

## ACCESSOIRES, FINITION

111. **Chercheurs.** - Pour pointer commodément un instrument dont le champ est inférieur à un demi-degré, il faut un chercheur.

Décrivons quelques dispositions usuelles ou faciles à réaliser et destinées aux télescopes de Newton :

On se contente souvent d'un simple viseur (fig. 136 A) dépourvu d'optique, constitué par un diaphragme de champ et un œilleton de visée. Sur le fond du ciel nocturne, la silhouette du diaphragme de champ n'est visible que si la couronne est assez large ; on peut peindre en blanc le côté tourné vers l'observateur et l'éclairer très faiblement au besoin avec la lampe qui sert à prendre des notes. On fait parfois usage de peinture phosphorescente : un amateur américain a même décrit un anneau de champ constitué par un tube de verre, la matière phosphorescente étant collée à l'abri contre les parois intérieures.

Malgré tout, ces viseurs sont peu pratiques dès que l'astre à pointer descend à la 3<sup>e</sup> ou à la 4<sup>e</sup> magnitude. L'accommodation de l'œil ne peut se faire simultanément sur l'étoile et sur le diaphragme ; il est assez aléatoire de centrer la première dans le second. Un véritable chercheur n'est pas un luxe.

Souvent on possède déjà une petite lunette de 20 à 40 millimètres d'objectif, les longues-vues à plusieurs tirages sont insuffisamment rigides ; pour garantir la fixité du parallélisme des axes optiques, on devra les munir d'une pièce de renfort.

Par contre, un chercheur excellent peut être réalisé avec une lunette monoculaire à prismes. Par exemple, l'objectif peut avoir un diamètre de 30 millimètres, le grossissement courant est de 8 et le champ de 6 ou 7° (fig. 136 B) ; généralement l'oculaire est positif (Kellner ou dérivé). Il est donc facile d'interposer juste avant la lentille de champ une couronne en carton portant une croisée de fils qui doivent être au point en même temps que l'image. Pour assurer une position invariable, sans abîmer la monoculaire, on peut faire usage d'un collier et d'une plate-forme munie de V convenable. L'emploi d'une lunette à redressement d'image se révèle particulièrement avantageux, avec un faible grossissement et un grand champ pour les comparaisons avec les cartes d'un atlas tenues à l'endroit. Il existe des monoculaires à prismes plus puissantes ; la MONO-NOCTALUX <sup>(1)</sup> à objectifs de 50 grossissement 7 et plus de 7° de champ convient très bien ; les lunettes d'artillerie ont couramment des objectifs de 75 millimètres et un grossissement de 15 ou 20, mais leur poids et leur prix sont un peu déplacés pour un télescope standard.

<sup>(1)</sup> HUET, Société générale d'Optique.

La figure 136 C représente le montage classique d'une lunette d'environ 40 millimètres montée sur patins d'angle à vis de centrage. Le tube de la lunette est souvent renforcé au niveau du patin à vis et pourvu d'une portée

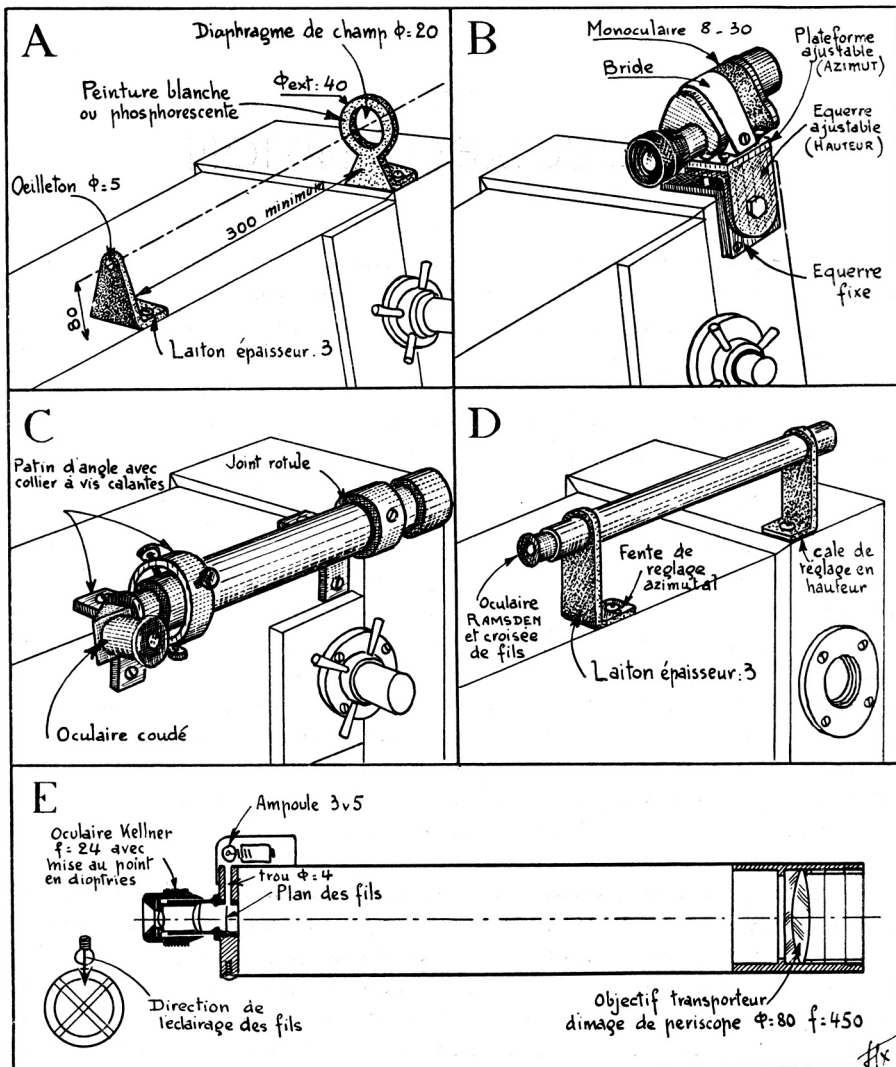


Fig. 136. – Quelques types de chercheurs.

sphérique portant sur l'autre patin. Il est possible également de prendre deux patins à vis de centrage identiques. Un raccord tournant et un prisme à réflexion totale permettent de disposer commodément l'oculaire sans être gêné par le tube du télescope. Le prisme à simple réflexion totale donne une image non conforme, c'est-à-dire symétrique et non directement comparable à un atlas, cet inconvénient est évité sur le chercheur coudé construit par CLAVE<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> 9, rue Olivier Métra, Paris 20<sup>e</sup>.

muni d'une équerre optique l'objectif de 50,  $f : 200$  est muni d'un oculaire donnant un grossissement de 10 et un champ de  $5^\circ$ .

Un montage plus modeste est donné figure 136 D. La petite lunette peut avoir un objectif de 20 à 30 millimètres d'ouverture et 200 à 300 millimètres de longueur focale. Ce sera par exemple un doublet achromatique genre Clairaut ou l'élément avant d'un ancien objectif photographique rectilinéaire. L'oculaire sera un Ramsden (§ 96) d'une trentaine de millimètres de longueur focale, visant une croisée de fils de 0,05 mm à 0,1 mm de diamètre (fil de cuivre de bobinages électriques), ce qui permet à la rigueur de se passer d'éclairage. Les patins soudés au tube sont assez hauts : 80 à 100 millimètres pour permettre de viser facilement au moins avec un œil ; si l'on ne peut se servir indifféremment de l'œil droit ou de l'œil gauche, il faut choisir en conséquence l'emplacement des oculaires, la figure 136 est relative à des instruments montés pour l'œil gauche. Le réglage du chercheur en azimut peut se faire grâce à une boutonnière transversale de l'un des patins, le réglage en hauteur avec des cales d'épaisseur.

On peut se demander quelles sont les caractéristiques optima d'un bon chercheur ? Un champ de 3 à  $6^\circ$  semble indiqué ; prenons le premier de ces chiffres, et un oculaire de  $50^\circ$  de champ apparent, nous serons donc conduits à ne pas dépasser un grossissement de 17 environ ; pour une pupille de 5 millimètres il nous faudra un objectif de 85 millimètres d'ouverture. On peut réaliser économiquement et assez légèrement un puissant chercheur ayant des caractéristiques peu différentes au moyen des pièces d'optique provenant de surplus que l'on trouve d'occasion <sup>(1)</sup>. Celui qui est monté sur notre télescope a un grossissement de 19, un champ de  $2^\circ 45'$ , une ouverture de 80 millimètres et par conséquent une pupille de 4 millimètres environ (fig. 136 E). Il ne pèse que 3 livres et permet de trouver avec la plus grande facilité tous les objets figurant sur le grand atlas d'Argelander, la nébuleuse de Lyre est déjà reconnaissable ; c'est un véritable petit R. F. T. La figure 136 E montre la disposition adoptée pour éclairer les fils sur fond noir, la lumière fournie par une petite ampoule de 3,5 v arrive presque tangentiellement sur les fils ; un petit carré de 1,3 mm dans le plan focal (environ  $10'$ ) permet un pointage précis, tout en évitant de cacher l'astre pointé.

**112. Porte-plaque à oculaire guide latéral.** - La discussion des équatoriaux et des entraînements horaires (chap. XII) montre la nécessité d'une surveillance presque continue et de rappels fréquents si l'on veut obtenir des images photographiques stellaires bien rondes au foyer d'un télescope d'amateur de 200 et plus, c'est le *guidage*. Il existe des astrographes de plusieurs mètres de longueur focale pourvus d'une *lunette guide*, de puissance et en tous cas de longueur focale comparable, qu'il faut bien se garder d'assimiler à une sorte de gros chercheur. Cette disposition soulève de grosses difficultés pratiques car il y a toujours des *flexions différentielles* entre l'astrographe et sa lunette guide ; le guidage sur le réticule de cette dernière n'est donc pas rigoureusement valable pour la plaque de l'astrographe surtout si la pose est longue et l'angle horaire notable. Il existe des solutions acceptables pour des réfracteurs : tubes d'acier

<sup>(1)</sup> GOUSSU, 68, boulevard Beaumarchais, Paris 11<sup>e</sup>.

identiques correctement jumelés, mais pour éliminer toutes les causes de dépointage au foyer d'un télescope newtonien par exemple il faut impérieusement guider avec le télescope lui-même en surveillant par un oculaire latéral spécial à réticule une étoile extra-axiale en dehors du champ photographié. Le porte-plaque à oculaire latéral est dû à l'amateur anglais Common (1890). Dans les grands instruments, surtout autrefois quand les poses duraient très longtemps, un second oculaire guide est nécessaire de l'autre côté de la plaque pour constater et permettre les corrections de la rotation du champ causée par la réfraction atmosphérique. L'oculaire unique suffit pour un instrument d'amateur utilisé près du méridien, les poses restant de l'ordre de 2 ou 3 heures, la hauteur de l'objet d'au moins  $20^\circ$  sur l'horizon et l'axe polaire réglé sur le pôle réfracté (§ 122). Nous avons vu § 50 le calcul du miroir plan secondaire d'un newtonien destiné à la photographie au foyer, nous savons également que ce miroir ne peut pas être surdimensionné, la pupille sera donc presque inévitablement, silhouettée dans l'oculaire guide ; ce défaut combiné à l'importante coma extra-axiale du paraboloïde abîme beaucoup les images et nécessite des étoiles guide assez brillantes. L'étude du porte-plaque doit par conséquent être centrée sur la réduction au minimum de la distance extra-axiale de l'oculaire. Le format choisi correspond au champ utilisable du miroir (voir tableau p. 92) et l'oculaire lui-même doit être aussi petit que possible.

Les grands télescopes sont munis de porte-plaque à déplacements à vis sur chariots croisés ce qui rend possible des rappels fins très précis où l'inertie de l'instrument n'intervient pas. Cette complication n'est pas forcément désirable sur un instrument d'amateur où l'on risque moins d'être gêné par l'inertie que par les vibrations au moindre attouchement de la partie oculaire ; les rappels sur l'entraînement peuvent se faire sans aucun ébranlement.

Ces principes sont appliqués à l'exemple de la figure 137 concernant un porte-plaque pour format  $4 \frac{1}{2} \times 6$  assez bien adapté à des newtoniens  $f/6$  de 250 à 400 d'ouverture.

*Platines.* - Deux couronnes en duralumin de 6 constituent l'armature de la boîte d'avancement pour la mise au point, elles sont reliées par un soufflet opaque. La mise au point est réalisée sur 3 tiges filetées de 6/100 dont les 3 écrous moletés en laiton portent une division en dixièmes, on apprécie le centième. La manipulation individuelle des vis permet de rendre la plaque normale à l'axe optique, en s'aidant au besoin du reflet d'une lame à faces parallèle appliquée sur la platine ; une fois la perpendicularité obtenue il faut noter les 3 lectures des écrous moletés et opérer les retouches de mise au point par des *rotations égales* des 3 écrous. La platine en laiton reçoit des petites équerres et pattes de fixation du châssis ; une lucarne assez grande donne un premier champ de recherche d'étoile convenable pour l'oculaire-guide. Ces étoiles sont rares dans les régions de hautes latitudes galactiques où l'on photographie les galaxies, il est souvent nécessaire d'explorer tout autour du champ, à cette fin la platine est biseauté et peut tourner en angle de position. Il est bon de noter l'orientation de la plaque par rapport au mouvement diurne grâce à une division en degrés du biseau de la platine, le mouvement diurne donne la direction  $90^\circ$ - $270^\circ$ . La patte blocable de la platine peut coulisser pour changer rapidement le porte-plaque par une pièce de même contour

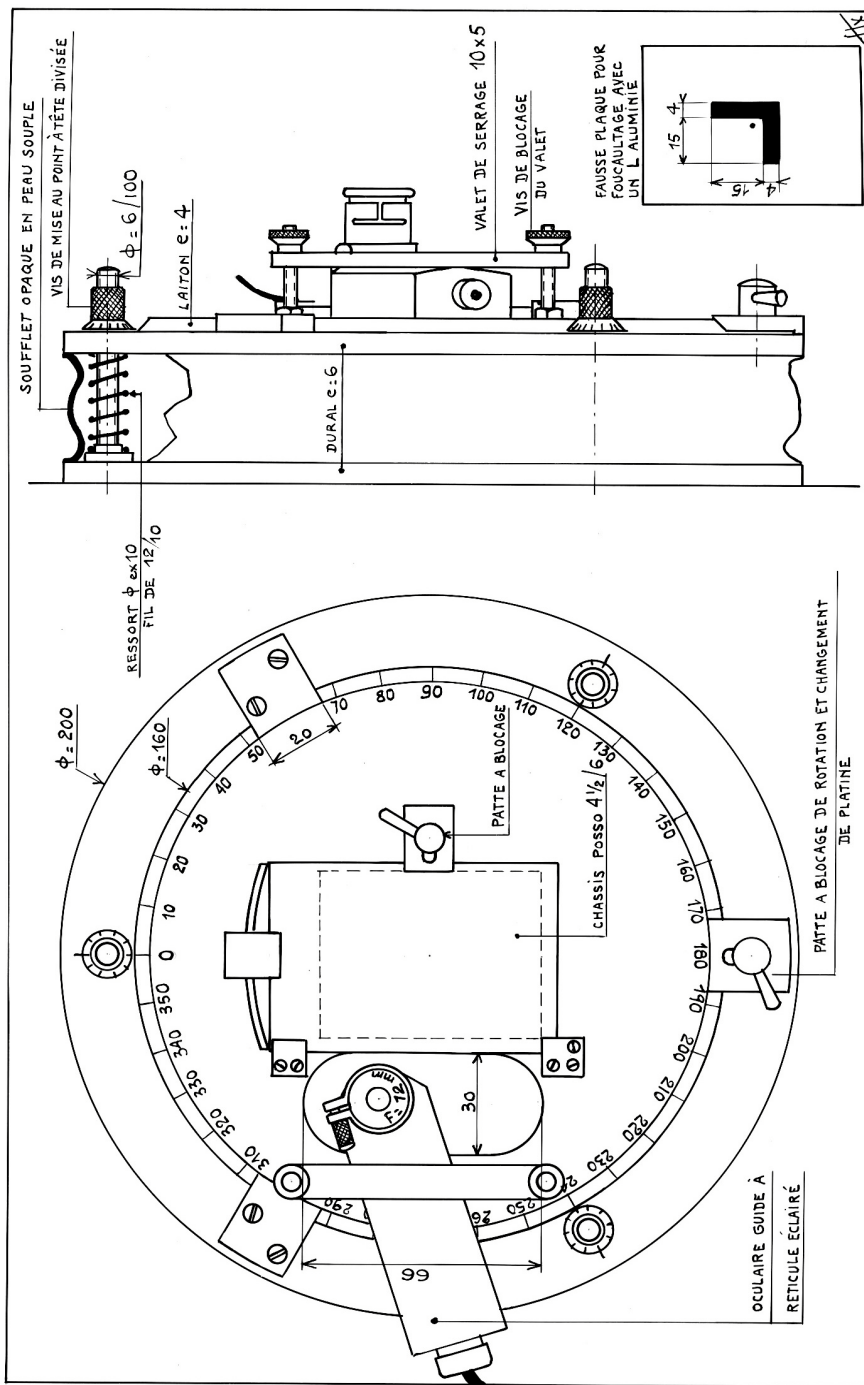


Fig. 137. - Porte-plaque à oculaire-guide latéral.

recevant le porte-oculaire habituel à cabestan destiné aux observations visuelles, ce porte-oculaire est éventuellement monté en cuvette si le dégagement de plan focal ne paraît plus suffisant.

*Châssis.* - Les instruments de professionnels sont équipés de châssis de précision en métal fraisé, comportant des calages géométriques ; au cours d'une longue pose une interruption est possible pour remettre au point par Foucaultage, puis le châssis remis en place avec une précision de l'ordre du centième de millimètre. Pour ce montage plus modeste l'on se contente de châssis métalliques ordinaires du commerce, le démontage en cours de pose est déconseillé. La tolérance de mise au point sur des faisceaux à  $f/6$  est de un vingtième de millimètre, précision difficile à atteindre sur un verre dépoli même spécialement douci, il faut opérer sur une étoile brillante *par Foucaultage* ; la turbulence (chap. XV) est souvent gênante, c'est statistiquement que l'éclat du côté droit du miroir doit être comparé au côté gauche. Le châssis à verre dépoli est cependant utilisable après remplacement du dépoli par une plaque de verre de même épaisseur - une plaque sensible débarrassée de l'émulsion - sur laquelle l'on fait aluminer (§ 116) une plage opaque en forme de L dont les bords intérieurs jouent le rôle de deux couteaux de Foucault à  $90^\circ$  (fig. 137) ; le masque en clinquant mince perforé de ce L sera donné en même temps que la plaque à la maison se chargeant de l'aluminure. Il est prudent de vérifier avec précision que le tirage du plan de l'émulsion dans le châssis est bien égal au plan du foucaultoir. Les coupes du couteau peuvent se réaliser au moyen des rappels lents du télescope, au besoin en poussant légèrement le tube pour jouer sur les flexions. Un faux châssis porteur d'un oculaire faible est commode pour le contrôle visuel du centrage de l'objet que l'on va photographier.

*Oculaire-guide.* - Les figures 137 et 138 concernent un modèle que nous avons étudié pour les télescopes de 80 et 120 centimètres d'ouverture de l'Observatoire de Haute-Provence. Ce modèle, actuellement construit en série par Clavé, est assez peu encombrant pour s'adapter au petit porte-plaque étudié ici. Un coulant de 16 x 18 reçoit des oculaires de Plössl spéciaux  $f = 12$  ou 20. Ce coulant porte le réticule et peut être bloqué dans le plan focal, il dépasse suffisamment à l'intérieur du porte-plaque pour éviter les risques de voile par l'éclairage des fils. Le corps de la monture est foré d'un trou qui reçoit la lampe d'éclairage à bas voltage ainsi qu'un diaphragme à trou excentré qui doit être réglé par chaque observateur, suivant la lampe choisie, et muni éventuellement d'un filtre vert par exemple, pour réduire l'actinisme de l'éclairage dont il faut toujours se méfier. Les ampoules basse tension sont d'ailleurs alimentées à travers un rhéostat permettant de régler l'éclairage pour un œil complètement adapté à la vision nocturne et observant l'étoile guide choisie. C'est la monture que l'on bloque à plat sur le porte-plaque dans la position choisie au moyen du valet à vis de pression.

Beaucoup d'essais tentés avec des réticules de différents systèmes gravés sur verre ont montré la quasi-impossibilité d'éviter suffisamment la lumière diffractée parasite due aux souillures ou aux poussières. Ce sont les fils d'araignée qui sont les plus faciles à éclairer correctement sur un fond complètement noir ce qui facilite grandement le guidage précis particulièrement quand l'étoile guide est faible. Ces fils ne sont pas montés par le constructeur, de toutes

manières l'observateur doit être capable de les remplacer rapidement, ce qui n'est pas bien difficile. Voici une façon d'opérer :

Réunir d'abord le matériel suivant :

1° *Un cocon d'araignée de bonne qualité.* Les araignées communes des jardins telles que l'épeire diadème tissent des toiles rondes dont les fils simples ou multiples sont enduits de gluaux de place en place et se révèlent inutilisables. Au début de l'hiver elles cachent leur cocon de préférence dans des recoins de fenêtres, les interstices de volets rarement manœuvrés, etc. Ces cocons sont de petits paquets irréguliers de couleur jaune clair ou grise, ils sont constitués par de fils simples non englués de 8 à 10  $\mu$  de diamètre, produits par une filière spéciale. Le cocon est de bonne qualité si le fil que l'on

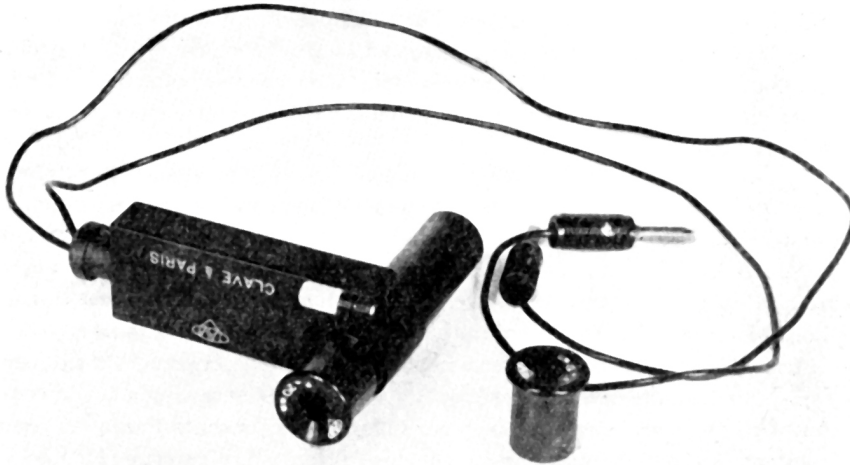


Fig. 138. – Oculaire guide latéral pour télescope photographique.

peut tirer au hasard n'est pas frisé et suffisamment élastique, ce qui permet de le tendre bien droit sous une faible tension.

2° *Un bâton d'arcanson*, obtenu en coulant dans un moule en papier le mélange suivant, préparé dans une petite casserole. Fondre par exemple 100 grammes de résine ou colophane, puis incorporer 25 grammes de cire d'abeilles. Pour un micromètre exposé à des températures supérieures à 30° C la quantité de cire peut être réduite à 18 ou 20 grammes pour éviter le glissement des fils, ou au contraire portée à 30 grammes si la température d'emploi doit descendre sous zéro.

3° *Une petite spatule*, obtenue par exemple par aplatissement de l'extrémité d'un fil de laiton de 3 millimètres de diamètre. Cet outil est destiné à être chauffé à la flamme d'une veilleuse à gaz ou d'une lampe à alcool ou même simplement d'une bougie, une fois chaud il permet de recueillir un peu d'arcanson fondu.

Le porte-réticule comporte 4 encoches à 90° situant les extrémités des fils. Un chanfrein extérieur reçoit la petite goutte d'arcanson qui ne doit pas dépasser le plan du réticule ni le diamètre de la monture pour éviter tout arrachement ultérieur du collage lors du glissement du porte-réticule.

L'arcanson n'adhère bien que sur un métal tiède. Il est préférable de chauffer d'abord le porte-réticule à 40°C ou 50°C, puis déposer un film mince d'arcanson à l'aplomb des 4 encoches sur le biseau en utilisant la spatule suffisamment chauffée pour prélever par fusion l'arcanson du bâton. L'ensemble refroidi est posé sur un petit socle cylindrique. L'on tire une dizaine de centimètres de fil du cocon que l'on utilise comme charge pour vérifier que le fil n'est pas frisé et éviter que l'extrémité libre ne s'envole. Il est facile de conduire le fil tendu dans les deux encoches du porte-réticule puis rabattre les extrémités sur le biseau et la partie cylindrique où elles seront maintenues sous tension par le pouce et l'index d'une seule main. L'autre main saisit la spatule présentée à la flamme puis au bâton d'arcanson ; un réchauffage supplémentaire sera utile avant de toucher les deux points du biseau où passe le fil.

L'avantage de l'arcanson sur les colles celluloseuses par exemple c'est que la solidification ne prend que quelques secondes, l'on peu lâcher le fil et couper les extrémités dépassant le collage ; on évite ainsi la manipulation fastidieuse de petites boulettes de cire servant de poids pour maintenir la tension pendant le séchage de la colle.

**113. Peintures et traitements des pièces métalliques.** - Les tubes en bois des télescopes standard doivent être protégés des variations d'état hygrométrique susceptibles de provoquer des dérèglages parfois assez rapides ; par ailleurs l'emploi d'un pigment très clair, absolument blanc de préférence, est toujours souhaitable pour limiter au minimum l'échauffement diurne générateur de turbulence instrumentale. Les vernis gomme-laque et les vernis dits extérieurs utilisés pour les bateaux ne remplissent pas cette dernière condition sans présenter toutefois une infériorité trop sensible car les produits liants des vernis et peintures présentent tous une forte absorption à l'infrarouge de plusieurs microns de longueur d'onde et la supériorité d'une peinture blanche n'apparaît nettement qu'à l'exposition directe au Soleil. On peut conseiller en pratique le traitement suivant : 1° faire absorber au bois le plus d'huile de lin possible et bien laisser sécher ; 2° procéder à un léger masticage et au ponçage ; 3° peindre deux couches d'émail genre *Ripolin* complètement blanc. Sur un tube en papier bakérisé verni il est bon d'utiliser une couche d'apprêt blanc avant de passer l'émail en couches minces pour éviter les coulures. Les meilleurs tubes métalliques sont en aluminium poli qu'il faut bien se garder de peindre, toutefois la croissance irrégulière de l'alumine réduit vite le pouvoir réflecteur et constitue un réceptacle à souillures. Si l'on en a la possibilité, le mieux serait de faire *aluminer* le tube neuf ; ce procédé consiste à former un film uniforme d'alumine de quelques dizaines de microns d'épaisseur, l'absorption infrarouge est plus grande que pour l'aluminium pur non traité et neuf mais le vieillissement est insensible. L'on ne saurait trop apporter de soins à la protection contre la rouille des charpentes en fers profilés. Après un premier montage de l'instrument « en blanc » noter les surfaces à protéger : trous filetés, etc., démonter toutes les pièces, dérouiller et nettoyer les surfaces à peindre et passer au moins deux couches *d'authentique minium de plomb (I)* avant les deux couches d'émail blanc, les soins consentis, fastidieux pour certains, seront largement payés par le long service ultérieur.

(1) De nos jours, ces conseils ainsi que les adresses de fournisseurs de l'époque, ne sont évidemment plus valables.



Les pièces dans le faisceau et l'intérieur du tube doivent être *noir très mat*, en particulier la portion de tube faisant face au porte-plaque d'un newtonien photographique surtout si l'on ne peut éviter l'éclairage urbain. Pour les plus faibles réflexions aux incidences rasantes le velours noir est imbattable, l'on peut tapisser le tube par du velours collé au moyen d'un adhésif genre Bostik.

Le *flockage*, revêtement pelucheux mais moins mat que le velours, est également très efficace mais les petits brins de laine de verre échappent toujours un peu du support après dessiccation et nécessitent des nettoyages plus fréquents de la surface des miroirs. Voici la formule d'un vernis mat suffisant dans la plupart des cas : alcool à vernir à 9,5° : 100 centimètres cubes ; gomme-laque en paillettes : 20 grammes ; noir de fumée : 20 grammes. Attendre la dissolution complète des paillettes de gomme-laque dans l'alcool puis incorporer progressivement le grand volume de noir de fumée.

Le *bleuissage* des pièces en laiton améliore la présentation et la résistance à l'oxydation naturelle qui rend rapidement les coulants les mieux ajustés désagréablement durs.

Commencer par un nettoyage méticuleux, surtout si les pièces ne sont pas fraîchement usinées. Dégraisser soigneusement au chiffon propre imbibé de benzène ou de trichloréthylène. Les menues pièces sont attachées à un fil de fer pour l'immersion dans le bain de bleuissage dont la composition est la suivante : eau 250 : centimètres cubes ; ammoniacque à 22° Baumé : 750 centimètres cubes ; carbonate de cuivre : 100 grammes. Ce bain se conserve dans un bocal assez haut, sans col, fermé par une plaque de verre rodée pour éviter les vapeurs suffocantes de l'ammoniacque. Après une dizaine de minutes d'immersion les pièces prennent une teinte brune, puis bleutée, devenant violacée et même noire si l'on insiste. Arrêter l'oxydation par rinçage à l'eau, essuyer et frotter les pièces au chiffon huilé pour terminer.

Le *nickelage* brillant suivi du *chromage* des pièces est très résistant s'il est bien fait mais le frottement d'un coulant chromé est rarement agréable ; le chromage mat d'aspect très flatteur est surtout intéressant pour les boutons de calage et de rappel.

**114. Argenture ou aluminure des miroirs de télescope.** L'argenture chimique et l'aluminure par évaporation dans le vide sont les deux procédés les plus employés actuellement pour métalliser un miroir de télescope.

Le procédé déjà ancien (Liebig-Drayton, 1843) de réduction d'un sel d'argent par un sucre permet d'obtenir aisément des argentures minces (1/10 de  $\mu$  environ) sur des miroirs de télescope en verre (Foucault 1857). Actuellement le procédé conserve toute sa valeur : le pouvoir réflecteur de l'argent est très élevé dans le visible (fig. 9) et atteint même 98% dans l'infrarouge (§ 6). L'opération est tout à fait praticable et recommandée à l'amateur isolé qui ne dépend ainsi de personne et n'a pas à courir le risque d'une expédition de miroirs. Les inconvénients de l'argenture sont : 1° *Les défauts optiques introduits par les inégalités d'épaisseur du dépôt* ; comme l'épaisseur de la couche est de l'ordre du dixième de micron leur amplitude est toujours très inférieure au quart d'onde mais ils ne sont pas forcément négligeables car leur structure complexe peut correspondre à des éléments de surface d'onde très inclinés. La figure 139 C

obtenue en contraste de phase donne un exemple de ce genre de défauts l'importance des contrastes est due à l'extrême puissance de la méthode et non à la gravité des accidents dont l'amplitude ne dépasse pas ici un millièème d'onde ! C'est seulement le nombre d'accidents et leurs pentes qui peuvent, comme nous l'avons vu à propos du micromamelonnage (§ 41 ; fig. 47) diffracter une lumière parasite gênante pour certaines applications.

2° Sulfuration rapide en présence d'hydrogène sulfuré (cuisines) qui fait tomber très vite le pouvoir réflecteur, surtout dans le violet et le bleu et nécessite des repolissages bi-mensuels avec réargenteure bi-annuelle si l'on veut des miroirs réellement en parfait état ; cependant, on se contente presque toujours, pour les observations visuelles, d'argenteures vieilles de plusieurs années suivant les facteurs d'altération qui sont parfois très réduits à la campagne loin des usines et si l'air est bien sec.

3° Diffusion due aux millions de filandres minuscules produites inévitablement par les polissages de la couche.

L'aluminure par évaporation dans le vide, plus récemment introduite par Strong (1931) donne des couches réfléchissantes réellement impeccables sans polissage ultérieur, le métal reproduit sans diffusion sensible l'état de surface du verre lui-même (fig. 139 B). L'uniformité d'épaisseur est obtenue au prix de précautions élémentaires avec une telle approximation que les tests les plus sensibles ne montrent aucune altération de forme. Le pouvoir réflecteur de l'aluminium dans le visible n'est que de 88%, ce qui ne constitue pas une grave infériorité sur l'argent, sauf peut-être en ce qui concerne les radiations infrarouges également moins bien réfléchies qui rendent le miroir plus sensible aux effets thermiques, dans le cas d'observations solaires, par exemple. Par contre, dans l'ultraviolet, le pouvoir réflecteur est beaucoup plus élevé que celui de l'argent, et cet avantage s'étend vite aux radiations visibles de courte longueur d'onde (violet, bleu) dès que l'argenteure commence à se sulfurer. La résistance des aluminures aux intempéries est très grande, il se forme un film d'alumine transparente très dure (corindon) qui ralentit considérablement les échanges chimiques, même en air humide. L'on peut encore améliorer cette résistance mécanique et chimique en évaporant aussitôt après l'aluminium du monoxyde de silicium qui formera un film de silice. On estime qu'une aluminure fournit un bon service pendant cinq ans. La principale cause de destruction connue avec une argenteure provient des poussières grasses et des dépôts inévitables sur un miroir non protégé qui finissent par provoquer un lumière diffusée sensible. La supériorité de l'aluminure sur ce point est de résister assez bien à un lavage.

**115. Argenture chimique des miroirs.** – Les quatre recettes les plus employées sont celles de Brashear, de Martin, au formol, au sel de Rochelle.

Les procédés au formol (décrit par Lumière) et au sel de Rochelle (décrit notamment par Draper) sont peut-être un peu plus faciles, mais le premier donne des résultats nettement moins bons, tandis que le second, à cause de la formation très lente du dépôt, se recommande surtout pour les semi-argenteures.

L'excellent procédé de Brashear, presque uniquement employé chez nos collègues américains <sup>(1)</sup>, a fait l'objet d'une bonne description au *Bulletin*

<sup>(1)</sup> *Amateur telescope Making*, 4<sup>e</sup> édition, p. 397-428. Exposé très détaillé.

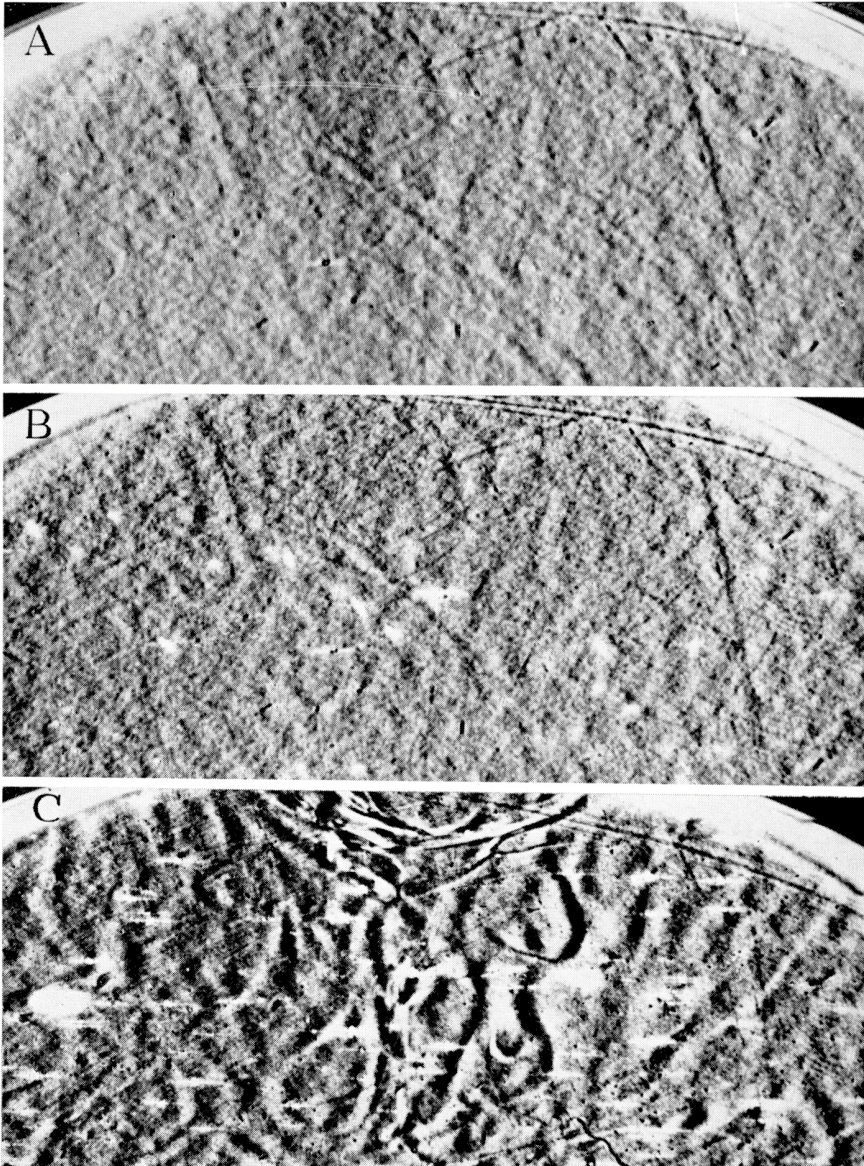


Fig. 139. – La même portion, agrandie 2 fois d'un miroir très bien poli.  
Méthode de Lyot ; contraste de phase ; lame de phase densité : 2,81.

- A) Miroir nu : irrégularités, moyenne amplitude 1 Å
- B) Miroir aluminé : tous les fins détails sont conservés, les grosses taches blanches sont dues à la lumière diffractée par des poussières.
- C) Miroir argenté chimiquement : les grands défauts ont une amplitude de 6 Å

244 ter

Page blanche

de la Société Astronomique de France, par notre regretté collègue Ch. Boulet <sup>(1)</sup> ; nous préférons cependant la recette dite de Martin <sup>(2)</sup> qui comporte des manipulations moins délicates ; ce procédé a déjà été également décrit au Bulletin par A. Danjon <sup>(3)</sup>. Nous reprenons ici la dernière recette donnée <sup>(4)</sup>, encore moins aléatoire grâce au remplacement de l'ammoniaque pure, dont le titre de 22°Baumé est trop problématique, par le nitrate d'ammonium, facile à peser exactement.

Le matériel utile pour argenter comprend : un plat émaillé un peu plus grand que le miroir, un récipient assez grand et très propre pour les rinçages, un grand verre à pied d'un litre pour la confection du bain, une éprouvette graduée de 250 centimètres cubes, du coton hydrophile, des gants en caoutchouc. Il faut au moins 5 litres d'eau distillée offrant toutes garanties (attention à l'eau vendue à bas prix par les pharmaciens et marchands de couleur) pour la préparation des solutions et les rinçages. L'acide nitrique fumant pour le nettoyage de tous les produits chimiques entrant dans les solutions devant être très purs et de livraison récente si possible. Tous les récipients seront bien nettoyés, la moindre trace de sel de cuisine par exemple suffirait pour faire manquer la réaction, les gants de caoutchouc bien nettoyés, tout en protégeant les mains contre l'acide nitrique et la potasse caustique, éviteront les traces de transpiration qui pourraient contaminer le bain d'argenture ou le miroir. Les quatre solutions à préparer sont les suivantes :

A. - Nitrate d'argent cristallisé..... 60 gr.  
Eau distillée, q. s. p. f. .... 1 000 cc.

Se conserve bien dans un flacon en verre fumé bouché à l'émeri. Tache fortement les doigts en noir ainsi que le bain d'argenture.

B. - Nitrate d'ammonium cristallisé ..... 90 gr.  
Eau distillée, q. s. p. f. .... 1 000 cc.  
Flacon bouché à l'émeri.

C. - Potasse caustique pure ..... 150 gr.  
ou bien :  
Soude caustique pure ..... 105 gr.  
Eau distillée, q. s. p. f. .... 1 000 cc.

Flacon bouché au caoutchouc.  
Attention en concassant des cylindres ou des pastilles de potasse ou de solide, produits très caustiques, protéger les yeux par des lunettes.

D. - Sucre de table blanc (Saccharose) ..... 100 gr.  
Acide tartrique ..... 5 gr.  
Alcool à 90° ..... 150 cc.  
Eau distillée, q. s. p. f. .... 1 000 cc.

Dans une petite casserole émaillée très propre, on fait dissoudre le sucre et l'acide tartrique avec un peu d'eau distillée ; on porte le tout à l'ébullition, on laisse bouillir à feu doux pendant 10 minutes ou 15 minutes pour intervertir le sucre, on refroidit avec un peu d'eau distillée avant d'ajouter l'alcool qui joue le rôle de conservateur et l'on complète finalement à 1 litre avec l'eau

<sup>(1)</sup> *L'Astronomie*, t. 49, avril 1935, p. 188.

<sup>(2)</sup> Probablement due à J. Foucault.

<sup>(3)</sup> *L'Astronomie*, t. 38, juin 1924, p. 255.

<sup>(4)</sup> A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et Télescopes*, § 118, p. 551.

distillée. Cette solution réductrice doit mûrir au moins une semaine et s'améliore sensiblement en vieillissant. Par contre les solutions B et C de fabrication un peu ancienne donnent des résultats incertains ; il y a intérêt à les préparer peu de temps avant emploi avec des produits fraîchement débouchés (refondre la paraffine des bouchons du bocal de soude et de nitrate d'ammonium).

*Nettoyage du miroir.* – L'adhérence et la résistance de la couche dépendent largement de la qualité du nettoyage. Il est *très difficile* de nettoyer du verre parfaitement, suivant l'état de surface, le passé, l'altérabilité du verre, les résultats obtenus seront très différents. Heureusement pour une argenture l'expérience montre qu'un nettoyage relativement sommaire suffit bien souvent. Il est commode de disposer d'un bac à parois en caoutchouc ; autrement on fera sommairement une petite claie avec cales latérales pour pouvoir frotter énergiquement le miroir dans un évier. Si le miroir est très sale, on éliminera d'abord les fragments de poix adhérents au dos ou sur la tranche avec un chiffon imbibé de benzène ou d'essence, le rouge à polir résiste de façon étonnante aux agents chimiques ordinaires, une action mécanique est nécessaire ; une bonne méthode consiste à savonner la tranche et le dos, puis à frotter avec une gomme abrasive (gomme à encre de machine à écrire) mouillée. On termine par le biseau de la face optique en prenant garde de ne pas dégrader dessus : il faut rincer soigneusement les particules de gomme, sans frotter bien entendu.

Le nettoyage de la face optique se fait à l'acide nitrique fumant au moyen d'un large tampon de coton (main gantée). L'ancienne argenture éventuelle est aussitôt détruite, dans ce cas on rince à l'eau distillée et l'on reprend le nettoyage avec un tampon et de l'acide neufs.

L'acide nitrique concentré est un agent oxydant énergique, les matières grasses sont détruites et en renouvelant deux ou trois fois le tampon et l'acide, on finit par entendre le broutement caractéristique du tampon de coton sur du verre propre. Si le miroir était précédemment aluminé, avant d'employer l'acide nitrique, il faudrait enlever complètement l'aluminure avec de l'acide chlorhydrique ou un peu de solution C (potasse ou soude).

Souvent on se contente du seul nettoyage acide suivi de rinçages prolongés et d'un séjour dans de l'eau distillée. Disons quelques mots de nettoyages plus complets que l'on peut avoir à mettre en œuvre dans les cas difficiles. Un agent chimique plus énergique ou une action mécanique peuvent amener le résultat voulu. Le mélange sulfo-chromique est extrêmement efficace, surtout à chaud, mais le danger et en tous cas les difficultés d'emploi n'encourageront guère les amateurs à s'en servir. Un bon procédé déjà utilisé par L. Foucault consiste à employer une bouillie ammoniacale de carbonate de calcium : on fait une pâte liquide avec un peu d'eau distillée, d'ammoniaque et de carbonate de calcium précipité ; on l'étale sur toute la surface du miroir et on laisse sécher complètement ; avec plusieurs tampons de coton (attention à la contamination par la sueur ou la graisse des mains) on frotte légèrement la craie, puis on insiste pour éliminer par un frottement *prolongé* le voile bleu résiduel. Quand l'opération est bien réussie les « figures de souffle » que l'on obtient avec l'haleine sont constituées par un voile gris uniforme de micro-gouttelettes sans structure ou traces de ressui. L'opération est renouvelée au besoin deux ou trois fois et l'on termine par le nettoyage à l'acide nitrique concentré. Le miroir bien nettoyé

ne doit plus sécher ; on le laisse séjourner sous une couche d'eau distillée.

Les avis sont généralement favorables une opération non indispensable qui est le mordantage, susceptible d'améliorer l'adhérence et la qualité du dépôt : après le nettoyage le miroir est immergé pendant cinq minutes dans une solution au millième de protochlorure d'étain ; il faut rincer complètement à l'eau distillée juste avant de passer le miroir dans le bain d'argenture.

*Modes d'argenture.* - A (fig. 140). Face en dessus. Disposition la plus économique, surtout avec un grand miroir, mais il n'est pas possible d'éviter complètement des petites piqûres de la couche. La surface du miroir sert de fond à une cuvette improvisée dont les bords sont réalisés au moyen d'une large bande de papier d'emballage paraffiné au trempé, serrée contre la tranche du miroir légèrement vaselinée pour assurer l'étanchéité, au moyen de plusieurs tours de cordeau élastique.

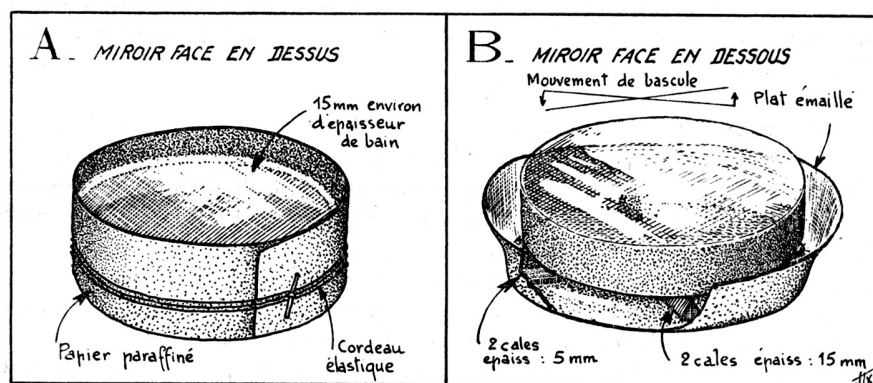


Fig. 140. – Modes d'argenture.

B (fig. 140). Face en dessous. Il faut un récipient à fond plat un peu plus grand que le miroir ; il existe des plats blancs émaillés relativement économiques. Pour éviter le contact du miroir avec le fond et pouvoir créer une certaine agitation, on colle au fond quatre cales en bois paraffiné, avec un peu d'arcanson, suivant deux diamètres rectangulaires, l'un d'eux étant plus haut d'un centimètre environ. On ne doit pas faire usage de cales métalliques, notamment en plomb, qui pourraient provoquer par électrolyse de grosses anomalies locales d'épaisseur de dépôt.

*Conduite de l'opération* - La température est un facteur essentiel de réussite. Pour être dans de bonnes conditions, on doit opérer entre 18° et 24°C, cependant Ellison a obtenu de bons résultats par le procédé Martin dans le climat tropical de Ceylan à plus de 30°C. Il faut penser à vérifier, outre la température ambiante, celle des solutions et du miroir dans son eau de rinçage. Il est bon de déterminer à l'avance le volume de bain utile en faisant l'essai avec de l'eau. Pour la disposition miroir face en dessous, particulièrement si le dos du miroir est poli, le liquide ne doit pas dépasser la moitié de l'épaisseur du miroir ; on peut suivre ainsi directement les progrès de l'argenture. Pour éviter tout gaspillage d'argent, on prendra 50 centimètres cubes de

solution A par décimètre carré de surface du miroir à argenter (environ 150 centimètres cubes pour un 20 centimètres). On verse ce volume de A dans un grand verre à mélange, on rince l'éprouvette graduée et l'on mesure un *volume égal* de solution B que l'on incorpore progressivement à A en agitant vigoureusement avec une baguette de verre ; rinçons encore une fois l'éprouvette et mesurons un *volume égal* de solution C incorporé avec les mêmes précautions à A-B. En principe les dernières gouttes de solution C doivent troubler le mélange légèrement ; l'aspect en pleine lumière est un peu celui d'une infusion de thé léger ; si le mélange reste limpide, on pourra ajouter sans tarder quelques gouttes supplémentaires de C, au contraire si le mélange brunit fortement, il faut s'arrêter de verser, le dépôt sera rapide, brillant, mais mince. N'exagérons pas la difficulté de la mise en instabilité de la solution, avec le procédé Martin, la tolérance est assez large. Le mélange que nous venons d'obtenir doit être utilisé immédiatement ; il ne faut pas en laisser une portion non réduite exposée au soleil par exemple, car sa concentration amènerait la formation d'argent fulminant, explosif très instable à déflagration spontanée. Si le volume de bain obtenu est inférieur au volume déterminé plus haut, nécessaire pour atteindre le niveau utile, on ajoutera l'eau distillée nécessaire.

Sortons le miroir du bain de rinçage et mettons-le au contact de notre liqueur ; ajoutons un volume de solution réductrice D égal au tiers du volume de A mis en œuvre. La réaction commence immédiatement, le liquide se trouble et devient complètement noir ; on doit remuer irrégulièrement le miroir pour égaliser le dépôt le mieux possible.

A 20°C, on voit apparaître sur le verre un beau reflet métallique en deux ou trois minutes ; il faut bien se garder de sortir le miroir pour voir. Un séjour au moins cinq fois plus long est nécessaire pour obtenir un dépôt opaque. On sera averti de la fin du précipité en voyant le bain s'éclaircir et des parcelles boueuses surnager. Si le miroir est face en dessus, il est bon d'éviter les dépôts boueux ou de les mobiliser en passant légèrement un tampon de coton sur la surface sans sortir le miroir du bain. On sort le miroir du bain et on le replonge dans l'eau distillée pour le rincer ; il faut s'assurer rapidement de l'opacité de la couche : une argenture épaisse laisse voir à peine le Soleil ou le filament d'une lampe puissante par transparence. Même si les contours d'un objet, bien tranché en plein jour sur le fond du ciel sont perceptibles, l'argenture pourra fournir un bon service. Si l'argenture est trop faible, il faut préparer immédiatement un second bain pour renforcer le dépôt. Le séchage du miroir doit se faire rapidement ; après égouttage sommaire, on le tient presque verticalement et on l'asperge avec de l'alcool fort. L'emploi d'un ventilateur est recommandé et il faut recueillir les gouttes qui pourraient séjourner trop longtemps à la partie inférieure au moyen d'un papier buvard.

*Polissage de la couche.* - Presque toujours la couche est légèrement voilée ; une fois bien sèche, on l'éclaircit par polissage au tampon de peau de chamois. Certains dépôts épais et mats sont impolissables : il faut les détruire et recommencer l'argenture. Pour un petit miroir on constitue un tampon en bourrant du coton dans un morceau de peau dite de chamois neuve, bien dégraissée côté chair en dehors, soigneusement brossée et inspectée <sup>(1)</sup>. Le tampon peut

<sup>(1)</sup> Les peaux de brebis sont amincies avec des meules en carborundum !



avoir 4 à 5 centimètres de diamètre. On commence par frotter une glace d'épreuve, de préférence argentée, pour vérifier que l'on ne provoque pas des grosses filandres. Il faut frotter toute la surface du miroir avec des courses en boucle, une brosse à dents servant à éliminer les particules d'argent qui pourraient se coller au tampon. Cette première opération produit un foulage de la couche et favorise le polissage proprement dit. La brosse à dents est utilisée ensuite pour étaler sur le tampon une très petite quantité de rouge à polir optique (§12) que l'on finira de répartir sur la glace d'épreuve avant de passer au miroir. Ordinairement tout étant bien sec, le miroir prend un reflet uniformément noir en quelques minutes. Eventuellement des plages récalcitrantes s'éclairciront en soufflant un peu de buée avant de frotter. On doit frotter le moins possible parce que les millions de microfilandres inévitables produites par le tampon sur la couche tendre argent, finiraient par diffuser près de l'axe une lumière aussi grave que de faibles voiles mieux visibles dans une direction très oblique.

**116. Aluminure des miroirs.** - Nous nous bornerons à une description superficielle de cette technique, seulement pour satisfaire la curiosité du lecteur-constructeur et lui éviter quelques erreurs, mais insuffisante pour lui permettre d'entreprendre l'opération qui nécessite un matériel coûteux <sup>(1)</sup>.

La technique due en grande partie à John Strong <sup>(2)</sup>, consiste à évaporer dans le vide des petits cavaliers en fil d'aluminium très pur, placés sur des hélices de tungstène chauffées par le passage d'un courant électrique. A 660°C l'aluminium fond ; il se forme une gouttelette qui « mouille » le tungstène et ne risque pas de tomber ; l'aluminium s'évapore ensuite sur les parties les plus chaudes du filament (1 200°C). Si le libre parcours moyen moléculaire est de l'ordre de grandeur du diamètre de l'enceinte où l'on a fait le vide, ce qui a lieu pour un vide élevé de l'ordre de 10<sup>-4</sup> ou 10<sup>-5</sup> millimètre de mercure, le brouillard invisible d'atomes d'aluminium atteint directement la surface à traiter et s'y condense sous forme d'une mince couche métallique reproduisant, fidèlement l'état de surface du verre optiquement poli (aucun rapport avec le métal aluminium massif poli mécaniquement). Pour fixer les idées, disons que dans le cas des petits miroirs on obtient une couche d'épaisseur bien uniforme en plaçant les évaporateurs sur une couronne de diamètre égal à celui du miroir et distante d'une quantité égale au rayon ; les hélices en fil de tungstène de 7/10 de millimètres sont chauffées par un courant de 10 à 20 volts et quelques dizaines d'ampères. Un temps d'évaporation de dix à vingt secondes suffit pour obtenir une couche opaque (1/10 de micron).

Une première difficulté réside dans le nettoyage parfait de la surface du

<sup>(1)</sup> Aux U.S.A., plusieurs amateurs aluminent eux-mêmes leurs miroirs. En France, outre les laboratoires de l'Institut d'Optique et de l'Institut de l'Astrophysique, la plupart des grosses maisons d'optique possèdent leur équipement pour la métallisation et la fluoruration et il existe plusieurs maisons spécialistes ayant une technique bien au point, citons :

M.T.O., 5, passage de Melun, Paris 19<sup>e</sup> ; toutes les métallisations et traitements par couches minces.  
S.O.C., 50, avenue Claude Vellefaux, Paris 10<sup>e</sup>.

<sup>(2)</sup> Solubilité limitée du tungstène dans les métaux évaporés. Strong, 1931.

Aluminure des grands miroirs astronomiques. Strong, *P.A.S.P.*, vol. 46, 1934, p. 18-26.

miroir, absolument nécessaire si l'on veut une couche durable. L'opération est sensiblement plus délicate que pour une argenture parce qu'il faut obtenir ici *simultanément* une surface *propre et sèche*. Les voiles gris uniformes des figures de souffle dont nous avons parlé § 115 montrent qu'il subsiste, uniformément étalée, une couche extrêmement mince d'acides gras qui peut cependant provoquer ultérieurement des défauts notables. A cause de l'affinité des ions alcalins superficiels, le nettoyage parfait de certains verres est presque

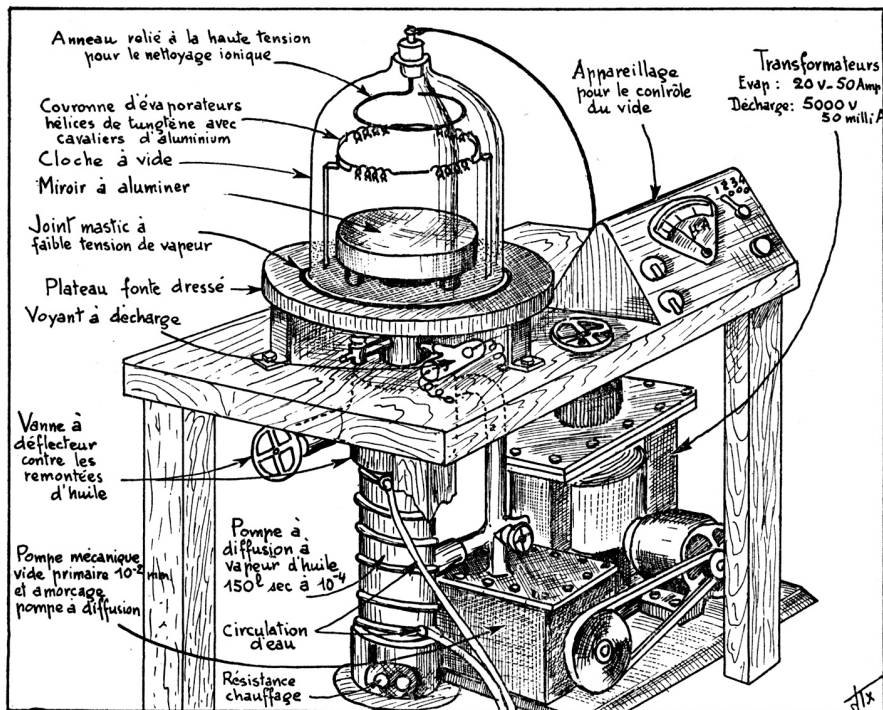


Fig. 141.- Schéma d'une petite installation d'aluminure.

impossible. Un traitement chimique énergique comportant l'immersion du verre pendant deux heures dans le mélange sulfo-chromique bouillant à  $400^{\circ}$  <sup>(1)</sup> est efficace, mais évidemment inadmissible pour un verre d'optique de précision ; on a recours à l'action des ions dans la cloche à vide pendant le pompage en faisant une décharge à haut voltage (5 000 à 10 000 volts). Les praticiens savent que ce procédé n'est pas exempt de surprises désagréables.

Les difficultés inhérentes aux vides très poussés sont mieux connues et relativement plus faciles à combattre. Il faut perpétuellement dépister et colmater des fuites imperceptibles, mais cependant très gênantes si l'on ne dispose pas de moyens de pompage puissants. Une fuite d'un seul millimètre cube d'air à la pression normale en un temps donné exige, pour être étalée, une pompe débitant plusieurs dizaines de litres entre  $10^{-3}$  et  $10^{-5}$  millimètres de pression résiduelle. On doit faire usage de déshydratants, de mastics et de

<sup>(1)</sup> MERIGOUX, Recherches sur la contamination du verre par les corps gras, R.O, sept. 1937.

graïsse à robinets à très faible tension de vapeur, tenir compte des gaz adsorbés qui nécessiteront des préfusions, etc. Une petite installation de laboratoire comme celle schématisée figure 144 peut se contenter d'un assemblage d'éléments modestes mais l'évolution rapide de la technique a conduit à des « bâtis » industriels équipés de moyen de pompage très puissants ; la figure 142 montre un bâti Heraeus à cloche de 800 installé chez M.T.O. ; la grande pompe à diffusion à vapeur d'huile, cachée en grande partie par la cloche, débite

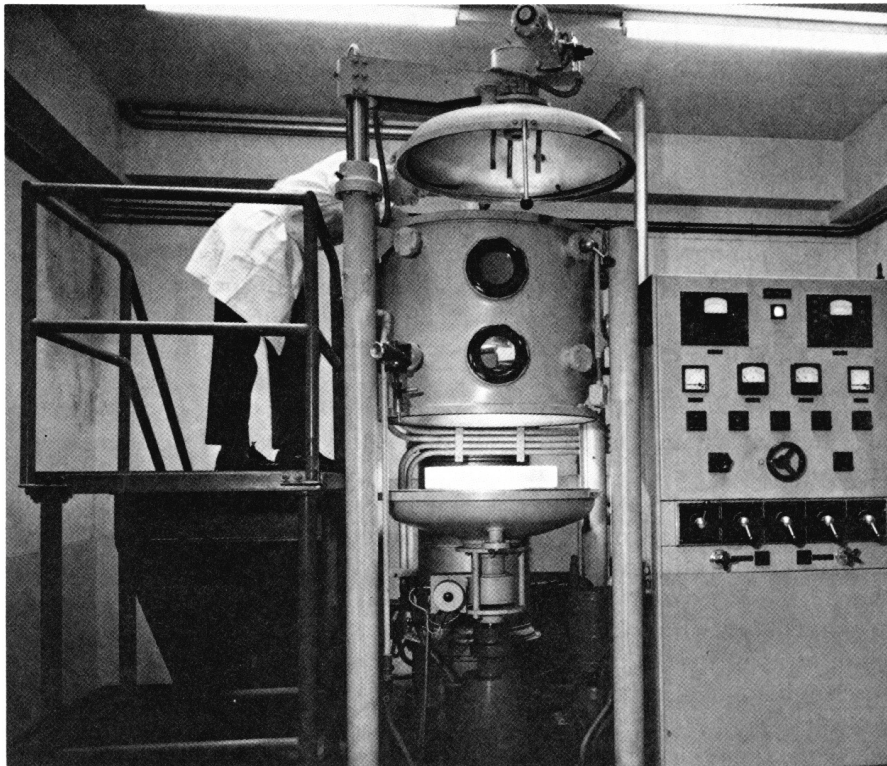


Fig. 142. – Bâti d'aluminure Heraeus à cloche de 800 (Société M. T. O.).

5 000 litres par seconde ; sur le plateau inférieur de la cloche est posé un miroir de 600 ; le tableau de contrôle et de commandes visible à droite comporte notamment les cadrans des jauges à vide : jauge de Pirani pour les vides peu élevés, jauge à ionisation pour des pressions résiduelles de  $10^{-5}$  millimètres de mercure et moins. L'intérieur de la cloche renferme plusieurs types d'évaporateurs à commandes de chauffage distinctes ; l'on peut réaliser ainsi des couches protégées par exemple par du monoxyde de silicium, ce traitement est normalement appliqué aux aluminures réalisées chez M.T.O. (couche *Amplivex 90*) des couches multiples beaucoup plus complexes sont également réalisables pour d'autres applications.

Les aluminures non protégées sont très tendres quand elles sortent de la cloche mais en quelques semaines un film uniforme d'alumine se développe aux

dépens de l'aluminium et le passage d'un blaireau ne produit plus de filandres. Si la surface du verre est parfaitement polie et l'aluminure bien réussie le résultat est impeccable sans aucun polissage ultérieur de la couche on ne peut déceler de diffusion sensible quel que soit l'angle d'examen. Par contre les moindres piqûres de gris négligées ou passées inaperçues (§ 25) à la fin du polissage du verre sont mises impitoyablement en évidence. Fréquemment les opticiens négligents éprouvent des surprises à ce sujet ; faut-il leur dire qu'il est inutile d'incriminer l'aluminure et que toute tentative de boucher les trous par polissage au tampon de peau de chamois sur l'aluminure fraîche aurait des conséquences désastreuses ?

Les défauts d'aluminure les plus fréquentes sont dues parfois à une évaporation dans un vide insuffisant (fuite, dégazage imprévu), ce qui donne une couche jaunâtre et même noirâtre. Même si le défaut est très peu prononcé on perd sur la réflexion des radiations de courtes longueurs d'onde. Pour déceler cette défektivité, on peut simplement comparer une feuille de papier bien blanche avec son image vue très obliquement grâce au miroir et qui doit paraître aussi blanche. Quelquefois des impuretés dans l'aluminium ou des contaminations grasses mobilisées par la décharge de nettoyage provoque des gros points noirs sur la couche. Mais l'insuccès le plus fréquent est dû aux imperfections de nettoyage ; quand le miroir sort de la cloche, il est presque toujours impeccable, le défaut de nettoyage provoque ordinairement dans les quarante huit heures mais parfois seulement au bout d'une semaine, une quantité de micro-intumescences en forme de calottes convexes de quelques microns de diamètre qui sont assez denses dans certaines plages pour diffuser beaucoup plus de lumière que les piqûres de gris. Dans ce cas il faut retourner le miroir à l'aluminure.

#### 117. Expéditions de miroirs à l'aluminure. - Pour ne pas compliquer inutilement le travail d'aluminure, on doit autant que possible envoyer un miroir propre et bien poli. Le nettoyage de la face optique est l'affaire de la personne qui fera l'aluminure, mais on s'attachera à éliminer toute souillure de poix (benzène) et de rouge (savonnée et gomme à encre) au dos du miroir et sur la tranche. Les aspérités de ces surfaces, souvent trop grossièrement ébauchées, peuvent retenir assez de substance susceptible de dégazer et interdire l'obtention d'un bon vide. Comme le traitement de protection de l'aluminure est souvent évité et que l'on n'attend jamais la formation naturelle d'une épaisseur suffisante d'alumine, l'emballage d'expédition

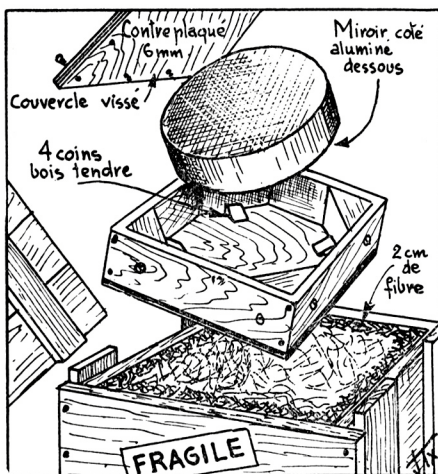


Fig. 143. - Double emballage pour transport de miroirs aluminés.

lement le travail d'aluminure, on doit autant que possible envoyer un miroir propre et bien poli. Le nettoyage de la face optique est l'affaire de la personne qui fera l'aluminure, mais on s'attachera à éliminer toute souillure de poix (benzène) et de rouge (savonnée et gomme à encre) au dos du miroir et sur la tranche. Les aspérités de ces surfaces, souvent trop grossièrement ébauchées, peuvent retenir assez de substance susceptible de dégazer et interdire l'obtention d'un bon vide. Comme le traitement de protection de l'aluminure est souvent évité et que l'on n'attend jamais la formation naturelle d'une épaisseur suffisante d'alumine, l'emballage d'expédition

du miroir doit prévoir, outre la protection du miroir, au retour celle de la couche fragile d'aluminium. La figure 142 donne un exemple de caisse convenable. Le miroir dans une

boite intérieure très propre passée à la gomme laque, a sa face optique dégagée du fond de plusieurs millimètres grâce à quatre cales en coin portant au bord, *l'aluminure ne doit toucher à rien*. L'étanchéité à la poussière de cette boîte intérieure est très souhaitable et peut être améliorée avec une bande d'albuplast sur le joint de couvercle. Tout emballage comportant le contact direct de l'aluminure avec du papier de soie ou du coton hydrophile n'est pas souhaitable à cause des traces possibles de chlore dans ces substances, cependant la maison d'aluminure peut utiliser valablement un papier de soie éprouvé surtout si l'aluminure est protégée par de la silice. Pour les envois par chemin de fer il faudra en outre une caisse extérieure plus grande de 5 centimètres environ dans tous les sens pour calage soigné avec des tortillons de fibre de bois.

118. **Soins à donner aux aluminures.** - Même après les six premières semaines, il est bon de s'en tenir à de légers époussetages au blaireau et d'éviter notamment tout frottement avec un chiffon ou une peau de chamois. Particulièrement dans le cas d'un dépôt de rosée ou de buée, il faut attendre l'évaporation après climatisation du miroir sans chercher à frotter. L'aluminure résiste assez bien à l'humidité, mais on doit éviter la répétition trop fréquente d'un cycle de condensations et évaporations surtout au voisinage de la mer. La poussière est une autre cause de destruction ; en dehors des heures de service un couvercle en glace, rodé sur la marge du miroir, constitue une bonne protection : ce moyen est classique pour protéger les argentures ; dans le cas d'une aluminure, on se contente souvent, si le tube du télescope est plein, d'un couvercle à peu près étanche en haut du tube. On a intérêt à laisser l'instrument avec le tube horizontal pour éviter les poussières grasses les plus lourdes que le blaireau ne ferait qu'étaler. Après un ou deux ans de service, la surface est souvent souillée, les grosses poussières, les taches d'insectes amorcent localement une oxydation profonde ; un lavage à l'eau légèrement additionnée d'un détergent sulfoné genre *Teepol* élimine bien un voile gras général mais il subsiste généralement des petits trous dans la couche aux points oxydés. Les aluminures protégées par la silice sont plus résistantes et faciles à nettoyer, un large tampon de coton hydrophile imprégné d'acétone éliminera le plus gros des souillures, un second tampon vierge employé à sec suffira pour effacer les dernières traces de ressui. Au prix de quelques soins, une aluminure peut donner un bon service pendant cinq ans. Le pouvoir réflecteur reste élevé si l'épaisseur d'aluminium à l'origine était suffisante pour conserver l'opacité malgré la formation d'un film d'alumine de plus en plus épais ; ce sont les dépôts diffusants, qui finissent par devenir gênants si l'on veut un instrument réellement de premier ordre.

