge la plaque dans une dissolution de 50 grammes de sulfite de sodium anhydre pour un litre d'eau ; ce liquide arrête immédiatement l'action du réducteur; on lave pour enlever l'excès de dissolution de sulfite et l'on fait sécher. Si l'intensité de l'image est encore trop forte on peut faire agir de nouveau le réducteur de Farmer.

300. Temps de pose. — L'importance de la durée des temps de pose est considérable dans la production des contre-types: presque tous les insuccès dans l'application de ce procédé proviennent de ce que la durée du temps de pose a été mal déterminée. Cette durée dépend de la nature des plaques employées; voici les coefficients qu'il convient d'adopter avec des négatifs d'intensité moyenne dont on veut obtenir des contre-types en se servant de plaques extra-rapides du commerce:

Matin: heures	**11**	**10**	**9**	**8**	**7**
Soir: heures	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Janvier-décembre	14	13,6	»	»	»
Février-novembre	12,0	12,8	14,8	»	»
Mars-octobre	9,6	10,4	12,4	14,8	»
Avril-septembre	8,4	9,2	10,8	12,4	14,0
Mai-août	8,0	8,4	9,6	11,2	13,6
Juin-juillet	8,0	8,0	8,8	10,0	12,4

Suivant le mode opératoire adopté, on doit apporter à ce tableau les modifications indiquées ci-dessous:

A) Si l'on effectue la pose en plein soleil, par contact au châssis-presse, sur plaque extra-rapide, réduire la pose au quart.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B) A l'ombre, par temps clair avec soleil, on doit suivre les indications du tableau.

C) Par temps couvert et gris, mais lumineux, c'est-à-dire si le soleil est voilé ou caché par des nuages clairs, augmenter la pose de moitié.

D) Par un temps sombre, c'est-à-dire si le soleil est caché par de gros nuages sombres, il faut doubler ou tripler la durée du temps de pose.

On a proposé d'utiliser pour l'obtention des contretypes les plaques voilées ; mais, suivant la nature du voile, le procédé est incertain. L'emploi de plaques fraîchement préparées, exemptes de voile, s'impose si l'on veut opérer à coup sûr ; il n'y a aucun intérêt à employer au dos de la plaque une couche de mixture anti-halo.

La durée du temps de pose doit être telle que le développement ne dure pas plus de 5 minutes au maximum, même lorsqu'on ajoute au révélateur une forte proportion d'un bromure alcalin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

Première partie

MATÉRIEL

CHAPITRE PREMIER

Chambres noires et accessoires ; fabrication

PAGES

§ 1. — *Chambres noires d'atelier*

1. Condition d'établissement des chambres noires..... 5
2. Chambres pour reproduction..... 9
3 Chambre noire pour portraitistes 13
4. Chambres noires de voyage..... 17
5. Chambres à foyer fixe..... 22
6. Chambres noires pour stéréoscope..... 28

§ 2. — *Accessoires des chambres noires*

7. Planchettes porte-objectifs..... 30
8. Châssis de chambres noires..... 31
9. Châssis intermédiaires..... 32
10. Viseurs..... 34
11. Pieds de chambres noires..... 35
12. Chevalets pour reproduction..... 43
13. Appareils redresseurs..... 46

CHAPITRE II

Objectifs

§ 1. — *Propriétés des lentilles*

14. Définitions..... 49
15. Des aberrations..... 52

§ 2. — *Calcul des objectifs*

16. Corrections des aberrations... 56
17. Netteté, foisonnement..... 59
18. Diaphragme..... 61
19. Clarté..... 62
20. Objectifs combinés..... 64
21. Objectifs symétriques..... 65
22. Objectifs dissymétriques..... 67
23. Objectifs à lentilles multiples..... 67
24. Méthode de calcul des objectifs..... 68

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

25. Objectif constitué par une lentille convergente à deux verres... 69
26. Objectif à trois verres..... 73
27. Objectifs combinés..... 75

§ 3. — *Fabrication des lentilles*

28. Fabrication des verres..... 76
29. Travail des lentilles..... 78
30. Montage des lentilles..... 82
31. Montures d'objectifs..... 83
32. Diaphragmes..... 84
33. Rondelles..... 88
34. Montures à coulant..... 89

§ 4. — *Essais des objectifs*

35. Caractéristiques d'un objectif..... 92
36. Détermination de la distance focale principale..... 94
37. Détermination de la surface focale principale..... 97
38. Mesure de l'aplanétisme..... 98
39. Netteté, foisonnement..... 98
40. Diamètre utile..... 104
41. Surfaces focales d'astigmatisme..... 105
42. Champ d'un objectif..... 109
43. Distorsion..... 111
44. Clarté..... 111
45. Foyer chimique ; achromatisme..... 113
46. Défauts de fabrication..... 114
47. Essais par la méthode photographique..... 116
48. Achromatisme ; mise au point des appareils à main..... 118
49. Résultats généraux des essais d'objectifs..... 119
50. Influence exercée par les caractéristiques sur les propriétés de l'image..... 122
51. Choix des objectifs..... 123

§ 5. — *Les divers types d'objectifs ; leur emploi*

52. Objectifs à portraits..... 126
53. Objectifs à paysages..... 129
54. Objectifs pour monuments et reproductions..... 131
55. Objectifs pour agrandissement..... 131
56. Emploi des objectifs..... 132
57. Photographies instantanées..... 134
58. Entretien des objectifs..... 135

CHAPITRE III

Obturateurs

59. Classification des obturateurs..... 137
60. Obturateurs montés dans le plan du diaphragme..... 137
61. Obturateurs montés en dehors du diaphragme..... 140
62. Détermination des constantes des obturateurs..... 144
63. Déclenchement des obturateurs..... 151

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

CHAPITRE IV

Ecrans colorés ; prismes ; réseaux

§ 1. — *Ecrans*

64. Utilité des écrans colorés 153
65. Fabrication des écrans colorés en verre à faces parallèles 154
66. Cuves à faces parallèles 155
67. Ecrans en gélatine colorée 156

§ 2. — *Prismes*

68. Emploi du prisme 158
69. Argenture des miroirs 160
70. Emploi de la chambre avec prismes ou miroirs 163

§ 3. — *Réseaux-trames*

71. Utilité des réseaux 163

CHAPITRE V

Matériel de laboratoire

72. Eclairage du laboratoire 167
73. Eclairage de l'atelier ; lumière électrique 169
74. Emploi du magnésium 170
75. Installation des laboratoires et ateliers 174
76. Atelier de pose 175
77. Laboratoire obscur 181
78. Appareils et accessoires du laboratoire obscur 183
79. Laboratoire de tirage 188
80. Laboratoire de montage 192
Bibliographie 193

Seconde partie

PROCÉDÉS NÉGATIFS

CHAPITRE PREMIER

Emploi du gélatino-bromure d'argent ; émulsions

§ 1. — *Préparation de l'émulsion*

81. Emulsion 197
82. Formation de l'émulsion 198
83. Etendage de la couche 205
84. Sensibilité des plaques au gélatino-bromure 209

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

§ 2. — *Exposition et développement*

85. Emploi des plaques au gélatino-bromure..... 211
86. Développement à l'oxalate ferreux..... 212
87. Développement à l'acide pyrogallique..... 215
88. Développement lent à l'acide pyrogallique..... 217
89. Développement à l'amidol..... 218
90. Influence de la température..... 219
91. Fixage des plaques..... 219
92. Lavages..... 220
93. Renforcement..... 220
94. Affaiblisseurs..... 222
95. Vernissage..... 223

CHAPITRE II

Fabrication des plaques au gélatino-bromure d'argent

§ 1. — *Installation de l'usine*

96. Considérations générales..... 225
97. Verres..... 227
98. Gélatine..... 228
99. Bromures..... 228
100. Nitrate d'argent..... 229
101. Ammoniaque..... 229
102. Bichromate de potasse..... 230
103. Rapidité des plaques..... 230
104. Installation des laboratoires..... 231

§ 2. — *Procédés opératoires*

105. Triage et polissage des verres..... 233
106. Préparation de l'émulsion..... 234
107. Lavage de l'émulsion..... 236
108 Dissolution et filtration de l'émulsion..... 238
109. Couchage de l'émulsion..... 239
110. Séchage..... 241
111. Coupage des plaques..... 242
112. Emballage des plaques..... 244
113. Utilisation des résidus..... 246

CHAPITRE III

Emulsion sur papier; pellicules

§ 1. — *Papiers*

114. Emploi du papier..... 247
115. Papier négatif..... 247
116. Papiers pelliculaires..... 249
117. Papier au caoutchouc..... 250

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

§ 2. — *Pellicules*

118. Pellicules en gélatine..... 251
119. Pellicules sur celluloïd..... 252
120. Emballage et manipulation des pellicules..... 253

CHAPITRE IV

Révélateurs, renforçateurs et fixateurs

§ 1. — *Révélateurs*

121. Préparation des révélateurs..... 257
122. Révélateur à l'acide pyrogallique..... 258
123. Révélateur à l'hydroquinone..... 259
124. Révélateur au paramidophénol..... 260
125. Révélateur à l'amidol..... 261
126. Révélateur à la diamidorésorcine..... 261
127. Révélateur au métol-hydroquinone..... 261

§ 2. — *Fixateurs concentrés*

128. Hyposulfite desséché..... 262

§ 3. — *Renforçateurs et affaiblisseurs*

129. Renforçateurs concentrés..... 263
130. Affaiblisseurs..... 264

CHAPITRE V

Collodion pour négatifs ; collodio-bromure

§ 1. — *Collodion humide*

131. Procédé au collodion..... 265
132. Nettoyage de la glace..... 266
133. Collodionage de la glace..... 267
134. Sensibilisation au bain d'argent..... 271
135. Exposition à la lumière..... 274
136. Développement au sulfate de fer..... 274
137. Renforcement de l'image..... 276
138. Fixage du négatif..... 277
139. Renforcement après fixage..... 278
140. Vernissage du négatif..... 278

§ 2. — *Collodio-bromure*

141. Collodion sec..... 279
142. Emulsion au collodio-bromure..... 280
143. Exposition à la lumière..... 283
144. Développement..... 283

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

CHAPITRE VI

Orthochromatisme ; halo ; pelliculage des négatifs

§ 1. — *Orthochromatisme*

145. Procédés orthochromatiques 287
146. Gélatino bromure orthochromatique 287
147. Collodio-bromure 292
148. Collodion humide 294
149. Emploi des plaques orthochromatiques 294

§ 2. — *Plaques anti-halo*

150. Halo 295
151. Plaques anti-halo au gélatino-bromure 296

§ 3. — *Pelliculage des négatifs*

152. Négatifs au collodion 300
153. Négatifs au gélatino-bromure 302

Troisième partie

PROCÉDÉS POSITIFS

CHAPITRE PREMIER

Supports opaques, translucides, transparents

154. Emploi du papier 307
155. Supports translucides 309
156. Supports transparents 310

CHAPITRE II

Gélatino-chlorure ; collodio-chlorure ; procédés au collodion

§ 1. — *Gélatino-chlorure*

157. Gélatino-chlorure d'argent 313

§ 2. — *Collodio-chlorure d'argent*

158. Préparation du collodio-chlorure 315

§ 3. — *Diapositives au collodion*

159. Avantages de ces procédés 316
160. Collodion albuminé 317
161. Collodion sec au tanin 323

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

CHAPITRE III

Ferrotypes

162. Matériel 327
163. Préparation des ferrotypes 328
164. Appareils pour l'emploi des plaques préparées à l'avance 331
165. Applications diverses des positives au collodion 335

CHAPITRE IV

Papiers positifs aux sels d'argent ; virages ; fixages

§ 1. — *Papiers à image apparente*

166. Papier salé 337
167. Papier albuminé 345
168. Papier se conservant 347
169. Papier au citrate d'argent 348

§ 2. — *Papiers à image semi-apparente*

170. Images semi-apparentes 349

§ 3. — *Papiers à image latente*

171. Papier au gélatino-bromure 351
172. Renforcement des images 353

§ 4. — *Virages*

173. Papiers salés et papiers albuminés 353
174. Papier à la gélatine 355
175. Virage aux sels de platine 355
176. Virage aux sels de palladium 356
177. Papiers à image latente 356
178. Virage aux sels de cuivre 357
179. Virage aux sels d'urane 357
180. Virage aux sels de fer 357

§ 5. — *Fixage*

181. Bain fixateur 358
182. Lavages 358
183. Elimination de l'hyposulfite 359
184. Emploi des bains de virage-fixage 360
185. Affaiblisseurs 361

CHAPITRE V

Papiers au platine ; sels de fer

§ 1. — *Papier au platine*

186. Préparation du papier au platine 363
187. Emploi du papier au platine 365

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

§ 2. — *Photogrammes aux sels de fer*

188. Papier au ferro-prussiate..... 367
189. Papier au perchlorure de fer..... 369
190. Papier au gallate de fer..... 369
191. Virage des épreuves aux sels de fer..... 370
192. Papier sépia..... 371

CHAPITRE VI

Papier au bichromate de potasse ; émaux photographiques

§ 1. — *Papier au charbon*

193. Fabrication des papiers mixtionnés..... 373
194 Sensibilisation du papier..... 377
195. Séchage du papier..... 378
196. Insolation du papier; photomètres..... 380
197. Transfert de l'image..... 382
198. Dépouillement..... 383
199. Alunage..... 384
200. Retouche ; second transfert..... 385
201. Simple transfert..... 386

§ 2. — *Charbon-velours*

202. Préparation du papier..... 387
203. Sensibilisation..... 388
204. Dépouillement de l'image..... 388

§ 3. — *Emaux photographiques*

205. Procédé par saupoudrage..... 389
206. Cuisson de l'émail..... 392
207. Procédé par substitution..... 393
BIBLIOGRAPHIE..... 394

Quatrième partie

TIRAGES INDUSTRIELS

CHAPITRE PREMIER

Tirages aux sels d'argent

208. Papier albuminé..... 399
209. Papier gélatiné..... 404
210. Papiers au gélatino-bromure d'argent..... 404

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

CHAPITRE II

Photocollographie

211. Généralités 409

§ 1. — *Photocollographie sur glace*

212. Mise en page des négatifs 410
213. Préparation des planches 413
214. Exposition à la lumière 416
215. Lavage des planches 418
216. Mouillage de la planche 419
217. Montage de la planche 420
218. Encrage de la planche et tirage 423
219. Des papiers 428
220. Vernissage des épreuves 429

CHAPITRE III

Phototypographie

221. Clichés sur métal 431

§ 1. — *Matériel*

222. Objectifs 432
223. Chambres noires et supports 433
224. Accessoires 436

§ 2. — *Phototypogravure de sujets au trait*

225. Nature du négatif 438
226. Préparation de la plaque métallique 439
227. Insolation 439
228. Dépouillement de l'image 440
229. Morsures 441
230. Nettoyage de la planche 445

§ 3. — *Phototypogravure à demi-teintes*

231. Remplacement du modelé 447
232. Réseaux 447
233. Distance du réseau à la couche sensible 449
234. Forme et position des diaphragmes 451
235. Du négatif à utiliser 452
236. Planches à graver 452
237. Morsures 453
238. Gravure sur cuivre 455
239. Procédé émail 457

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

CHAPITRE IV

Photoglyptographie

§ 1. — *Photoglyptographie de sujets au trait*

240. Description du procédé 461

§ 2. — *Photoglyptographie de sujets à demi-teinte*

241. Grainage de la planche 463
242. Préparation de la plaque de cuivre 465
243. Cuisson du grain 467
244. Exposition à la lumière 470
245. Nettoyage de la planche 473
246. Retouche de la planche 473
247. Aciérage de la planche 474
248. Retouche 475

§ 3. — *Photoglyptographie par moulage*

248 *bis*. Principe du procédé 476

CHAPITRE V

Impressions trichromes

§ 1. — *Production des négatifs*

249. Principe de la méthode indirecte de reproduction des couleurs. 479
250. Analyse des couleurs 480
251. Confection des négatifs 481

§ 2. — *Production des positifs trichromes*

252. Tirages phototypographiques en couleurs 482
253. Procédé trichrome par superposition 483
BIBLIOGRAPHIE 486

Cinquième partie

PROJECTIONS; AGRANDISSEMENTS

CHAPITRE PREMIER

Matériel pour projections

§ 1. — *Lanternes à projections*

254. Lanterne magique 489
255. Lanternes à projections 490
256. Vues fondantes 492

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES

§ 2. — *Eclairage des appareils*

257. Eclairage à l'huile 493
258. Eclairage au pétrole 494
259. Eclairage par incandescence 495
260. Eclairage à l'acétylène 495
261. Eclairage oxhydrique 495
262. Eclairage oxyéthérique 496
263. Réglage de la lumière oxycalcique 497
264. Eclairage électrique 497

§ 3. — *Ecrans ; diapositives*

265. Nature de l'écran 498
266 Diapositives pour projections 499
267. Format, étiquettes 500

§ 4. — *Maniement des appareils*

268. Centrage de la lumière 501
269. Mise au point et fonctionnement 503

CHAPITRE II

Agrandissements

270. Appareils d'agrandissement 505
271. Agrandisseurs 506
272. Chambres à trois corps 506
273. Eclairage des appareils 507
274. Procédés opératoires 508

CHAPITRE III

Cinématographes ; photographie animée

275. Analyse et synthèse du mouvement 511
276. Appareils 512
277. Maniement des cinématographes 516

APPENDICE

§ 1. — *Objectifs*

278. Photographie à longue distance 521

§ 2. — *Procédés négatifs*

279. Préparation des plaques extra-rapides 529
280. Plaques anti-halo 531
281. Plaques orthochromatiques 534
282. Emballage des plaques 535
283. Essai des émulsions et des révélateurs 536
284. Applications 539
285. Appareils d'essais d'une émulsion 543

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES
286. Influence de la température sur le révélateur..... 548
287. Emploi de l'alcool dans le développement..... 549
288. Révélateur à l'édinol..... 549
289. Révélateur à la métoquinone..... 551
290. Révélateur à la métocatéchine, au métopyrogallol..... 554
291. Emploi des sulfites dans le développateur..... 555
292. Emploi du formosulfite..... 557
293. Destruction du voile dichroïque..... 558
294 Photographie souterraine..... 560
295. Photographie des objet immergés..... 563
296. Photographie en couleurs..... 566

§ 3. — *Contre-types*

297. Utilité des contre-types..... 569
298. Emploi du bichromate de potassium..... 570
299. Emploi du permanganate de potassium..... 571
300. Temps de pose..... 575

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES FIGURES

Num.		Pages
1.	Chambre noire à tiroir	6
2.	Chambre à trois corps	7
3.	Accrochage à baïonnette	8
4.	Intermédiaire	11
5.	Intermédiaire rotatif	11
6.	Châssis porte-trame.	12
7.	Châssis porte-trame.	12
8.	Chambre à portraits	14
9.	Châssis multiplicateur	15
10.	Chambre de voyage.	18
11.	Chambre carrée	18
12.	Chambre à décentrement d'objectif.	20
13.	Chambre à décentrement universel	20
14.	Châssis à coulisse	21
15.	Châssis à rideau	21
16.	Plaque indicatrice	22
17.	Photo-jumelle Carpentier	23
18.	Coulant de mise au point.	24
19.	Viseur Gaumont.	25
20.	Agrandisseur	26
21.	Châssis à rouleau.	26
22.	Kodak pliant	28
23.	Chambre stéréoscopique.	29
24.	Viseur Davanne	34
25.	Viseur fermé	35
26.	Viseur à œilleton.	35
27.	Chambre sur pied table.	36
28.	Pied d'atelier	37
29.	Pont suspendu.	38
30.	Pied de campagne	39
31.	Pied à trois branches.	40
32.	Pied renforcé	41
33.	Pied en acier	42
34.	Pied pour intérieur.	42
35.	Chevalet pour reproductions.	43
36.	Planchette à reproductions.	44
37.	Planche à reproductions.	45
38.	Appareil à reproductions	46
39.	Lentilles	49
40.	Objectifs Lacour	58

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Num.		Pages
41.	Voyant de netteté	60
42.	Distorsion	61
43.	Distorsion, barillet, croissant	62
44.	Polissoir	81
45.	Diaphragme iris	85
46.	Distance focale	94
47.	Mesure de la distance focale	95
48.	Surface focale	97
49.	Surface focale	97
50.	Netteté	99
51.	Foisonnement	100
52.	Foisonnement sur l'axe	100
53.	Profondeur de champ	101
54.	Loupe à micromètre	101
55.	Mesure du foisonnement	103
56.	Surfaces d'astigmatisme	105
57.	Surfaces focales d'astigmatisme	107
58.	Coupe des surfaces focales d'astigmatisme	108
59.	Champ	109
60.	Test-focimètre	117
61.	Objectif à portraits	127
62.	Objectif à diffusion	128
63.	Eurygraphe anastigmatique	128
64.	Rectilinéaire rapide	129
65.	Objectif à trois verres	129
66.	Objectif à quatre verres	130
67.	Objectif à grande ouverture	130
68.	Guillotine	138
69.	Obturateur à simple lamelle	139
70.	Obturateur à double lamelle	139
71.	Obturateur à double lamelle	139
72.	Simple lamelle	140
73.	Obturateur arrière	141
74.	Obturateur de plaque	142
75.	Obturateur à rideau	143
76.	Essai des obturateurs	145
77.	Essai des obturateurs	146
78.	Essai des obturateurs de plaque	147
79.	Courbe des essais	148
80.	Temps de pose local	149
81.	Temps de pose total	150
82.	Prisme redresseur	158
83.	Objectif à prisme	159
84.	Miroir réflecteur	160
85.	Réseau	163
86.	Lampe à arc	170
87.	Atelier de pose	176
88.	Atelier pour reproductions	177
89.	Ecran réflecteur	178
90.	Ecran opaque	179
91.	Loupe apodistortique	180

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Num. Pages
92. Laboratoire obscur 181
93. Appareil d'aération. 182
94. Cuvette à recouvrement. 183
95. Cuvette ordinaire 183
96. Cuvette oscillante 184
97. Balance cuvette 184
98. Balance cuvette 184
99. Cuvette en zinc 185
100. Cuvette à développement lent 185
101. Cuvette verticale. 186
102. Cuvette à lavages 186
103. Egouttoir à rainures 187
104. Châssis-presse. 189
105. Châssis-presse Poulenc 189
106. Lavage de l'émulsion. 201
107. Entonnoir à filtration chaude 202
108. Filtration de l'émulsion. 202
109. Filtration sous pression. 203
110. Etendage de l'émulsion. 206
111. Séchoir. 207
112. Petit séchoir 208
113. Echelle sensitométrique. 210
114. Filtration du gélatino bromure. 239
115. Machine à étendre l'émulsion 240
116. Equerre à couper. 243
117. Machine à couper. 243
118. Polissage des plaques. 266
119. Filtration du collodion 269
120. Extension du collodion 270
121. Egouttage du collodion 271
122. Sensibilisation. 272
123. Cuvette verticale. 273
124. Précipitation de l'émulsion. 282
125. Lavage de l'émulsion. 283
126. Appareil ferrotype 332
127. Obturateur ferrotype 332
128. Appareil automatique. 333
129. Mise au point des ferrotypes. 333
130. Appareil pour ferrotypes 334
131. Appareil à saler le papier. 339
132. Salage du papier 339
133. Séchage du papier 340
134. Egouttage du papier 341
135. Châssis positif. 343
136. Châssis Poulenc 344
137. Ecran degradé 345
138. Raclette en caoutchouc 378
139. Suspension du papier. 379
140. Séchage du papier 379
141. Equerre à couper les épreuves. 402
142. Collage des épreuves 403

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

143. Boite à redresser 403
144. Exposition automatiqne 405
145. Table à imprimer 407
146. Table à imprimer 407
147. Entonnoir à filtration chaude 414
148. Support à glace 415
149. Châssis à impression 415
150. Chargement du châssis 416
151. Châssis sur pied 417
152. Table à mouiller 417
153. Machine Alauzet 421
154. Rouleau de gélatine 423
155. Rouleau de cuir 424
156. Table à encrer 425
157. Châssis-presse à vis 436
158. Cuvette oscillante 437
159. Sécheur 437
160. Boite à poudre 438
161. Réseau simple 448
162. Réseau croisé 448
163. Réseau à deux épaisseurs 448
164. Réseau » » 448
165. Réseau à point 448
166. Déplacement du réseau 450
167. Boite à grainer 465
168. Boite à grainer 466
169. Châssis à courant d'eau 471
170. Procédé trichrome 484
171. Lanterne magique 489
172. Lanterne à projections 490
173. Condensateur 490
174. Lanterne à projections 491
175. Objectif pour corps opaques 492
176. Vues fondantes 493
177. Chalumeau oxhydrique 496
178. Ecran pour projections 498
179. Centrage de la lumière 502
180. Appareil d'agrandissement 503
181. Agrandisseurs 507
182. Poste cinématographique 515
183. Appareil d'essai d'une émulsion 543

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

Aberrations, 53 ; longitudinale, 54 ; de réfrangibilité, 55 ; chromatique, 55 ; correction, 56.
Abri pour objectif, 179.
Accrochage à baïonnette, 8.
Acétylène, 495.
Achromatisme, 113.
Aciérage des planches, 474.
Adapteur ; châssis pour réseau, 12, 435.
Acides chlorhydrique, 365 ; azotique, 442.
Acier (gravure sur) *voir* photoglyptographie.
Actinomètre (*voir* photomètre).
Action chimique de la lumière, 288.
Aération, 182.
Affaiblisseurs : au ferricyanure, 222 ; au sulfate cérique, 223 ; au permanganate, 222 ; concentrés, 264 ; pour papiers, 361.
Agrandissements : chambre, 7 ; objectifs, 131 ; procédés opératoires, 508.
Agrandisseur, 26 ; 506.
Albertypie (*voir* Photocollographie).
Albumine : procédé sec, 318.
Albuminé (papier), 345.
Alcool (*voir* collodion).
Alunage, 384.
Ambrotypes (*voir* ferrotypes).
Amidol, 218.
Amidon, 400.
Ammoniaque, 229.
Amplificateurs 508.
Analyse des couleurs, 480.
Anastigmats, 432.
Angle de champs, sa mesure, 110.
Antihalo, 295 ; plaque 297, 531 ; adhésifs, 299.
Aplanétisme : mesure, 98.
Apochromatiques, 432.
Appareils pour essai des objectifs, 116 ; redresseur, 47 ; ferrotypes 332 ; automatiques, 333 ; d'agrandissements, 505.
Argenture, 160.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Asphalte, 455.
Astigmatisme : sa recherche, 119.
Ateliers : de pose, 175 ; de tirage. 188.
Auréoles (*voir* halo, anti-halo).
Axe optique, 95 ; axe principal, 96 ; secondaire, 99.
Azaline, 291.

Bain-marie, 414.
Bain : d'argent, 272 ; de cyanure, 277 ; pour ferrotypes, 329 ; d'acide chlorhydrique, 365.
Balance-cuvette, 185.
Bascules, 6.
Bec Auer, 169.
Bichlorure de mercure, 222.
Bichromates, 230.
Binoculaire, 29.
Bitume de Judée, 438.
Bordures teintées, 418.
Boites : à glaces, 266 ; à rainures pour épreuves, 403 ; à résine, 438 ; à grainer, 466.
Brillant d'une image, 123.
Bristols, 402.
Bromures, 228.

Cabinet noir, 181.
Cadres : dépoli, 7 ; intermédiaire, 11.
Calibres, 192.
Caractéristiques d'un objectif, 93 ; leur influence, 122
Carbonates, 258.
Cartons, 402.
Centrages : pour reproduction, 45 ; d'un objectif, 114
Centre : pour reproduction, 45 ; d'un objectif, 114.
Chambres : noire d'atelier, 5 ; à tiroir, 6 ; d'agrandissements, 7 ; à soufflet, 8 ; pour reproduction, 9 ; à plusieurs corps, 10 ; à vis micrométriques, 13 ; pour portraits, 14 ; de voyage, 17 ; à cône tournant, 17 ; carrée, 19 ; à foyer fixe, 23 ; de poche, 28 ; pour stéréoscopie, 28 ; pour photocollographie, 435 ; pour trichromes, 481.
Champ de netteté, 100.
Champ : d'un objectif, 109 ; de visibilité, 110.
Chariot, 7 ; à double crémaillère, 331 : intermédiaire, 11.
Châssis : négatifs, 15, 16, 31 ; obturateur, 143 ; doubles, 21 ; à rouleaux, 27 ; intermédiaire, 32 ; à collodion, 33 ; pou réseau, 12, 435,
Châssis-presse, 189, 344 ; pour gélatino-bromure, 405, 407 ; pour photocollographie, 416 ; à vis, 436.
Charbon : procédé, 373 ; charbon-velours, 387.
Chercheur focimétrique, 34.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chevalets, 43.
Chlorate de fer, 364.
Chlorure d'argent, 315.
Chlorure d'iridium, 394.
Chlorure d'or, 353.
Chromophotographie, 479.
Chronophotographie, 512.
Cinématographes, 512.
Cire vierge, 411, 403.
Citrate d'agent : pour orthochromatisme, 290 ; sur papier, 348.
Citrate de soude, 338.
Clarté, 62, 111.
Clichés (*voir* phototypes).
Clichés sur métal, 431.
Cloison mobile, 29.
Coefficient de clarté, 121.
Collage des épreuves, 192, 400.
Colle de poisson, 457.
Collodio-bromure, 279; émulsion, 280; orthochromatique, 284, 292; par trempage, 293.
Collodio-bromure ; émulsion, 315.
Collodion humide, 265 ; orthochromatique, 294 ; pour ferrotypes, 328.
Collodionnage, 269.
Collodion sec, 279 ; albuminé, 317 ; au tanin, 323.
Colloir, 84.
Combinaison anormale, 57.
Condensateurs, 490.
Conservation : des plaques, 209 ; des objectifs, 135 ; des négatifs, 223.
Constantes : des objectifs, 93 ; des obturateurs, 144.
Contre-types, 569.
Couchage, 205, 239.
Coulant de mise au point, 24.
Coupage : des plaques, 243 ; des épreuves, 400.
Crochets, 186.
Crown glass, 157.
Cuisson du grain, 467.
Cuves à faces parallèles, 155.
Cuvettes, 183 ; pour développement lent, 185 ; verticales, 186, 273 ; pour lavages, 187 ; oscillantes, 437.
Cyanine, 289 ; chlorurée, 291.
Cyanofer, 369.
Cyanure de potassium, 277.
Cylindrage, 193.

Décentrement, 20.
Dais, 179.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dalles, 413.
Dessiccation, 241.
Déclenchement des obturateurs, 151.
Découpage des épreuves, 192.
Développement : à l'oxalate ferreux, 212 ; à l'acide pyrogallique, 215, 258 ; lent, 217 ; à l'amidol, 218 ; des pellicules, 253 ; à l'hydroquinone, 259 ; au paramidophénol, 260 ; à la diamidorésorcine, 261 ; au métol-hydroquinone, 261 ; à la métoquinone, 531 ; au sulfate de fer, 275 ; du collodiobromure, 285 ; acide, 323 ; pour ferrotypes, 330 ; pour papiers, 349 ; pour épreuves au platine, 365 ; des ferroprussiates, 368.
Dépouillement de l'image au charbon, 383 ; des plaques phototypographiques, 441.
Diapositives : au collodion albuminé, 317 ; pour projections, 499.
Diamètre relatif, 121.
Dévernissage, 223.
Diaphragme, 61; numérotage, 64, 87; iris, 85 ; sa place, 115 ; pour phtopographie, 451.
Distance focale, 94 ; hyperfocale, 100.
Distorsion, 62, 111 ; sa recherche, 119.
Double transport, 385.
Durée d'impression (*voir* photomètre).
Dustless, 211.

Ecartement : des objectifs, 65 ; du sujet, 177.
Echelle de teintes, 544.
Eclairage du cabinet noir, 181 ; électrique, 169 ; du modèle, 176 ; du laboratoire, 167, 223 ; de l'atelier, 169 ; des appareils de projection, 493 à 497 ; des agrandissements, 507.
Eclat, 142, 112.
Ecrans : colorés, 154 ; en gélatine, 157 ; de fond, 177 ; réflecteurs 178 ; pour projection, 498.
Egouttoirs à rainures, 187.
Electrique (éclairage), 169.
Eléments cardinaux, 92.
Email (procédé), 457.
Emaillage, 193.
Emaux par saupoudrage, 389 ; cuisson, 392, par substitution, 393.
Emballage des plaques, 245 ; des pellicules, 253.
Emulsion au collodion, 279, 315.
Emulsion au gélatino-bromure, 198 ; préparation, 199, 235.
Emulsion au gélatino-chlorure, 313.
Encaustique, 403.
Encrage : photocollographie, 423.
Encres, 427 ; à finir, 445.
Entonnoir à filtration chaude, 414.
Eosine, 291.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Epaisseur (lentilles), 53.
Epreuves négatives, 95 ; positives, 305.
Etuves pour photocollographie, 414.
Epreuves, 400.
Erythrosine, 289.
Eurygraphe anastigmatique, 128.
Essai des objectifs, 110; par photographie, 117.
Essai des obturateurs, 145.
Exposition, 211 ; des plaques humides, 274 ; du collodio-bromure, 285 ; des planches photocollographiques, 416 ; des planches photoglyptographiques, 471.

Ferro-prussiate, 367.
Ferrotypes, 328.
Filtration des émulsions, 202 ; sous-pression, 203, 239.
Finesse (*voir* netteté).
Fixage des plaques, 219 ; des papiers, 358.
Fixateurs concentrés, 262.
Flint-glass, 57.
Focimètre, 117.
Foisonnement, 59 ; sa mesure, 101.
Formol, 404.
Fonds, 177.
Fond dégradé (tirage à) 190 ; vignette, 315.
Formule de Newton, 51.
Frisquette, 423.
Foyers (*voir* distance focale).
Foyer chimique, 55 ; détermination, 113, 122.
Fumigations ammoniacales, 342.
Formats : des planchettes, 31 ; des rondelles, 88 ; des projections, 500.

Galerie vitrée, 175.
Gallate de fer pour papier, 369.
Gallique (Acide), 441.
Gélatine, 228.
Gélatino-bromure, 197 ; installation d'usines, 225 ; orthochromatique, 286; papier, 351; tirage industriel, 405.
Gélatino-chlorure : émulsion, 313.
Glace au collodion sec, 279.
Glace dépolie, 8.
Glycérine à mouiller, 419.
Gomme arabique, 441 ; bichromatée, 389.
Grainage des planches, 463.
Grandeur des images.
Guillotine, 138.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Halo, 295.
Heurtées (images), 215.
Hydroquinone, 259.
Hyposulfite de soude, 220 ; désséchée, 262 ; pour collodion humide, 278.

Iconomètre (*voir* Viseurs).
Imposition des négatifs, 412.
Impression sur divers supports, 307.
Indicateur de pose, 22.
Insolation : du papier mixtionné, 380 ; des plaques phototypographiques, 439.
Instantanée (*voyez* obturateurs).
Incandescence, 495.
Iode, 317.
Isochromatique (*voir* orthochromatique).

Jumelles photographiques (*voir* photo-jumelles).

Kodak pliant, 28.

Laboratoire obscur, 181 ; de tirage, 183 ; de montage, 192 ; de préparation, 231.
Laminoir, 113.
Lampe à arc, 170.
Lanternes de laboratoire, 232 ; à projection, 487 ; magique, 489.
Lavage : des émulsions, 200, 237 ; des plaques, 220 ; du collodio-bromure, 283 ; des papiers, 356 ; des planches pour photocollographie, 418.
Lentilles : propriétés, 49 ; fabrication, 76 ; travail, 79 ; montage, 82, centrage, 82.
Linéature, 449.
Liquebr iodurante (*voyez* collodion).
Longueur focale (*voir* distance focale).
Loupe à micromètre, 101 ; apodistortique, 180.
Lumière électrique, 169.

Machine à nettoyer les verres, 235 ; à coucher l'émulsion, 240.
Magnésium, 170.
Matières colorantes, 288.
Maturation, 204, 235.
Mesures graduées, 188.
Miroirs redresseurs, 159 ; argenture, 160 ; emploi, 163.
Mise au point : appareils à main, 119.
Mixtionnés (papiers), 374.
Modérateurs (*voir* Bromures).
Mise en page des négatifs, 410.
Montage : des épreuves, 403 ; des planches photocollographiques, 420, phototypographie, 446.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Monture d'objectifs, 83 ; à coulant, 89.
Morsures : des planches phototypographiques, 441 : photoglyptographie, 472.
Mouillage des planches photocollographiques, 419 ; 433.
Multiplicateurs, 15 (*voir* châssis).

Naphtofluorescéine, 289.
Négatifs : pour photographie, 453; pour photoglyptographie, 464 ; trichromes, 481.
Netteté, 59 ; sa mesure, 99.
Nettoyage : des plaques. 266 ; des planches phototypographiques, 445; du cuivre, 465, 473.
Nitrate d'argent, 229.

Objectifs photographiques : à trois verres, 73; à quatre verres, 59 ; combinées, 64, 75 ; symétriques, dissymétriques, 65 ; montures, 83 ; caractéristiques, 93; distance focale, 95, 97; champ d'un objectif. 109 ; à petit angle, 128; à grand angle, 120 ; rapidité, 120 ; choix, 123 ; à portraits, 127 ; euryscopes, 128; à paysages, 129 ; trousse, 131 ; pour monuments, 131; emploi des objectifs, 133 ; leur entretien, 135 ; pour phototypographie, 432.
Obturateurs : classification, 137 ; à secteur, 139; à rideau, 141 ; de plaque, 142; temps de pose local, 150; total, 151 ; à double lamelle, 139.
Orthochromatisme, 287.
Orthochromatiques : plaques, 294.
Oxycalcique, 497.
Oxhydrique, 493.
Oxyéthérique, 496.

Panchromatisme, 288.
Papiers : négatifs, 247 ; pelliculaires, 249 ; au caoutchouc, 250 ; photographiques, 307 ; à images apparentes, 338 ; albuminé, 345 ; sensible se conservant, 347 ; images semi-apparentes, 349 ; à image latente, 351 ; au platine, 364 ; au perchlorure, 368 : au gallate de fer, 369; sépia, 371 ; au bichromate de potasse pour charbon, 374; charbon-velours, 389 ; pour photocollographie, 428.
Parasoleil, 84.
Paysage : objectifs, 59.
Pelliculage, 301.
Pellicules : en gélatine, 251 ; sur celluloïd, 252 ; leur emballage, 253.
Perchlorure de fer pour papier, 369.
Photo-calque, 368.
Photo-jumelle, 23.
Pétrole pour éclairage, 494.
Photographie : kilométrique, 403 ; animée, 511 ; à longue distance, 521.
Photocollographie, 409 ; sur glace, 410.
Photoglyptographie, 462 ; sujets à demi-teinte, 463 ; préparation des planches, 467 ; par moulage, 477.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Photographie à longue distance, 521 ; instantanée, 134.
Photomètre pour papier au charbon, 381.
Photomètre, 210.
Photopoudres, 172.
Phototypie (*voir* photocollographie).
Phototypographie, 431 ; sujets au trait, 438 ; demi-teinte, 447 ; sur cuivre, 455 ; procédé émail, 457 ; trichrome, 483.
Phototypes négatifs, 196.
Pieds d'atelier, 35; table, 36 ; pont suspendu, 38 ; de voyage, 39 ; à six branches, 41 ; à bascule, 42.
Planchettes, 14, 17 ; carrées, 30 ; à polir, 187 ; à coller, 401 ; à reproduction, 44.
Planches photocollographiques, 413.
Plaques au gélatino-bromure, 211 ; pour phototypographie au trait, 439.
Platinotypie, 364.
Points nodaux, 50 ; détermination, 96.
Pointe à couper, 402.
Polissoir, 81.
Polissage des plaques, 187 ; du verre, 81.
Pont suspendu, 38.
Pose (atelier), 176.
Position des diaphragmes, 115.
Poudre éclair, 173.
Préservateur au tanin, 324.
Précipitation de l'émulsion, 283.
Presse à satiner, 192 ; photocollographie, 421.
Prismes, 159, 163.
Procédés pelliculaires, 251.
Profondeur : de champ, 101, 104; de foyer, 100.
Projections, 487 ; des objets opaques, 492 ; séances, 501 ; fonctionnement des appareils, 503 ; en blanc, 503.
Pyrogallol, 215.

Quadrillé, 164.

Rapidité des plaques, 231.
Rapport de clarté, 112.
Raclette, 378.
Rectilinéaires rapides, 129.
Redressement des images, 47.
Réducteur (*voir* affaiblisseurs).
Réflecteurs, 178.
Règle-buttoir, 243.
Rendement, 151.
Renforçateurs concentrés, 263.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Renforcement des plaques, 221 ; collodion humide, 276 ; après fixage, 278 ; des positives, 353 ; du papier au platine, 366.
Repérage, 483.
Report (encre de), 441.
Reproductions : objets transparents, 46.
Réseaux, 163, 448 ; réglage, 449.
Résidu : des émulsions, 246.
Résine, 441.
Retouches : des ferro-prussiates, 368; des épreuves au charbon, 335. ; des planches photoglyptographiques, 173, 475.
Retournement (*voir* transport).
Révélateur (*voir* développateur et développement).
Rideaux, 178.
Rondelles, 89.
Rouge (verre), 232.
Rouleaux : de gélatine, 423 ; de cuir, 424.

Salage du papier, 339.
Satinage, 403.
Saupoudrage, 389.
Séchage : du papier mixtionné, 379 ; des plaques, 297, 241.
Séchoir 207, 208, 242.
Sécheur pour phototypographie, 437.
Sensibilisation du papier mixtionné, 377 ; des plaques, 271 ; albumine, 321.
Sensibilité des plaques, 209, 231 ; du papier, 341.
Sensitomètre Warnerke, 209.
Simple transfert, 386.
Soufflet (*voir* chambre noires).
Stéréoscopique (chambre), 29.
Stéréoscopiques (épreuves) ; 192.
Supports translucides, 359 ; transparents, 311 ; pour appareils de reproduction, 433.
Surface : focale d'astigmatisme, 103 ; détermination, 107 ; couverte, 121.
Symétriques (*voir* objectifs).
Sulfocyanure de potassium, 384.

Table à mouiller, 419 ; à encrer, 425.
Tache centrale, 115.
Tartrique (acide), 214.
Température du développement, 219.
Temps de pose, 149.
Test-Focimètre, 117.
Tirage des épreuves, 190 ; des diapositives, 191 ; au sel d'argent dans l'industrie, 399.
Trame, 163.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Transfert : de l'image au charbon, 382.
Transparents (*voir* diapositives).
Transport : sur caoutchouc, 301 ; du gélatino-bromure, 303 ; sur toile cirée, 335.
Trichrome : par superposition, 483 ; négatifs, 484.
Tronc de pyramide, 179.
Trous d'aiguille, 212.
Trousses d'objectifs, 131.

Unité de lumière, 536.

Ventilation des séchoirs, 209.
Vernis, 223, 439.
Vernissage : des négatifs, 223, 279 ; des photocollographies, 429.
Verres : trempés, 77 ; d'épreuve, 80 ; pour plaques au gélatino-bromure 227 ; extra-minces, 227 ; nettoyage, 223 ; opale, 316.
Vignettes, 345.
Virages : à l'or, 333, au platine, 353 ; au palladium, 356 ; des papiers par développement, 356 ; aux sels de cuivre, 357 ; aux sels d'urane, 357 ; aux sels de fer, 357 ; des images aux sels de fer, 370 ; des émaux par substitution, 393.
Virage-fixage, 360.
Viseur, 25, 34, 35.
Vitrage (*voir* atelier).
Voile des négatifs, 539.
Vues fondantes, 493.

LAVAL — IMPRIMERIE PARISIENNE, L. BARNÉOUD & Cie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires