

## CHAPITRE XI

**LES OCULAIRES**

95. **Généralités sur les oculaires.** - Comparé à l'objectif, l'oculaire de l'instrument a un rôle beaucoup plus modeste et sa réalisation industrielle ne comporte pas de difficultés du même ordre, de sorte que la principale raison de le construire soi-même disparaît. Il n'en est que plus irritant pour l'amateur constructeur de constater que l'achat d'une série de bons oculaires représente de loin, la dépense la plus considérable. Cette question mérite donc une certaine attention.

L'oculaire est une sorte de loupe que l'œil utilise pour exploiter au mieux l'image primaire donnée par l'objectif. Tout de même l'idée que l'on se fait d'une loupe vulgaire, destinée à l'examen d'objets non lumineux par eux-mêmes, demande à être complétée ici par des remarques importantes. N'oublions pas que le rayon de la tache de diffraction (§ 3) d'un objectif à  $f/6$  n'a guère plus de 4 microns et que nous avons pris en considération pour notre bulletin de contrôle, d'écart transversaux de l'ordre du micron ; en toute logique notre « loupe » doit pouvoir donner une représentation correcte d'objets de cette dimension. Notons aussi que l'observation d'un objet très brillant sur fond noir est particulièrement révélatrice - les microscopistes le savent bien - des défauts de l'optique employée.

Supposons l'instrument complet mis au point à l'infini et pointé de jour sur un fond clair uniforme. Regardons l'oculaire à une vingtaine de centimètres de distance, nous voyons un petit cercle blanc qui est l'image de la pupille d'entrée de l'instrument, limitée dans un télescope par le contour du grand miroir, donnée par l'oculaire qui joue ici le rôle d'un petit objectif. Ce petit cercle est la *pupille de sortie*, ou *anneau oculaire*, il doit se former en principe un peu en arrière de l'oculaire où l'œil pourra centrer sa propre pupille et recevoir toute la lumière collectée par le miroir. Le diamètre P de l'anneau oculaire est égal au diamètre libre du miroir divisé par le grossissement ; d'où un moyen commode de mesurer expérimentalement le grossissement  $G = D/P$ .

La mesure de D est facile, celle de P plus délicate parce que la pupille peut descendre à un diamètre de quelques dixièmes de millimètre seulement si l'oculaire est fort. Si l'interpolation au dixième d'un réglelet finement divisé en millimètres paraît insuffisante le mieux est d'utiliser un dynamètre, petit appareil imaginé par Ramsden et composé d'une division sur verre en dixième de millimètre (acheter un micromètre oculaire de microscope) visée par un oculaire positif c'est-à-dire dont le plan objet est accessible. L'on met d'abord l'oculaire au point sur la division puis l'ensemble au point sur l'anneau oculaire

et l'on apprécie les centièmes. Naturellement si l'anneau oculaire dépasse le diamètre de la pupille de l'œil cette dernière diaphragme le miroir. Dans l'obscurité complète la pupille de l'œil atteint 8 millimètres mais en pratique il ne faut guère escompter dépasser utilement 7. Un télescope à  $f/6$  ne devra donc pas recevoir d'oculaires de longueur focale supérieure à  $6 \times 7 = 42$  mm. Si la recherche d'étoiles très faibles tels que les nébuleuses ou une comète justifient ces grossissements très faibles il ne faut pas oublier que les défauts cornéens sont énormes et que l'œil ne peut être considéré comme un instrument parfait qu'avec une pupille ne dépassant pas 0,6 millimètre, disons à la rigueur un millimètre au maximum.

Pour formuler un jugement comparatif sur des types d'oculaires, il faut non seulement disposer d'un objectif irréprochable et d'un œil normal, mais spécifier s'il y a lieu les propriétés hors de l'axe de l'objectif et surtout ne pas oublier de mentionner l'*ouverture du faisceau* et le *diamètre pupillaire instrumental*. Suivant les valeurs de ces deux paramètres, les défauts des trois organes en présence : objectif, oculaire, œil, joueront un rôle relatif plus ou moins important. Par exemple, si nous associons un objectif à  $f/15$  avec un oculaire assez fort pour donner une pupille de sortie ne dépassant pas 6/10 de millimètre, nous pourrions juger la valeur de l'objectif sans nous inquiéter des défauts de l'oculaire, ni de ceux de l'œil. Avec un objectif à  $f/6$  et une pupille de moins de 6/10 de millimètre, les défauts de l'œil ne sont toujours pas gênants, mais ceux de l'oculaire peuvent l'être ; on doit prendre un oculaire bien corrigé.

Toujours avec notre miroir à  $f/6$  pour interpréter la qualité de l'image obtenue avec un faible grossissement donnant une pupille d'environ 6 millimètres, il faudra penser non seulement aux défauts de l'oculaire, mais à ceux de l'œil qui joueront cette fois un rôle plus important que les petites aberrations résiduelles sur l'axe présentées par l'objectif. Enfin, dans ce dernier cas (faisceau à  $f/6$  ; pupille de 6 millimètres), apprécier la qualité des images au bord du champ n'a pour ainsi dire pas de sens car les défauts de l'œil interviennent de façon variable, pratiquement non reproductible : en mettant les choses au mieux, l'anneau oculaire coïncide avec la pupille de l'œil ; ce dernier, pour observer un objet au bord du champ, tourne dans son orbite autour d'un centre notablement plus en arrière. Il en résulte une diaphragmation en œil de chat, dissymétrique par rapport à la région axiale de la cornée qui, seule, possède une qualité optique suffisante.

Nous ne pouvons insister, mais ceci suffit pour comprendre la valeur très relative des renseignements que nous donnons plus loin, obtenus avec un grand nombre d'oculaires de fabrication différente qui n'exploitent pas toujours les possibilités de la formule à cause des imperfections d'exécution.

La question des oculaires est importante, difficile et elle n'a pas trouvé de réponse satisfaisante dans tous les cas.

**96. Les principaux types d'oculaires.** - La figure 104 donne les proportions, échelle grandeur, de différents types d'oculaires de 17 millimètres environ de longueur focale (sauf les oculaires à grand champ qui ne sont pas à l'échelle). Le sens de traversée par la lumière est de gauche à droite, les plans principaux sont figurés : du côté foyer objet par le gros pointillé qui indique le plan du diaphragme de champ et du côté foyer image par la pupille de sortie ou anneau

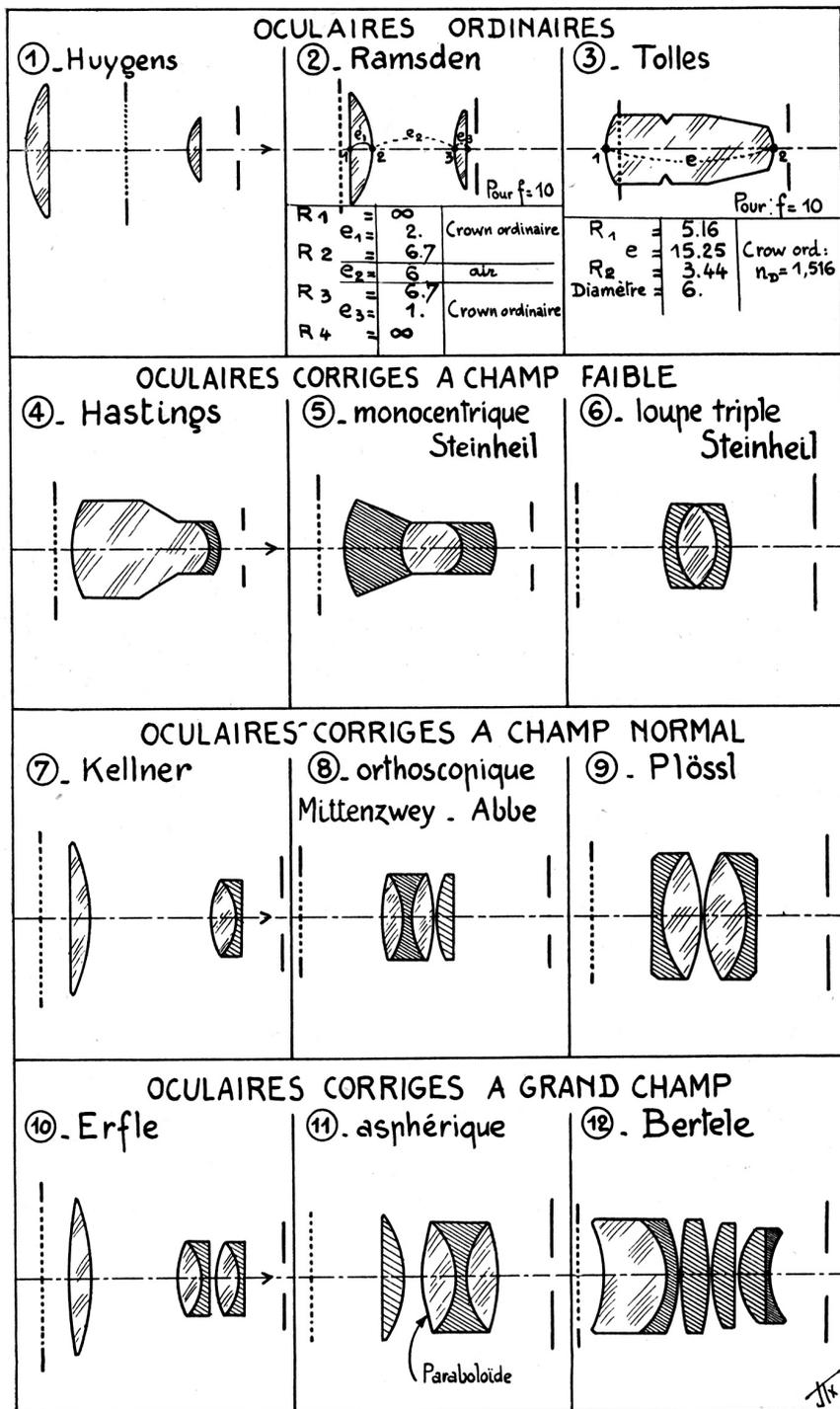


Fig. 104. - Les principaux types d'oculaires.

oculaire qui doit si possible coïncider avec la pupille de l'œil ; l'ocillon matériel de l'oculaire devrait donc se trouver 7 ou 8 millimètres plus près de la lentille d'œil, ce qui n'est réalisable qu'avec certains types d'oculaires pas trop forts.

1. *Oculaire d'Huygens*. - La combinaison s'énonce 4-3-2 (Huygens) ou 3-2-1 (Dollond). Ces chiffres correspondent respectivement à la longueur focale du verre de champ, à l'écartement des deux lentilles et à la longueur focale du verre d'œil. La longueur focale résultante vaut  $8/3$  dans le premier cas et  $3/2$  dans le second. Pour ces proportions l'achromatisme de grandeur est réalisé. Le diaphragme de champ est ordinairement ouvert à  $45^\circ$ . Les reflets sont larges, pâles et non gênants. Le gros défaut du système c'est une forte aberration de sphéricité qui devient désastreuse avec l'ouverture relative de  $f/8$  ou  $f/6$  de nos télescopes. A  $f/6$  et une pupille de sortie de 3 millimètres,

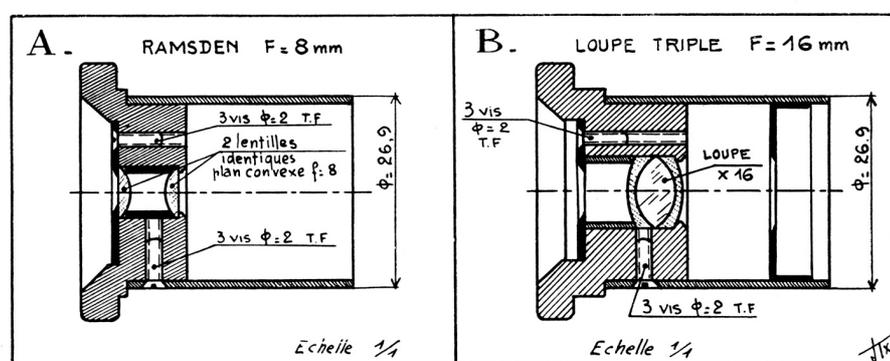


Fig. 105. - Montures simples pour oculaires économiques.

les résultats sont franchement ignobles, le moindre déplacement de l'œil par rapport à l'axe produit des aigrettes intolérables. Cet oculaire est malheureusement le plus répandu. Si la question budgétaire impose l'usage d'oculaires de ce type que l'on possède déjà, on n'oubliera pas que les résultats les moins mauvais seront obtenus avec des forts grossissements correspondant à des pupilles de moins de 1 millimètre.

2. *Oculaire de Ramsden*. - Symbole 1-1-1 ; la longueur focale résultante vaut également l'unité ; mais généralement on préfère rapprocher un peu les verres pour éviter l'accommodation sur les défauts et les poussières de la lentille de champ. Dans ce cas l'achromatisme de grandeur n'est plus tout à fait réalisé ; il y a une frange rouge intérieure qui borde les étoiles observées au bord du champ qu'on limite souvent à  $30^\circ$ . Cette propriété est parfois mise à profit pour compenser la dispersion atmosphérique par un excentrement convenable de l'astre observé. L'aberration de sphéricité n'est guère que  $1/8$  de celle de Huygens et sans être parfaits, les résultats avec les faisceaux à  $f/6$ , et surtout à  $f/8$ , sont acceptables. Ceci est particulièrement intéressant pour l'emploi en association à une lentille de Barlow. La construction de cet oculaire est facile et peu onéreuse ; les caractéristiques des lentilles figurent

sur la planche 104-2 <sup>(1)</sup>. La figure 105 A donne une version de monture simplifiée n'exigeant pas de tour avec dispositif de filetage. C'est l'oculaire de l'amateur peu fortuné, déconseillé à  $f/6$  si la pupille dépasse 2 millimètres.

3. *Oculaire de Tolles*. - Lentille épaisse unique. Très supérieur au Huygens au point de vue de l'aberration sphérique et de la tolérance de centrage de l'œil. Facile à monter. Pas de reflet gênant. Courbure de champ énorme limitant pratiquement le champ à  $12^\circ$ , ce qui est une forte contre-indication pour les appareils montés en azimutal. Rayon de courbure de la face d'œil très court (un tiers de la longueur focale), d'où réalisation difficile en courtes focales nécessaires avec les télescopes à  $f/6$ .

4. *Oculaire de Hastings*. - Dérivé du Tolles, bonne correction chromatique, courbure de champ notable, distorsion très rapidement croissante au delà de  $25^\circ$  de champ total.

5. *Oculaire monocentrique*. - Dû à Steinheil qui en a donné plusieurs formules. Très bonne correction chromatique. La courbure de champ ne permet guère de dépasser utilement  $25^\circ$ . Excellent oculaire pour l'observation planétaire, mais n'est d'un emploi pratique que si l'instrument est monté équatorialement.

6. *Loupe triple*. - Due à Steinheil. Très bonne correction chromatique. Aberration de sphéricité très faible ; avec un faisceau à  $f/6$ , les images sont parfaites sur l'axe même avec une pupille atteignant 4 millimètres ; l'astigmatisme et la courbure de champ ne sont gênants que pour un champ de plus de  $30^\circ$ . Pas de reflet perceptible. Les plans principaux sont très éloignés des lentilles. C'est le meilleur des oculaires n'ayant que deux surfaces air verre. Notons que cette formule est très souvent, utilisée pour faire des loupes de bonne qualité, souvent qualifiées d'aplanétiques ou antidistortives, que l'on peut acquérir de façon relativement avantageuse. Le foyer de la loupe est égal en principe au quotient de 250 millimètres par le grossissement indiqué sur la monture. Il faut toujours vérifier avant achat et sortir la lentille de la monture pour s'assurer de la présence du joint de collage médian caractéristique de la loupe de Steinheil ; beaucoup d'articles extérieurement similaires sont constitués par des lentilles simples séparées. La figure 105 B donne un exemple de montage d'une loupe d'environ 10 millimètres de longueur focale.

7. *Oculaire de Kellner*. - Très bonne correction chromatique. Images parfaites sur l'axe avec faisceau à  $f/6$  et pupille de 3 millimètres. Astigmatisme et courbure de champ notables. Malgré cela l'ouverture de champ est généralement poussée à plus de  $40^\circ$ . Très souvent employé dans les jumelles à prismes et lunettes de l'armée (le marché de l'occasion permet de trouver à bon compte les focales de 16 à 24 millimètres). Il y en a beaucoup de variantes qui sont toutes affectées d'un petit reflet très brillant, souvent gênant.

8. *Oculaire orthoscopique*. - Un des plus importants en astronomie et des mieux corrigés, théoriquement au moins. Ceux que nous avons pu essayer, de quatre marques différentes, sont bien corrigés sur l'axe, mais laissent voir au bord d'un champ de  $40$  à  $45^\circ$  un astigmatisme et une courbure de champ notables aussi bien avec un faisceau à  $f/20$  qu'avec un à  $f/6$  ; et ceci pour des

<sup>(1)</sup> La longueur focale de l'exemple est de 8,4 mm, et non 10 millimètres comme indiqué sur la figure.

pupilles comprises entre 1 et 4 millimètres. Les plus mauvais montrent une coma et une inégalité chromatique sensible qui ne peuvent être attribuées qu'à une faute de construction.

Les reflets nombreux de cet oculaire sont très larges et pâles et ne sont pratiquement jamais gênants. Les plans principaux sont très éloignés des lentilles. C'est l'oculaire type à employer avec nos télescopes ouverts à  $f/8$  et  $f/6$ , certains constructeurs en fabriquent des séries très étendues. Nous en avons calculé une série spéciale pour le télescope standard, très bien corrigée de l'inégalité chromatique mentionnée plus haut.

9. *Oculaire de Plössl*. - Après la première édition de ce livre nous avons pu intéresser un constructeur <sup>(1)</sup> à la réalisation en série de cet oculaire très bien corrigé dont nous avons calculé une série très complète (voir § 98). Une longue étude comparative des résultats des Plössl et des orthoscopiques dans les conditions qui nous intéressent (miroir de 200 à  $f/d = 7$ ) donne les résultats suivants :

*Achromatisme* : parfait pour le Plössl comme pour l'ortho, quand ce dernier est bien réussi, le bord du champ et les étoiles sont exempts de toute irisation. *Correction sphérique sur l'axe* : pas d'aberration décelable pour l'œil dans les deux cas, même avec l'oculaire le plus faible. *Astigmatisme* : avec l'oculaire  $f = 25$  devient perceptible sûrement à  $15^\circ$  du centre du champ du Plössl, équivalent à celui de l'ortho au bord du champ de ce dernier ( $19^\circ$ ), reste modéré au bord du champ du Plössl ( $26^\circ$ ) ; l'évaluation de ce défaut est visuellement très subjective, les menus défauts cornéens (non décelables par les méthodes ophtalmologiques courantes) jouent un rôle au moins aussi grand que les résidus propres aux oculaires quand la pupille dépasse 3 millimètres de diamètre. *Courbure de champ* : bien corrigée pour le Plössl. *Reflets* : un astre brillant hors de l'axe du Plössl donne un reflet petit et assez clair. Pour l'observation planétaire, il est recommandé de ne pas laisser l'astre exactement centré afin d'éviter la superposition du reflet qui pourrait nuire aux faibles contrastes ; ce reflet est moins grave que ceux de l'oculaire de Kellner mais plus gênant que ceux de l'orthoscopique normal : cet inconvénient peut être éliminé par un traitement anti-reflet dur, possible sur des petits verres. *Dégagement des plans principaux* : foyer objet et point d'œil à 0,73 de la focale par rapport aux faces extérieures des verres, ce qui est avantageux pour viser un objet matériel (réticule) et placer la pupille effectivement au cercle oculaire des oculaires les plus forts ; l'orthoscopique donne des dégagements équivalents.

En résumé les Plössl comparés aux orthoscopiques présentent l'avantage du champ plus étendu et l'inconvénient du reflet plus gênant s'ils ne sont pas traités.

D'autre part la réalisation industrielle des Plössl est plus facile que celle des orthoscopiques. Les courbures sont un peu moins prononcées pour une longueur focale donnée et surtout le double collage précaire du verre triple est évité. Enfin les verres du Plössl : flint dense et baryum crown sont moins hygroscopiques que le flint baryte de l'ortho qui nécessite des essayages fréquents.

**Oculaires à grand champ.** - Nous ne les mentionnons qu'à titre d'indication et leur emploi exige un porte-oculaire à coulant de grand diamètre. Ce n'est que

<sup>(1)</sup> Ets CLAVE, 9, rue Olivier Métra, Paris 10<sup>e</sup>.

pour certaines recherches avec des télescopes à champ riche (R. F. T.), munis d'un grossissement équipupillaire (6 à 7 millimètres de pupille) et généralement très ouverts ( $f/4$  ou  $f/5$ ), qu'il faut un oculaire à grand champ très bien corrigé et que la complication inévitable de la combinaison peut payer. Pour la grandeur du champ maximum intéressant, les avis sont partagés ; un champ de plus de  $60^\circ$  impose à l'œil, qui veut fixer un détail au bord, une gymnastique peu ordinaire, mais c'est à l'observateur de décider. Il suffit qu'un chercheur de comète perçoive, même très imparfaitement et sans la fixer, une faible nébulosité, pour qu'il l'amène ensuite au milieu du champ.

10. *Oculaire de Erfle.* - Dérivé du Kellner, le verre d'œil est dédoublé ; dans les meilleures variantes l'astigmatisme est déjà très important au bord d'un champ de  $65^\circ$ .

11. *Oculaire avec lentille asphérique.* - La déformation d'une surface donne des possibilités extraordinaires pour la correction de la distorsion et de l'astigmatisme qui ne sont pas plus prononcés dans un champ apparent énorme de  $90^\circ$  qu'avec l'oculaire de Erfle dans un champ de  $60^\circ$ . La réalisation industrielle est extrêmement difficile et peu satisfaisante en raison de la déformation très grande de la surface correctrice.

12. *Oculaire de Bertele.* - On atteint un champ de  $80^\circ$  rien qu'avec des faces sphériques, mais l'épaisseur du verre de champ est comparable à la longueur focale de l'ensemble et les huit surfaces air-verre exigent un traitement anti-reflet efficace pour toute application astronomique, M. Paul, en nous signalant cet oculaire, mentionne la possibilité intéressante de corriger la coma très importante avec les miroirs très ouverts ( $f/4$ ) à  $1^\circ$  de l'axe.

97. **La lentille de Barlow.** - C'est une *lentille concave* que l'on interpose à une distance convenable  $D$  du plan focal  $F$  de l'objectif (fig. 106). Le faisceau

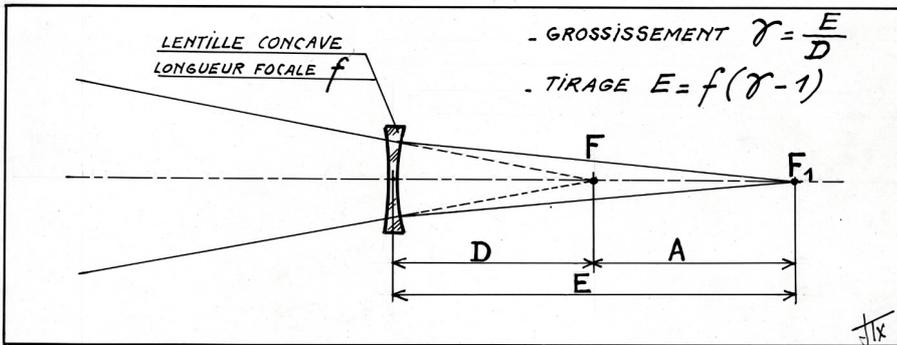


Fig. 106. - Interposition d'une lentille concave dans un faisceau.

émergent converge alors en  $F_1$ , son ouverture est moindre que celle du faisceau primaire. Appelons  $E$  la distance de la lentille à l'image résultante  $F_1$ . Le grossissement  $\gamma$  de l'image dû à la lentille, qui agit comme un secondaire convexe de Cassegrain, est  $\gamma = E/D$ . Si la longueur focale de notre Barlow est  $f$  ce grossissement correspondra à un tirage  $E = f(\gamma - 1)$ .

Comme nous pouvons choisir une lentille assez petite et de courte longueur focale  $f$  sans sacrifier le champ des oculaires ordinaires il est possible ainsi

d'allonger beaucoup la longueur focale d'un instrument au prix d'une modification minimale de la partie oculaire et pratiquement sans augmentation d'encombrement. Un tube oculaire extensible permettrait même un grossissement variable de manière continue avec un seul oculaire mais il faut songer aux aberrations du système. Le chromatisme d'une lentille simple ne sera désirable qu'en association à un objectif réfracteur sous-correcté : une lentille achromatique et corrigée de l'aberration de sphéricité est indispensable pour l'emploi sur un télescope. Maurice Paul a donné une formule <sup>(1)</sup> qui corrige en outre la coma du miroir pour des faisceaux ne dépassant pas  $F / D = 5$  ; c'est un doublet aplanétique de Clairaut collé dont nous avons demandé la fabrication en série dès 1955 à la maison Clavé. Cette lentille de 25 millimètres, ouverture

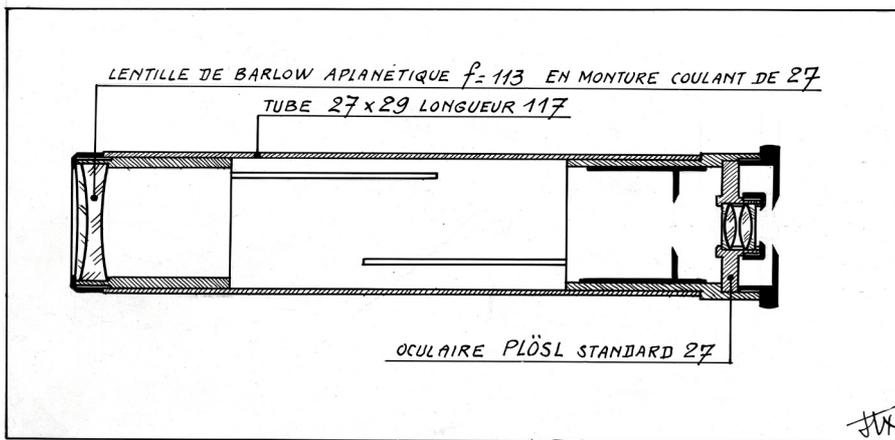


Fig. 107. – Montage de la lentille de Barlow standard.

libre 23 se monte à glissement dans un tube porte-oculaire 27 x 29 légèrement plus long que le standard (fig. 107) ; la distance  $E$  est égale à la longueur focale de 113 millimètres de la lentille, le grossissement fixe  $\gamma$  est donc sensiblement de 2 pour tous les oculaires associés. L'ensemble se met au point absolument comme un coulant classique à simple oculaire. Pour respecter la parfaite correction sphérique de la lentille il faut s'en tenir à ce tirage et ce grossissement de 2 mais l'expérience montre que pour les applications photographiques en particulier l'on peut porter  $\gamma$  à 4 environ sans inconvénient grave.

L'emploi d'une lentille de Barlow est spécialement intéressant avec les télescopes newtoniens d'ouverture relative  $F / D$  comprise entre 5 et 8, voici pourquoi :

1° L'oculaire ne reçoit plus qu'un faisceau deux fois moins ouvert et travaille alors dans des conditions beaucoup plus favorables ; l'excellente correction de Plössl ou des orthoscopiques reste naturellement avantageuse mais un simple Ramsden devient très acceptable sur un télescope à  $f / 7$  porté à  $f / 14$  par la Barlow. La correction de la coma extra-axiale du paraboloïde est également bénéfique pour les images au bord du champ des oculaires un peu faibles.

2° Un grossissement donné s'obtient par un oculaire de longueur

<sup>(1)</sup> Systèmes correcteurs pour réflecteurs astronomiques, *Revue d'optique*, t. 14, n° 5, mai 1935, p. 188.

focale double ce qui est très avantageux pour les forts grossissements. En effet les oculaires très forts ( $f = 3$  à  $5$ ) outre une bonne qualité de fabrication nécessitent des précautions qui en rendent l'emploi peu agréable. L'œil doit être bien centré et très près du verre d'œil si l'on veut profiter du champ entier mais alors le battement des cils souille la lentille d'œil minuscule qu'il faut

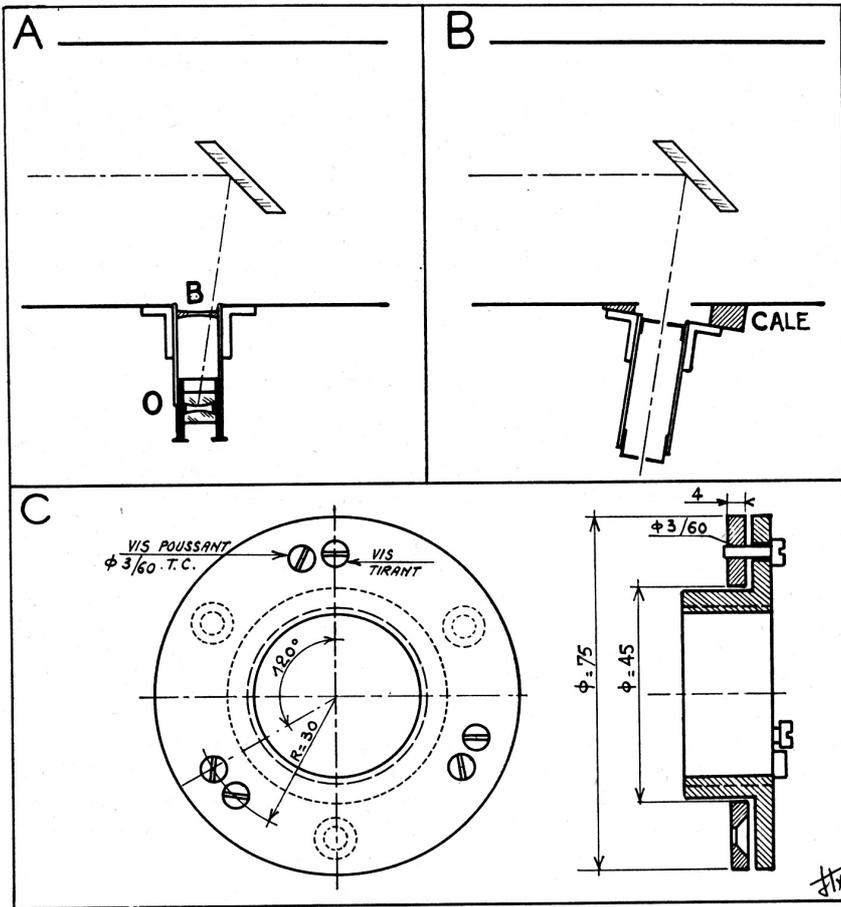


Fig. 108 A, B et C – Centrage d'un porte-oculaire à lentille de Barlow.

maintenir d'une propreté méticuleuse. 3° Instantanément l'on dispose à volonté de deux télescopes ; sans Barlow le Newton classique qui reste avantageux pour les faibles grossissements et grandes pupilles nécessaires pour l'observation des nébuleuses et comètes, avec Barlow le Newton est comparable à un Cassegrain et tout indiqué pour l'observation planétaire et les dédoublements de couples serrés. 4° La Barlow ne coûte que la moitié du prix d'un oculaire de Plössl et double le nombre de grossissements disponibles avec une série d'oculaires donnée. Nous examinons § 98 les combinaisons intéressantes.

Les inconvénients sont mineurs : le traitement anti-reflet dur appliqué en

série pour les deux faces de la lentille réduit les pertes par réflexion à une valeur pratiquement négligeable. Il faut éviter les aberrations de décentrage éventuelles de la Barlow par un réglage spécial plus soigné du porte-oculaire. La figure 108 A montre un défaut très exagéré de mise en place de la bride porte-oculaire, le centrage de l'instrument est possible, l'oculaire O, bien corrigé pouvant être légèrement incliné sur l'axe sans inconvénient ; au contraire, le défaut ne passera pas inaperçu avec la Barlow B sensiblement décentrée. Sur la figure 108 B, on a remédié à l'inconvénient par inclinaison du porte-oculaire, ce qui est plus facile qu'une recherche par tâtonnement de la position correcte de la bride (accompagnée à chaque fois du dérèglement du miroir plan).

L'inclinaison peut s'obtenir grâce à un jeu de 6 vis poussant, tirant, prenant points d'appui sur une bride supplémentaire (fig. 108 C) ou plus simplement en calant sous la bride ordinaire (fig. 108 B). Le parallélisme du tube oculaire avec l'axe peut se vérifier aisément en enlevant l'optique oculaire, provisoirement remplacée par deux diaphragmes de 2 à 3 millimètres de diamètre disposés aux deux extrémités du tube de la Barlow (fig. 108 B). Le télescope étant centré au préalable de la manière habituelle (voir § 119), on place l'œil près de l'ocillon et, si le diaphragme de l'autre extrémité a un diamètre bien choisi, il encadre l'image de l'ombre du plan diagonal quand le tube porte-oculaire est bien parallèle à l'axe ; autrement on agit sur les vis ou les cales d'inclinaison ; dans le cas d'une inclinaison notable, il pourrait être utile de revenir en seconde approximation sur l'inclinaison du grand miroir, l'observation d'une étoile à fort grossissement sans Barlow dirigerait ce réglage.

**98. Série standard d'oculaires de Plössl.** - Les oculaires de longueur focale 3 à 25 se montent à glissement dans le porte-oculaire standard de diamètre intérieur 27 millimètres. Cette standardisation à 27 rend possible l'usage des oculaires de Manent comprenant notamment une belle série d'orthoscopiques que l'on trouve encore fréquemment chez les amateurs. Les montures de ces oculaires standard sont conçues pour réduire autant que possible les courses de remise au foyer après chaque changement d'oculaire (fig. 109) entre le 3 et le 25 le dépointage ne dépasse pas 12 millimètres.

Pour les faibles grossissements en Cassegrain il fallut créer une seconde norme de coulant pour pouvoir conserver un champ intéressant, ces grands oculaires de 40, 55, et 75 millimètres se glissent dans un coulant de 50 millimètres de diamètre intérieur (fig. 110). Leur emploi n'est pas prévu normalement sur les Newton, cependant le constructeur Clavé a réalisé une monture à mise au point par cabestan recevant les deux coulants et permettant ainsi aux spécialistes en objets très pâles d'adopter en Newton le plus faible grossissement possible sous réserve également d'un miroir plan correctement dimensionné (voir § 5). Autant que possible il faut préférer les Plössl traités anti-reflet sur les quatre faces air-verre ce qui élimine le seul inconvénient de la combinaison comparée à l'orthoscopique. Le tableau (page 192) donne les *grossissements* ; les *diamètres d'anneaux oculaires ou pupille de sortie en millimètres* ; les *champs en minutes d'arc* obtenus en montant ces oculaires sur quatre instruments d'amateurs : un standard de 200 à  $f/6$ ,  $f = 1\ 200$  ; un standard de 200 à  $f/8$ ,  $f = 1\ 600$  ; un Cassegrain ou une lunette de 200 à  $f/15$ ,  $f = 3\ 000$  ; un Cassegrain de 250 à  $f/20$ ,  $f = 5\ 000$ .

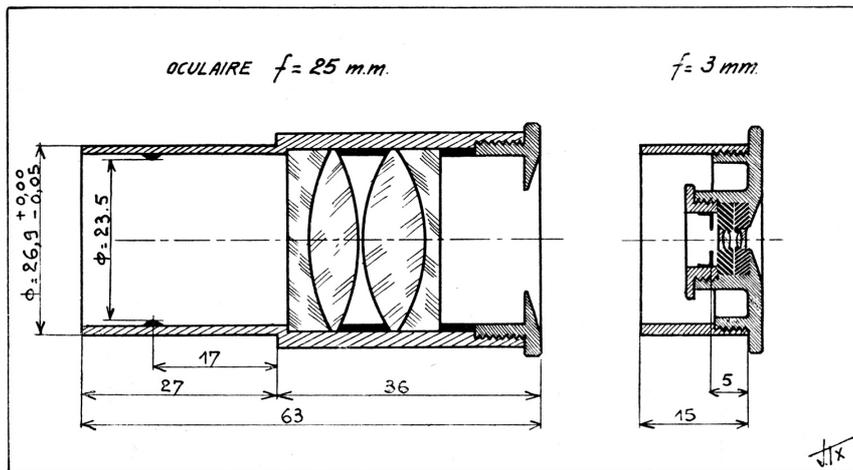


Fig. 109. – Oculaire de Plössl pour télescope standard.

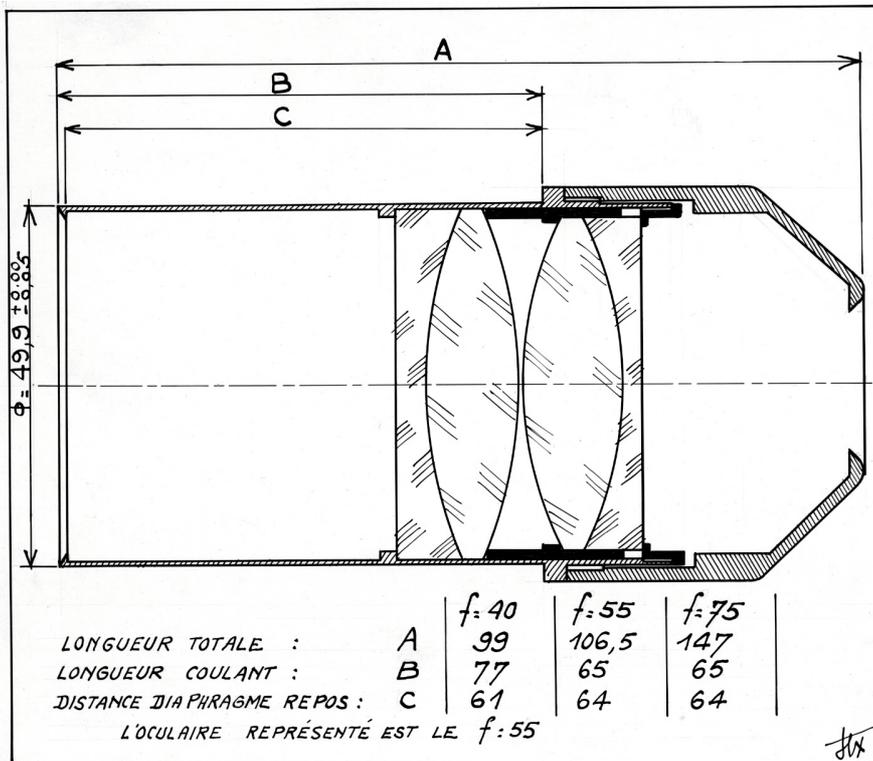


Fig. 110. – Oculaire de Plössl pour télescope Cassegrain.

GROSSISSEMENTS; PUPILLES EN MILLIMETRES; CHAMPS EN MINUTES AVEC:				
OCCULAIRE PLOSSL Long. Foc. : Champ app.	Standards Ø 200		Casegrains	
	f/6	f/8	Ø 200 ; f/15 Ø 250 ; f/20	
COULANT DE 50	75 mm ; 36°	Trop faible	x 40 ; 5 mm ; 54'	x 67 ; 3,8 mm ; 32'
	55 mm ; 44°	Trop faible	x 29 ; 6,9 mm ; 91'	x 91 ; 2,7 mm ; 29'
	40 mm ; 48°	x 30 ; 6,7 mm ; 96'	x 40 ; 5 mm ; 72'	x 125 ; 2 mm ; 23'
	25 mm ; 45°	x 48 ; 4,2 mm ; 56'	x 64 ; 3,1 mm ; 42'	x 200 ; 1,3 mm ; 14'
	20 mm ; 45°	x 60 ; 3,3 mm ; 45'	x 80 ; 2,5 mm ; 34'	x 250 ; 1 mm ; 11'
	16 mm ; 45°	x 75 ; 2,7 mm ; 36'	x 100 ; 2 mm ; 27'	x 313 ; 0,8 mm ; 9'
	12 mm ; 45°	x 100 ; 2 mm ; 27'	x 133 ; 1,5 mm ; 20'	x 417 ; 0,6 mm ; 6'
	10 mm ; 43°	x 120 ; 1,7 mm ; 22'	x 160 ; 1,3 mm ; 16'	x 500 ; 0,5 mm ; 5'
	8 mm ; 43°	x 150 ; 1,3 mm ; 17'	x 200 ; 1 mm ; 13'	x 626 ; 0,4 mm ; 4'
	6 mm ; 43°	x 200 ; 1 mm ; 13'	x 267 ; 0,7 mm ; 10'	x 833 ; 0,3 mm ; 3'
COULANT DE 27	5 mm ; 41°	x 140 ; 0,8 mm ; 10'	x 320 ; 0,6 mm ; 8'	Trop fort
	4 mm ; 41°	x 300 ; 0,7 mm ; 8'	x 400 ; 0,5 mm ; 6'	Trop fort
	3 mm ; 41°	x 400 ; 0,5 mm ; 6'	x 534 ; 0,4 mm ; 5'	Trop fort

Naturellement, il n'est pas nécessaire, avec un instrument donné, de posséder la série complète, la plus riche croyons-nous disponible sur le marché mondial. La sélection de quelques grossissements régulièrement étagés serait une autre erreur. Il faut choisir les grossissements réellement utiles sans oublier le dédoublement apporté par la lentille de Barlow extrêmement avantageuse pour les standards. Un équipement sommaire doit comprendre toujours l'oculaire le plus faible se montant dans le coulant disponible, c'est-à-dire le 25 millimètres pour le standard. Cet oculaire est indispensable à cause de son champ permettant de reconnaître et centrer l'objet et la pupille sera souvent suffisante pour l'étude des objets faibles : nébuleuses, comètes, lumière cendrée. Ensuite il faut un oculaire de travail donnant une bonne exploitation de l'instrument par l'œil donc pupille un peu inférieure à 1 millimètre et G voisin de 250 sur un 200 ; c'est l'oculaire permettant une bonne étude des surfaces planétaires. La turbulence est un obstacle variable qui rend utile un équipement plus complet pour encadrer par échelons plus ou moins serrés cette valeur ; naturellement l'instrument puissant dont on espère quand même de bonnes images avec pupille 0,8 ou 0,6 millimètres devra être équipé d'une série de grossissements intermédiaires adaptés aux circonstances. Avant d'entreprendre un dessin planétaire le choix empirique du grossissement ne comporte cependant que peu de tâtonnements, une valeur trop faible ou trop forte de 30 ou 40 vers 250 ou 300 se traduit souvent par une perte bien décelable dans la vision des détails peu contrastés.

Les grossissements de 70 à 150 sont peu intéressants sur des télescopes d'environ 200 d'ouverture sauf pour les variabilistes qui ont besoin d'un champ suffisant pour voir les étoiles de comparaison mais doivent cependant éviter les plus grandes pupilles qui pourraient créer de grosses erreurs en vision oblique. Les forts grossissements correspondent aux pupilles de 0,5 millimètre et moins ; il n'est jamais utile de descendre à moins de 0,3 la clarté de l'image n'est plus suffisante pour la perception des demi-tons planétaires et pour des ouvertures de 200 et plus la turbulence constituera très souvent un obstacle sérieux ; ces grossissements sont surtout utiles pour une bonne perception du faux disque stellaire nécessaire dans le cas d'un centrage soigné (§ 119) et pour le dédoublement et la mesure des couples serrés.

En résumé voici quelques exemples d'équipements de base rationnels à modifier suivant spécialisation éventuelle :

1° *Télescope standard 200, f/6* ; une lentille de Barlow ; un Plössl  $f = 25$  ( $G = 48$  et  $96$ ) ; un  $f = 5$  ( $G = 240$  et  $480$ ) ; oculaires complémentaires :  $f = 6$  ( $G = 200$  et  $400$ ) et  $f = 4$  ( $G = 300$  et  $600$ ).

2° *Télescope standard 200, f/8* ; une lentille de Barlow ; un Plössl  $f = 25$  ( $G = 64$  et  $128$ ) ; un  $f = 6$  ( $G = 267$  et  $534$ ) ; un  $f = 8$  ( $G = 200$  et  $400$ ).

3° *Télescope Cassegrain ou lunette 200 à f/15* ; un Plössl coulant 50,  $f = 75$  ( $G = 40$ ) ; Plössl coulant de 27 :  $f = 16$  ( $G = 188$ ) ;  $f = 12$  ( $G = 250$ ) ;  $f = 10$  ( $G = 300$ ) ;  $f = 8$  ( $G = 375$ ) ;  $f = 6$  ( $G = 500$ ).

4° *Télescope Cassegrain 250, f/20* ; un Plössl coulant 50,  $f = 75$  ( $G = 67$ ) ; Plössl coulant de 27 :  $f = 25$  ( $G = 200$ ) ;  $f = 20$  ( $G = 250$ ) ;  $f = 16$  ( $G = 313$ ) ;  $f = 12$  ( $G = 417$ ) ;  $f = 10$  ( $G = 500$ ) ;  $f = 8$  ( $G = 626$ ).

5° *Télescope Cassegrain 300, f /50* : instrument très spécialisé à faible obstruction pour les planètes ; Plössl coulant 50,  $f = 75$  ( $G = 200$ ) ;  $f = 55$  ( $G = 273$ ) ;  $f = 40$  ( $G = 375$ ) ; Plössl coulant de 27 :  $f = 25$  ( $G = 600$ ). Pour ce dernier instrument la série des Plössl est encore trop pauvre il faudrait en plus un  $f = 62$  ( $G = 242$ ), un  $f = 45$  ( $G = 323$ ), un  $f = 35$  ( $G = 429$ ) et un  $f = 30$  ( $G = 500$ ).

