

FEUILLES VOLANTES
catalogue sur simple demande

Les Prismes, 234 av. Mal Leclerc 34000 Montpellier Tel (67) 92 32 04

Feuille BG

auteur Pierre Vauriot

Taille et polissage de miroirs de télescopes (parabole).

Tel qu'il a été taillé et poli suivant les indications données dans l'article précédent (BD), le miroir ne possède pas encore la forme exactement nécessaire à une bonne observation. En effet, après une taille parfaite on obtient une surface de forme sphérique, alors que, si on veut que le miroir donne l'image ponctuelle d'un point lumineux situé à l'infini et sur l'axe de l'instrument, la forme doit être celle d'un paraboloïde de révolution (engendré par un arc de parabole tournant autour de son axe). L'image se forme alors au foyer de ce paraboloïde, c'est à dire quasiment à mi-distance du centre du miroir (on dit le sommet ou le pôle) et du centre de courbure de la sphère obtenue après le polissage. On dit alors que le miroir est parabolique et la distance SF (figure 2) est appelée: distance focale du miroir (moitié du rayon de la sphère).

Partant d'une sphère, et voulant obtenir un paraboloïde, il est donc nécessaire d'effectuer des retouches de la surface au moyen du polissoir construit précédemment. L'épaisseur du verre à enlever est très faible. La figure 3 montre l'écart entre les deux surfaces. Pour le télescope du mont Palomar (505 cm de diamètre) de 16 m de distance focale il a été au maximum de 1/6 de mm. Il ne dépasse pas un micron pour un de nos miroirs d'amateur.

Mais, tout d'abord, est on bien sûr qu'après polissage la surface du miroir est sphérique? N'y a-t'il pas quelques zones "en creux" ou "en relief"? Si oui, ce n'est pas en regardant la surface de près, même avec une loupe, que l'on peut s'en apercevoir. Cependant, si le polissage a été bien mené ces défauts sont négligeables. Mais il faut s'en assurer et il faut donc avoir recours à une méthode de vérification précise de la surface. Je vais décrire ci-dessous la méthode du "couteau de Foucault". En voici le principe.

Le miroir, placé verticalement sur un support tel que celui de la figure 5 est éclairé par une source de lumière constituée par une fente verticale de faible largeur, et placée au centre de courbure moyen de la surface. Si cette surface est parfaitement sphérique, l'image coïncide avec la fente lumineuse. Afin de pouvoir observer commodément cette image on écarte la fente de quelques millimètres vers la gauche (conventionnellement), en regardant le miroir, l'image s'écarte donc d'autant vers la droite. Si, en plaçant l'oeil juste derrière cette image, on regarde vers le miroir, la surface apparaît uniformément lumineuse. Faisons pénétrer dans le faisceau réfléchi et du côté droit, un écran opaque, à bord net (appelé couteau), et parallèle à la fente. Si ce couteau est placé en avant de l'image en regardant le miroir (*), on observe une ombre qui progresse dans le même sens que le couteau. Si le couteau est placé en arrière, l'ombre progresse en sens contraire. Mais si le couteau se trouve sur l'image (c'est à dire à une distance du miroir égale à son rayon de courbure), on voit le miroir s'obscurcir uniformément et progressivement. Nous avons donc ici un moyen très précis de placer le couteau le plus près possible du centre de courbure du miroir, opération préliminaire indispensable à toute

(*) Il faut placer l'oeil très près du couteau.

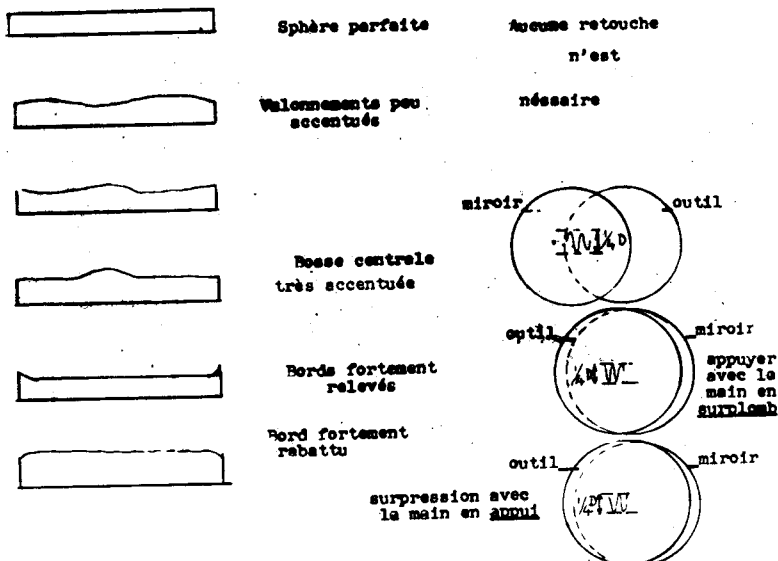
vérification.

Mais, si la surface du miroir n'est pas parfaitement sphérique les rayons réfléchis ne convergent pas tous au centre de courbure, (la figure 2 est faite dans le cas où la partie centrale est trop plate et le bord rabattu) et lorsqu'on pense faire pénétrer le couteau au voisinage de ce point, en réalité, pour certaines zones du miroir il se trouve en avant du centre et pour d'autres zones il est peut-être en arrière. L'ombre progresse alors en donnant à la surface du miroir l'aspect de la figure 4. On estime les défauts éventuels ainsi: on suppose que le miroir est éclairé de manière rasante par une source de lumière fictive située à gauche. Alors les bosses, ou les zones en relief correspondent sur le miroir à un manque de courbure (zone trop plate) et les dépressions ou les zones en creux, correspondent à un excès de courbure (zones trop plates), et les dépressions ou les zones en creux, correspondent à un excès de courbure (zone trop creuse) et les dépressions ou les zones en creux, correspondent à un excès de courbure (zone trop creusée).

L'appareil composé de la source lumineuse et du couteau est appelé: appareil de Foucault. Il n'est pas vendu dans le commerce. Il faut donc le fabriquer soi-même. La figure 5 donne un aperçu d'un appareil de Foucault simplifié et d'un support de miroir.

Nous plaçons le miroir sur son support et le laissons reposer pendant au moins une heure. Avançons le couteau au voisinage du centre de courbure et observons la surface du miroir. Voici un tableau des principales impressions données ainsi que de leur remède éventuel.

Figure 7



Dans tous les autres cas, ne rien tenter, mais reprendre le polissage à poix pas trop dure. En règle générale les courses seront plus courtes que celles effectuées lors du polissage. Mais, que l'on travaille avec ou sans pression, avec des disques plus ou moins excentrés, il faut toujours tourner autour du poste et, après une série de 4 ou 5 courses, faire tourner le disque mobile dans les mains. Si le miroir est dessous, il faut évidemment travailler par tours complets.

Parabolisation.

Il s'agit maintenant, lorsque la surface du miroir ne s'écarte pas trop de l'une des trois premières formes indiquées sur les schémas de la figure 7, d'effectuer les retouches appropriées, de manière que cette surface se rapproche le mieux possible d'un parabolioïde. Pour obtenir une bonne précision dans la détermination de la courbure de la surface, on utilisera avantageusement un écran dit "de Couder" dont la forme est donnée figure 8. Les fenêtres démasquent des zones successives dont les rayons sont donnés par les nombres suivants, en fonction du rayon du disque miroir.

0,373 0,647 0,835 0,990

Le couteau de l'appareil de Foucault étant parallèle à la fente-source lumineuse, et ne pouvant se déplacer que parallèlement à l'axe optique du miroir, on le place au voisinage du centre de courbure, de manière qu'en pénétrant dans le faisceau réfléchi, on observe des ombres correspondant à celles décrites dans les trois premiers schémas de la figure 7, puis on place l'écran Couder sur le miroir. Si le couteau se trouve au centre de courbure moyen de l'une des quatre zones démasquées, les deux fenêtres correspondantes s'éteignent simultanément au cours de la pénétration progressive du couteau dans le faisceau. Sinon, ou bien la fenêtre de gauche est plus sombre et il faut avancer le porte couteau, ou bien c'est la fenêtre de droite qui est plus sombre et il faut reculer le porte couteau jusqu'à ce que l'éclairement des deux fenêtres soit uniforme.

Si la forme du miroir est parfaite, le tableau suivant donne les positions des centres de courbure pour les zones 2, 3, 4, si on prend pour origine le centre de courbure de la zone 1 (l'ouverture du miroir est le rapport $\frac{\text{distance focale}}{\text{diamètre}}$)

Miroir de 210 de diamètre			
Ouverture	zone 2	zone 3	zone 4
6	0,97	2,25	3,49
7	0,84	1,93	2,99
8	0,74	1,69	2,62

Miroir de 160 de diamètre			
Ouverture	zone 2	zone 3	zone 4
6	0,74	1,70	2,66
7	0,64	1,46	2,28
8	0,56	1,28	1,99

C'est à dire par exemple, que pour un miroir d'ouverture 7, de diamètre 160 mm, après avoir placé le couteau au centre de courbure de la zone 1, il faudra le reculer de 1,46 mm pour le placer au centre de courbure de la zone 3. On peut interpoler linéairement sans crainte (et même largement extrapoler) au cas où l'ouverture s'écarte des entiers 6, 7, et 8.

En général les valeurs obtenues diffèrent nettement des valeurs précédentes. Il faut donc effectuer des retouches de parabolisation.

Voici les deux méthodes principales.

A) Travail miroir dessus. (Utilisé pour donner simultanément à toutes les zones la courbure voulue). Il est recommandable de diminuer progressivement du centre vers le bord, la surface des carrés, dont les rangées prennent alors la forme de fuseaux. Les

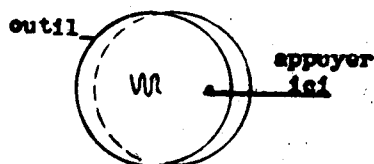
courses sont plus larges, avec de plus grands déports (jusqu'à 4/5⁴ du diamètre). On vérifie le travail toutes les 3 à 5 minutes, à l'appareil de Foucault.

B) Travail miroir dessous (Utilisé pour retoucher une zone particulière, par exemple rabattre le bord ou déprimer le centre). Dans ce cas travailler par tours entiers et contrôler à l'appareil de Foucault tous les deux ou trois tours.

Exemples 1) Positions mesurées du couteau 0,97 2 3 4
1,68 3,05

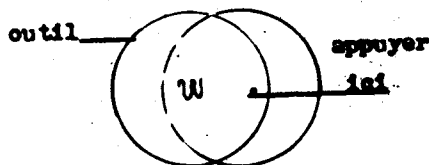
Pour un miroir de 210, d'ouverture 7.

Le plus grand écart, négligé, est à la zone 3 de courbure trop forte. On pourra corriger ainsi: Outil dessus. 3 petites courses (1/4 D) avec surpressions sur la zone 3, pendant deux tours, puis mesurer de nouveau.



2) Pour le même miroir 2 3 4
(cas fréquent) 0,97 2,46 4,15

Les courbures des zones 2,3,4 sont trop faibles. Il y a un "trou central". On pourra corriger ainsi. Outil dessus, 3 courses 1/4 D avec surpression sur la zone marquée pendant deux tours, en évitant de faire pivoter l'outil, ce qui pourrait accentuer la dépression centrale.



On pourra considérer que le miroir est satisfaisant lorsque les écarts entre les positions mesurées et les positions calculées ne dépasseront pas 0,10 mm. Mais la parabolisation demande beaucoup de patience. Je livre ici quelques remarques d'ordre général.

Quelques rayures, même accentuées ne sont pas très gênantes: il en est de même d'un petit défaut local dans la courbure, ou d'un défaut même important au centre. Si on ne peut vraiment pas redresser le bord, on peut diaphragmer le miroir afin de supprimer cette zone.

Voici une adresse pour l'aluminure en surface de la surface polie du miroir.

MTO 11 rue Ampère 91 Massy Tel: 920 63 07 .

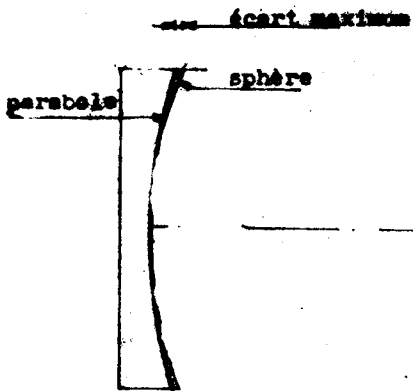
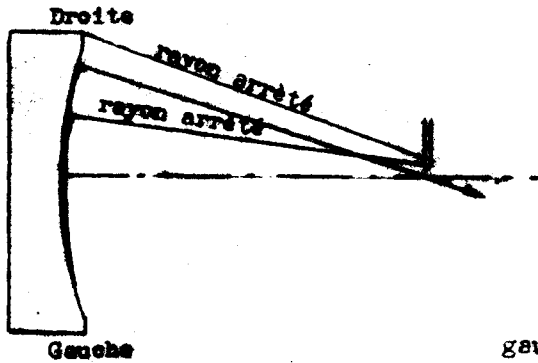


Figure 4

Figure 2

impression perçue



gauche

droite

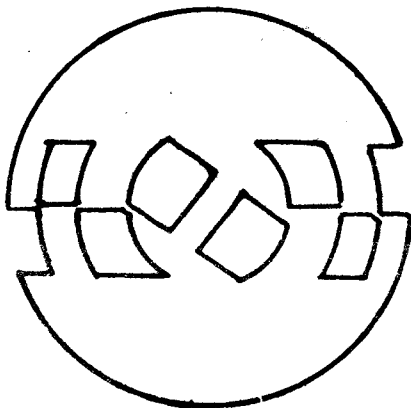


Figure 3



La Lune

photo G.P. Rohan avec le
miroir construit par lui

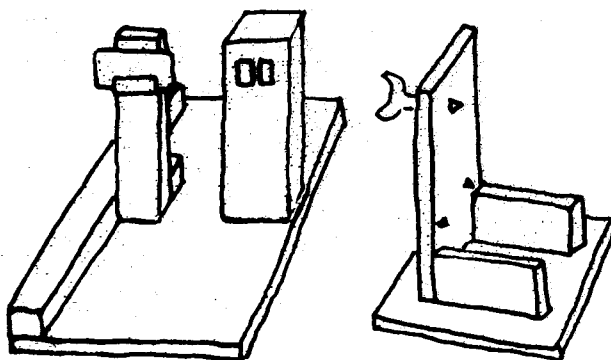


Figure 5

Appareil de Foucault
simplifié

- 1 Boîte à lumière
- 2 Fente lumineuse
- 3 Couteau
- 4 Glissière

Support de miroir
avec vis de réglage
d'inclinaison.

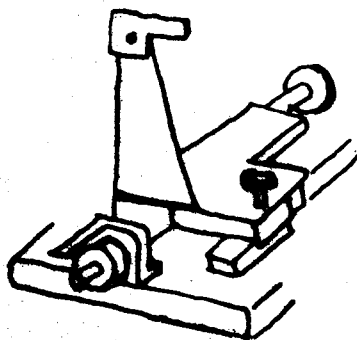


Figure 6

Exemple de porte couteau
muni d'un tambour gradué
et d'une vis de réglage de
l'inclinaison

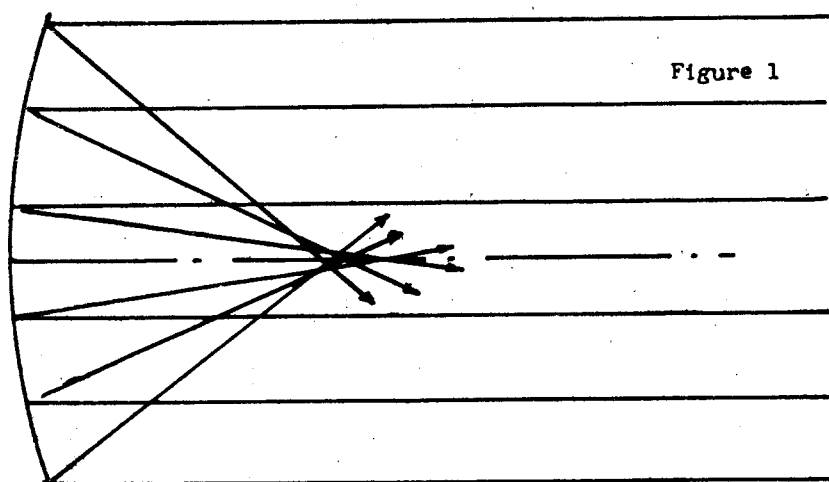


Figure 1

Miroir sphérique. Les rayons centraux convergent moins que les rayons marginaux .

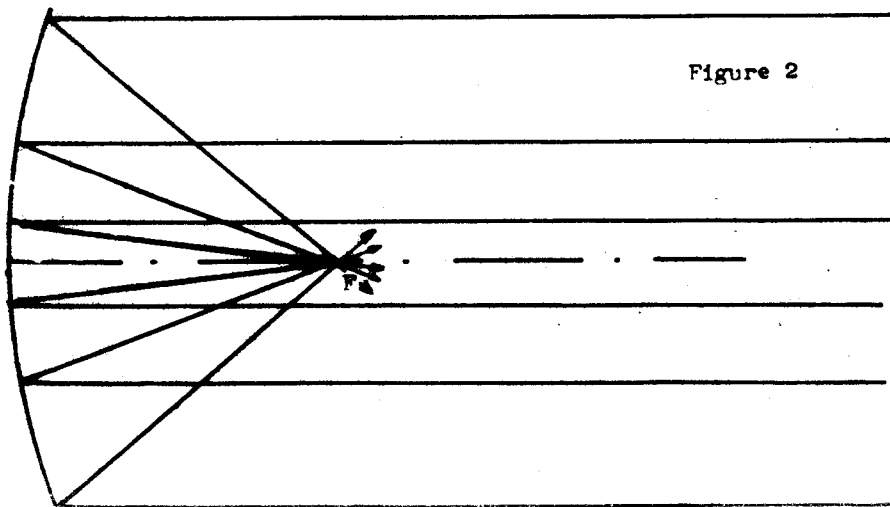


Figure 2

Miroir parabolique. Les rayons convergent tous au foyer.