

## PARTIE MÉCANIQUE DES CASSEGRAINS

Le choix entre les solutions valables est fortement influencé par les possibilités de réalisation de chacun. Nous nous limiterons à quelques précisions concernant plus particulièrement des Cassegrains de 250 à 300 mm d'ouverture. Une première solution est une sorte d'extrapolation du tube standard (fig. 62) réalisable avec des moyens mécaniques modestes. Une seconde solution, exemple simple de réalisation comportant des pièces fondues dont l'usinage suppose l'emploi de machines. Beaucoup de ces dispositions sont également applicables à des Newtons équivalents.

**84. Extrapolation d'un tube de télescope standard.** - Les tubes carrés en bois sont peut-être moins « esthétiques » que les tubes cylindriques à pièces d'embout mécaniques mais ils sont beaucoup plus facilement réalisables et économiques tout en donnant des résultats excellents. Seule la stabilité dans le temps laisse un peu à désirer et nécessite un contrôle périodique du centrage. Dans le cas d'un télescope de 250 à 300 il est bon de choisir pour le fond du barillet un matériau plus stable et résistant que le bois ordinaire. Les bois améliorés tels que le « Permal » ou le « Durisol » <sup>(1)</sup> apportent les garanties voulues tout en restant faciles à travailler. Les panneaux sont livrés avec des faces suffisamment planes pour que l'on puisse économiser tout surfaçage et visser directement les accessoires.

Le montage du grand miroir est un point à soigner spécialement. Nous avons vu (page 22), les dimensions des miroirs que l'on peut simplement poser sur 3 touches marginales comme le 200 standard (fig. 62). L'on peut aller en pratique jusqu'à  $R^4 / e^2 = 1\ 600$  environ sans alarme sérieuse car les effets nuisibles des flexions diminuent comme le cosinus de la distance zénithale et, en pratique, on ne les observera presque jamais pour cette valeur. Mais si nous retenons, pour des raisons d'économie, la glace de Saint-Gobain ceci nous impose une valeur limite de  $e$  de 4,5 cm et une constante pratique  $e = 4,2$  pour un miroir fini. Nous aurons ainsi  $R^4 / e^2 = 1\ 385$  pour un disque de 25 centimètres ( $R = 12,5$ ) les trois touches marginales suffisent ; 2 870 pour un disque de 30 centimètres et 9 070 pour un 40 centimètres, la complication du barillet

<sup>(1)</sup> Constitués en général par des contreplaqués de hêtre imprégnés à cœur d'une résine synthétique polymérisable (phénol-formol) et très fortement comprimés. Les propriétés mécaniques se rapprochent de celles des métaux, la densité ne dépasse pas 1,4. Ils se travaillent comme du bois dur et peuvent recevoir les vis à métaux, les filetages étant réalisés par des tarauds ordinaires.  
« Permal », Société « Le Bois Bakélinisé », 39, rue Washington, Paris 8<sup>e</sup>.  
« Durisol », Agent Général, M.J. Cadoux, 67, rue de Chabrol, Paris 10<sup>e</sup>.

est inévitable pour ces deux derniers. Tant que le rapport  $R^4 / e^2$  reste inférieur à 3000 environ un moyen simple, économique, souvent adopté, reste acceptable ; il consiste à interposer entre le fond du barillet bien dressé plan et le dos du miroir, également dressé, un disque, un anneau pour les Cassegrains, découpé dans du molleton ou une épaisse couverture de laine. Les pressions se trouvent ainsi réparties de manière suffisamment uniforme mais il faut se méfier des frottements latéraux sur les parois du barillet : en outre l'axe optique du miroir n'est pas assez stable pour les travaux photographiques et le dos du disque se trouve calorifugé, ce qui accroît certains effets thermiques. Le support comportant 9 touches disposées aux sommets de 3 triangles isocèles,

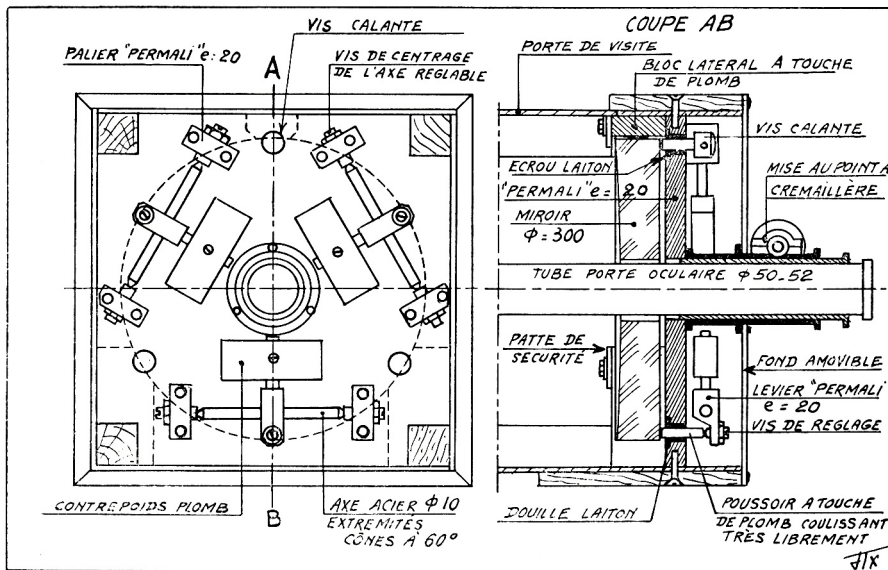


Fig. 89. – Partie intérieure d'un tube carré

eux-mêmes soutenus en leur centre de gravité, est efficace jusqu'à  $R^4 / e^2 = 13000$  et assez facile à réaliser. Les frottements sur les appuis latéraux risquent cependant de causer des ennuis : astigmatisme, perte du contact sur certains appuis, il est bon de les réduire le plus possible en faisant porter la tranche du miroir contre des cages de roulements à billes (baguées d'un métal tendre) le miroir restera ainsi bien appuyé sur les 9 points même pour de faibles inclinaisons du tube.

Mais le meilleur dispositif est celui des leviers astatiques, adopté dans les grands instruments modernes, qui est également facile à réaliser malgré sa complication apparente. La figure 89 donne une extrapolation de tube standard pour miroir de 30 cm monté sur 6 appuis marginaux : 3 fixes - les vis calantes habituelles - 3 touches intermédiaires de décharge. Cette disposition est valable jusqu'à  $R^4 / e^2 = 9000$ , c'est-à-dire pour un miroir ne dépassant pas 40 cm, en glace de 4,2 cm d'épaisseur. Un contrepois exerce, par l'intermédiaire d'un levier, une pression sur la touche de décharge égale au sixième de la composante axiale du miroir. Le centre de gravité de chaque système,

l'axe du levier et le point d'appui sur le polissoir doivent être dans un même plan parallèle au dos du miroir. La disposition de la figure 89 n'est pas rigoureusement correcte à ce point de vue puisque les points « fixes » sont aussi les vis calantes de centrage, ce qui économise un double barillet mais peut entraîner une légère inclinaison relative si le fond en « Permali » n'est pas bien d'équerre avec l'axe optique. En pratique l'approximation utile sera toujours largement satisfaite, le jeu des vis de réglage de butée sur les poussoirs permettra de remettre les leviers et contrepoids en place après une retouche de centrage. Les axes des leviers doivent être aussi longs que possible pour minimiser les réactions nuisibles qui peuvent être notables pour certaines inclinaisons.

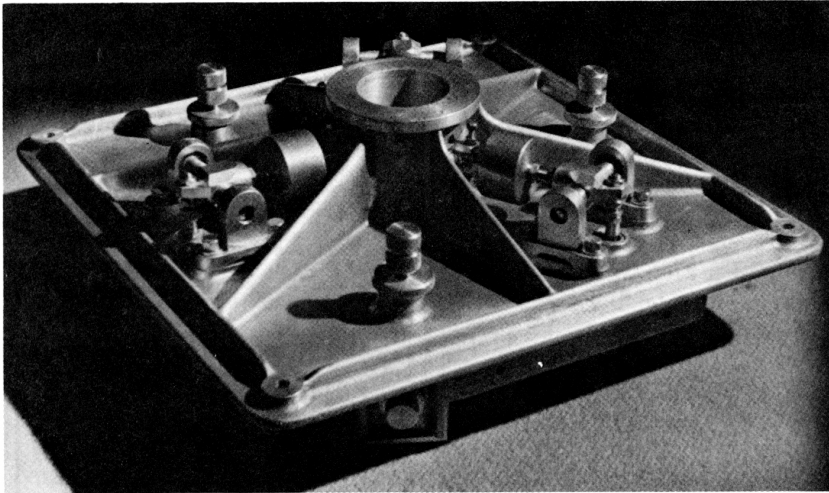


Fig. 90. Barillet à 3 touches fixes et 3 leviers asiatiques pour miroir de 260  
(réalisation Emery).

Les frottements seront réduits au minimum soit en utilisant des petits roulements à billes, soit en donnant aux extrémités des axes de leviers la forme de cônes à  $60^\circ$  centrés dans l'empreinte de vis réglables sur chaque palier (fig. 89). Le poussoir de décharge à touche de soudure d'étain doit *coulisser très librement*, sans lubrifiant, dans sa douille. Bref chaque support doit être traité comme une balance sensible exerçant exactement la pression voulue au point considéré. On remarquera que cette force est indépendante des déformations possibles du barillet et que la composante axiale du poids du miroir est compensée par une force égale et de signe contraire quelle que soit l'inclinaison du tube. Divisons par 6 le poids du miroir, divisons encore le résultat par le rapport du levier, voisin de 2 sur l'exemple de la figure 89, nous obtenons le poids de plomb à utiliser pour le contrepoids, qui sera le plus souvent parallélépipédique ; comme ce contrepoids peut coulisser sur sa tige on pourra ajuster la pression à sa valeur exacte. Le plus sûr est d'opérer sur le ciel en visant une plage extrafocale d'une étoile ; *les points périphériques du miroir correspondent à des excroissances lumineuses de l'anneau extérieur de la plage intrafocale quand*

*ils reçoivent une pression trop forte* ; il est facile avec un Cassegrain d'observer cet effet puisque l'on peut tirer volontairement sur un levier, pour exercer une pression supplémentaire sans cesser d'observer. Il ne faut pas croire que ce réglage soit difficile ni critique avec un miroir modeste, les flexions à compenser sont déjà petites et une approximation assez grossière passera facilement inobservable. La figure 90 montre une réalisation d'un tel barillet pour miroir de 260, le fond ici est une pièce de fonderie en alliage d'aluminium.

Pour en terminer avec le barillet signalons que les appuis latéraux toujours placés à l'aplomb des appuis fixes, doivent comporter une touche de plomb mince fixée un peu au-dessus du milieu de l'épaisseur du miroir. Le jeu diamétral doit être de 0,1 à 0,2 mm, même pour un télescope monté équatorialement. Si l'on passe le méridien au cours d'une pose photographique et que l'on craigne un glissement latéral dans les limites du jeu on pourra arrêter la pose, ébranler le tube dans une position telle que l'on provoque à coup sûr le glissement du miroir avant de continuer. Les pattes de sécurité doivent laisser un jeu suffisant, 1 à 2 mm, pour permettre l'action des vis de centrage sans risque de forcer sur cet obstacle. Si une maladresse a fait pointer le tube sous l'horizontale il faut remettre le tube au zénith et aider au besoin le miroir à retomber sur ses appuis car il peut arriver qu'il reste coincé latéralement ce qui rend souvent les débutants perplexes sur l'origine du décentrage.

**85. Tubes cylindriques.** - Les tubes métalliques peuvent tenter les esprits mécaniciens mais ils présentent un inconvénient sérieux, les échanges thermiques se font rapidement sur une paroi métallique et ceci conduit à des remous turbulents de l'air de l'enceinte particulièrement gênants quand le tube est calculé trop juste pour le diamètre du faisceau optique. En tous cas il est recommandé de prendre un tube au moins 50 mm plus grand en diamètre que le miroir. Quelquefois l'on isole la paroi interne par une feuille de liège de 5 à 10 mm d'épaisseur ; d'autres matériaux isolants comme le « Klégecel » <sup>(1)</sup> ou le « Sipror » <sup>(2)</sup> sont encore plus efficaces. La supériorité dans le fini des tubes métalliques est discutable pour les diamètres qui nous intéressent. Si l'on choisit l'acier doux une épaisseur de 12 à 15 /10 suffit pour un instrument d'une trentaine de centimètres à embouts fondus usinés. Il faut trouver un bon façonnier pour rouler la tôle et souder impeccablement la génératrice, le diamètre ne peut être respecté avec beaucoup d'exactitude. Le Duralumin pose encore des difficultés supplémentaires. Pour ces raisons nous préférons les tubes en matériaux isolants qui sont légers, peu altérables, faciles à usiner, de belle présentation, livrés à des cotes exactes, généralement moins coûteux que les tubes métalliques. Les stratifiés modernes à armature en fibre de verre et résines polyester<sup>(3)</sup> sont probablement les plus intéressants mais difficiles croyons-nous à obtenir sur le marché français. Le papier bakélinisé <sup>(4)</sup> que nous utilisons depuis une vingtaine d'années est d'emploi pratique. La résistance mécanique est très bonne si les parois ont environ 5 mm pour un tube de 300. La résistance aux intempéries du vernis bakélite est suffisante mais

<sup>(1)</sup> « Klégecel », fabriqué par la Société Kléber-Colombes.

<sup>(2)</sup> « Sipror », Société Sipra, département plastique, 1, rue de Berri, Paris 8<sup>e</sup>.

<sup>(3)</sup> Celestialscope Co. 82 Floradale Ave., Tonawada, N.Y., U.S.A.

<sup>(4)</sup> Société « Fibre et Mica », 12, rue Portalis, Paris 8<sup>e</sup>.

il est bon, avant la mise en service de peindre deux couches d'émail blanc glycérophthalique sur une couche d'apprêt de même nature assurant une bonne adhérence au vernis d'origine. Le papier bakélinisé est assez compact et homogène pour permettre le taraudage de trous recevant des vis métaux ordinaires.

**86. Détails de construction d'un Cassegrain de 257 mm.** - Pour fixer les idées dans un cas concret donnons quelques précisions, souvent demandées, sur notre instrument personnel. Ce télescope est léger (20 kilos, sans l'équatorial bien entendu) peu encombrant et très maniable mais nous ne conseillons pas le rapport  $f / D = 4,3$  du primaire aux débutants <sup>(1)</sup> Voici les caractéristiques d'encombrement et mise en place :

$D_1 = 257$	$D_2 = 60$
$f_1 = 1\ 100$	$r_2 = 552,5$
$p = 220$	$\gamma = 4,91$
$p' = 1\ 080$	$e = 200$
$d = 880$	$f = 5\ 401$

Le tube de l'instrument, en papier bakélinisé, a pour dimensions :

$$300 \times 310 \times 980.$$

La liaison du tube à la tête de l'équatorial peut se faire par un collier entourant complètement l'instrument et serrant par friction ce qui permet la recherche du centre de gravité pour l'équilibrage en déclinaison. La figure 91 montre une autre solution comportant un berceau en alliage d'aluminium AS 10 G, usiné à la courbure du tube sur une large surface 250 x 200 et renforcé par une nervure extérieure de 40 mm permettant la fixation d'accessoires, ici un chercheur de 80 x 420 et une chambre astrophotographique à grand champ  $f = 210$ . Le tube est serré contre le berceau par trois larges contreplaques intérieures, appelées chacune par trois boulons de 8. Le grand miroir de 42 d'épaisseur porte simplement sur les 3 vis calantes marginales ; comme prévu puisque  $R^4 / e^2 = 1570$  (en cm) les flexions sont perceptibles au zénith par la segmentation ternaire du premier anneau de diffraction qui n'est guère gênante. Le barillet du grand miroir (fig. 91) est en alliage d'aluminium fondu AS 10 G., cette pièce a été dessinée (fig. 91 et 94) de manière à réduire les surfaces métalliques d'échange près du miroir tout en économisant un barillet proprement dit détachable d'une bride du tube. Trois forts bossages latéraux, alésés à un diamètre 4 mm plus grand que le miroir, portent les cales latérales en plomb qui laissent un jeu de 0,2 au miroir. L'ensemble pénètre librement dans le tube et se trouve immobilisé par trois boulons de 10 vissant dans les bossages. Le démontage, pour réaluminure du miroir, est très facile.

Le porte-oculaire d'un instrument à  $f / 20$  de 5 mètres de longueur focale doit permettre l'exploration longitudinale rapide du faisceau sur plusieurs centimètres. La turbulence déplace continuellement le plan focal de plusieurs millimètres en plus ou en moins ce qui oblige à « pomper » constamment pour faire un dessin planétaire par exemple. Ceci exclut les mises au point à vis, même de pas assez long, et désigne la monture classique à crémaillère comme la plus pratique. Celle que montrent les figures 91 et 94 est à crémaillère hélicoïdale au module 0,5. La fixation du pignon doit être très robuste et sa commande réalisée

<sup>(1)</sup> Voir page 128.

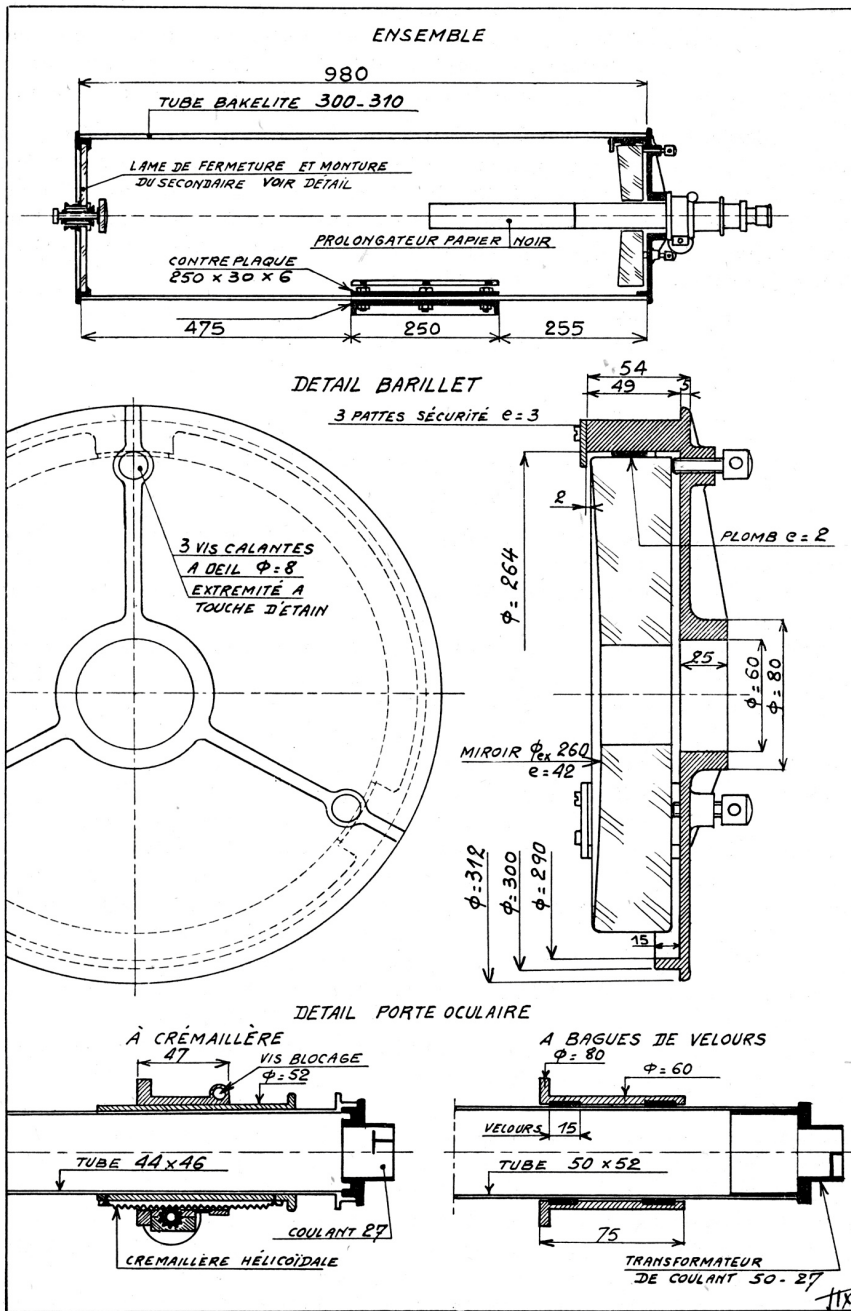


Fig. 91. Montage à tube cylindrique d'un Cassegrain de 257.

par deux gros boulons moletés. Un blocage du coulant de crémaillère est nécessaire si l'on veut adapter une chambre photographique ou un accessoire lourd car la mobilité de l'ensemble débloqué doit être excellente. La course de crémaillère est ici de 50 et celle du coulant de 200, ce qui donne d'assez larges possibilités d'insérer des accessoires raccourcissant le tube : chambres photographiques, micromètre à fils d'araignée, filtre monochromatique biréfringent. Pour les constructions futures nous recommandons les tubes porte-oculaires au coulant de 50 intérieur recevant les oculaires faibles de 40, 55 et 75 mm de longueur focale de la maison Clavé (fig. 91, en bas à droite). Naturellement un intermédiaire de 27 mm est à prévoir pour les oculaires de la série normale. Si l'on recule devant la construction complète d'un porte-oculaire à crémaillère on pourra rechercher une ancienne monture de Petzval ou de Rectiligne assez facile à trouver sur le marché de l'occasion. La douceur de translation du tube doit être appréciée pignon enlevé, autrement on risque une destruction rapide de la crémaillère ou de la fixation du pignon. L'observateur doit se défendre avec énergie contre le mécanicien qui lui livrera toujours un coulant trop dur. Un excellent ajustage au centième de millimètre est ici nuisible. Un télescope n'est pas une machine-outil et la mise au point avec un fort grossissement n'est possible que par une manipulation très délicate excluant le moindre ébranlement. Pour qu'un frottement métallique soit acceptable il est indispensable d'aléser le coulant un dixième trop grand et de prévoir des fentes d'élasticité dont les languettes sont juste assez fermes pour tenir le tube vertical chargé de l'oculaire le plus lourd. On peut réaliser une mise au point économique au moins aussi satisfaisante et agréable qu'une douce crémaillère en éliminant tout frottement métallique, toujours susceptible de créer des durs dès que le laiton s'oxyde après un court service à l'air humide. La douille (fig. 91, en bas à droite) alésée deux dixièmes trop grande, est pourvue de deux chambrages aux extrémités, recevant une bande de velours dont les poils centrent le tube coulant tout en permettant une translation très douce, que l'on facilite encore par une légère rotation donnée en même temps à la main. Cette disposition, employée par les anciens fabricants de longues-vues, à plusieurs tirages, convient surtout pour l'observation visuelle.

Venons-en au montage du miroir secondaire. Les figures 92 et 93 donnent la disposition actuelle de l'instrument décrit qui comporte une lame optique plan parallèle fermant le tube hermétiquement. Cette disposition, discutée en détail chapitre X, apporte nous le verrons un remède radical à tous les effets thermiques internes de l'instrument, turbulents ou non. En outre la lame porte directement le secondaire, ce qui élimine l'araignée et ses effets de diffraction nuisibles. Les déformations de la lame par flexion ou contraintes sont beaucoup moins nuisibles que pour un miroir puisque seul un changement d'épaisseur du verre apporte un déphasage. Cependant le jeu latéral doit être d'environ 0,2 et la contre-bague doit appuyer faiblement en écrasant légèrement un joint torique en néoprène très souple. De même, la pièce centrale serre sur des joints plats en caoutchouc souple.

La monture centrale du secondaire est adaptable à une araignée classique ou à bras courbes. La figure 92 donne en haut un autre exemple de montage. Le secondaire convexe peut être tenu par trois griffes assurant à la fois les trois appuis marginaux et le centrage latéral (toujours avec un jeu

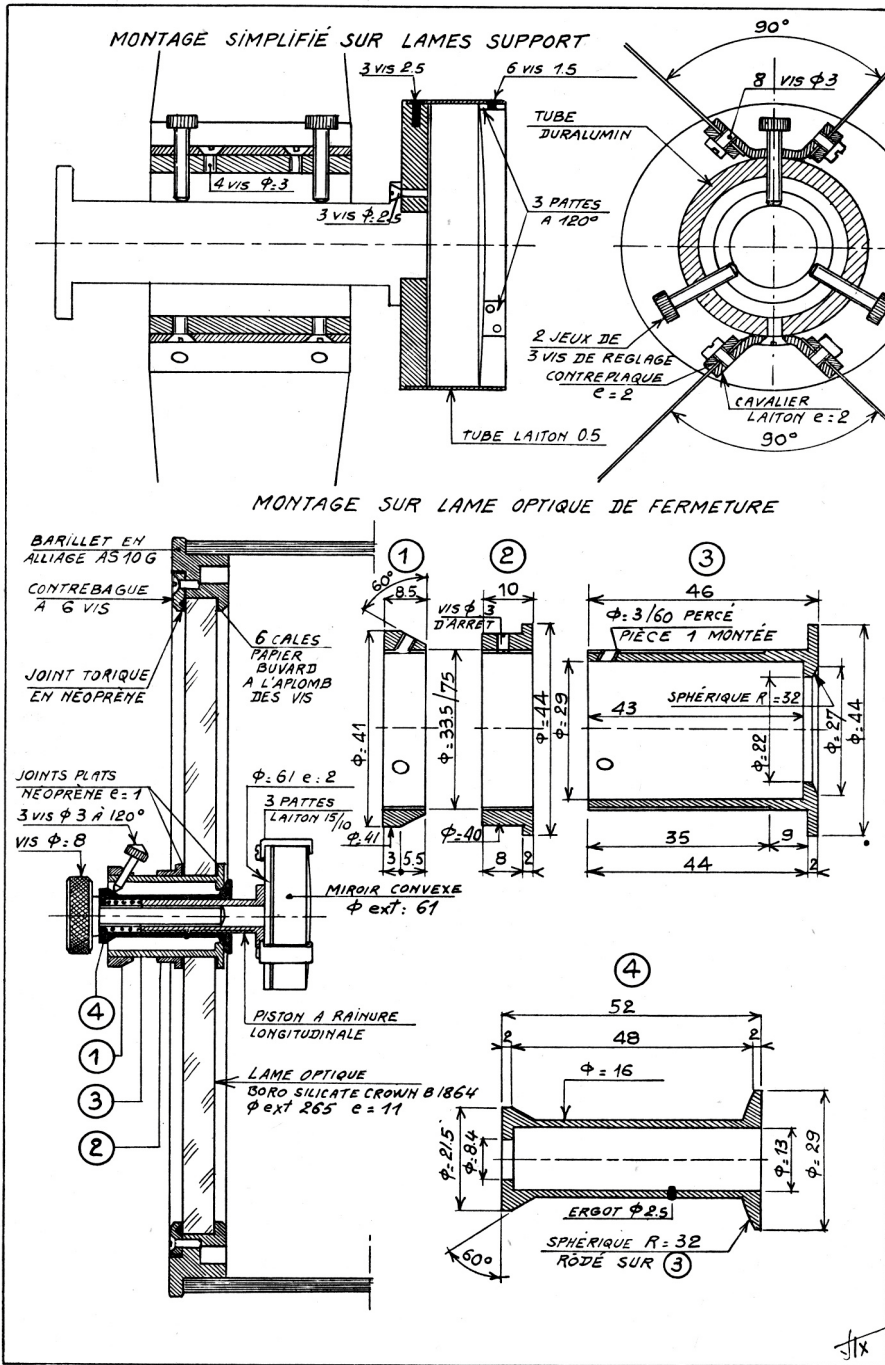


Fig. 92. - Détail de montures de miroirs secondaires



diamétral de un dixième). On peut aussi utiliser un tube muni de 3 portées. Dans les deux cas l'essentiel est d'éviter les contraintes mécaniques soit par le dos, soit par la tranche ; si l'on secoue vivement la monture du secondaire on doit percevoir le léger choc du verre remuant dans sa monture dans les limites du jeu.

Sur la monture représentée figure 92, en bas, le centrage de l'axe du miroir se fait par rotation sur une rotule dont le centre est voisin du sommet du miroir

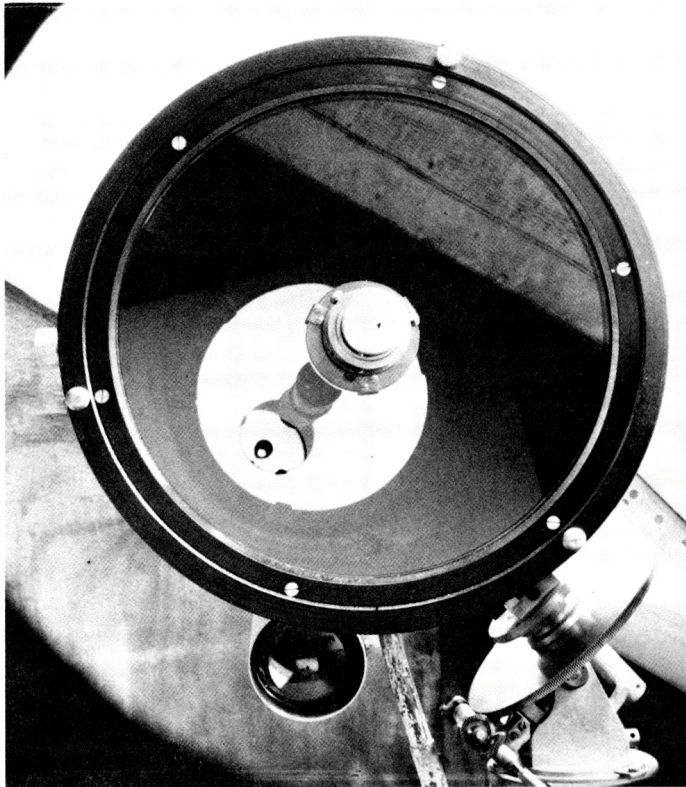


Fig. 93. – Vue de face du télescope de 257.

convexe, ce qui réduit les déplacements latéraux ; les vis de réglage appellent la rotule au contact une fois bloquées. L'autre solution plus rustique donnée figure 92, en haut, comporte deux jeux de 3 vis. Il est bon de prévoir un ajustage axial permettant de faire varier  $d$  d'un centimètre en plus ou en moins, ce qui facilite la mise en place et donne la possibilité de disposer au besoin d'un dégagement supplémentaire, vite sensible, au plan focal résultant. Ce déplacement est commandé de l'extérieur par un bouton moleté dans la solution, figure 92, en bas. L'autre montage, plus simple, se contente du serrage des six vis de réglage. Quand le télescope est assez grand, 60 cm d'ouverture par exemple, l'on prévoit souvent une commande de déplacement axial du secondaire à partir de l'oculaire soit manuellement par tringlerie et pignons, soit électriquement par une raquette à boutons inverseurs commandant un

petit moteur à deux sens de marche. La mise au point oculaire est même quelquefois supprimée. Inutile de dire que si cette disposition, est commode

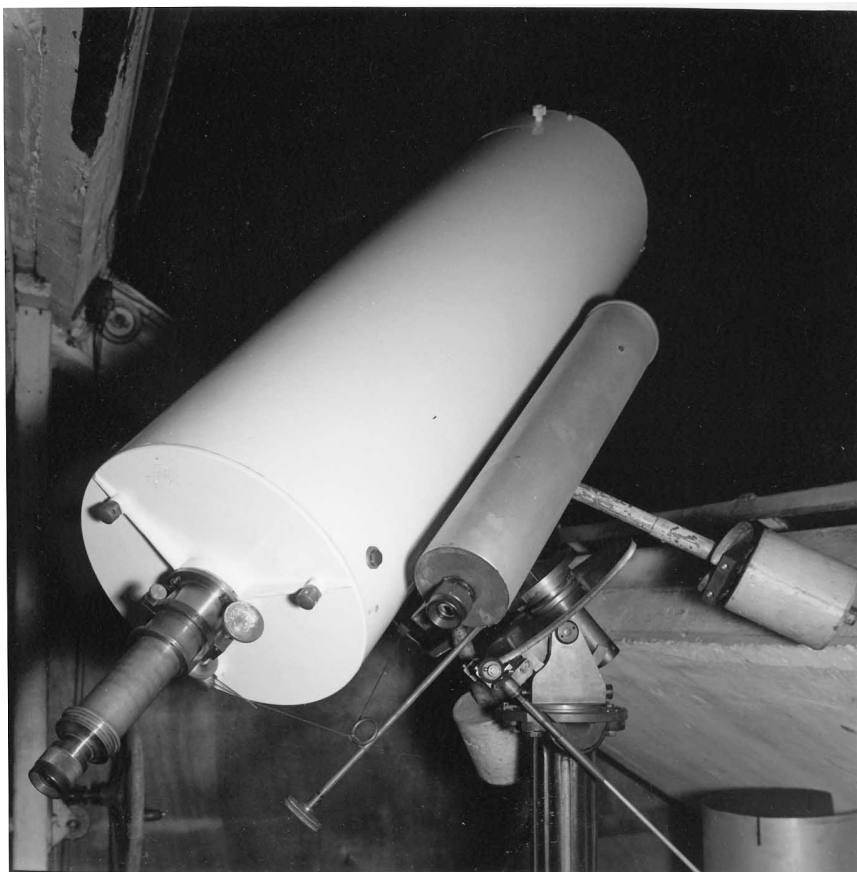


Fig. 49. – Ensemble du télescope de 257.

pour certains travaux le moindre échauffement du moteur, situé au milieu du faisceau optique, n'est pas fait pour améliorer les images.