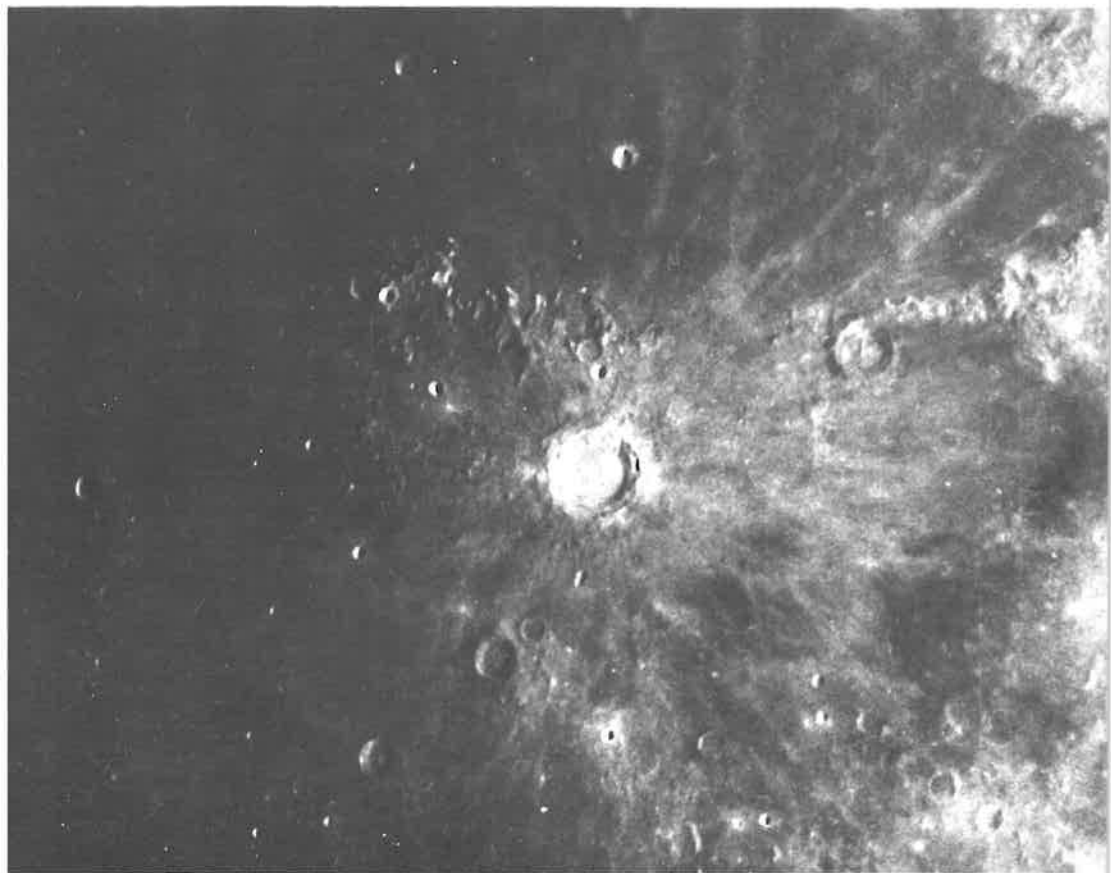


SOCIETE

ASTRONOMIQUE

DE LYON



REVUE TRIMESTRIELLE

Nouvelle série — N° 4 — 1975

Notre couverture :

Cirque Copernic

Cliché : R. PRUD'HOMME

CONSTRUCTION D'UN GRAND TELESCOPE

Par M. LACROIX,
Ingénieur à l'Observatoire de Haute-Provence

Pour définir la construction mécanique d'un grand télescope, le Bureau d'Etudes a besoin de connaître :

1°- les caractéristiques géométriques des optiques constituant le télescope :

- miroir primaire
- miroir secondaire
- distance entre chaque miroir, avec la précision de ces distances.

Ces dimensions sont le résultat du calcul optique de la combinaison adoptée, en fonction des choix établis par les astronomes qui ont déterminé :

- la focale,
- l'ouverture des différents foyers,
- le champ utile à ces foyers.

2°- Définition de l'utilisation du télescope :

- A- Observation au foyer primaire (fig. 1).
- B- Observation au foyer Cassegrain (fig. 1).
- C- Observation au foyer Coudé (fig. 1).
- D- Observation au foyer Newton (fig. 1).

Ces différentes combinaisons d'observation sont obtenues par la mise en place de miroirs amovibles dans le télescope.

Ces combinaisons sont choisies par les astronomes.

Une fois ces caractéristiques définies, il nous faut choisir le type de monture le plus approprié aux caractéristiques de l'optique. Le choix de cette monture dépend essentiellement de la dimension du miroir principal, de son ouverture et de sa focale, ce qui détermine bien entendu le volume général du télescope.

BARILLET DU MIROIR PRIMAIRE

En premier lieu, il nous faut étudier le barillet du miroir primaire (le surfaçage du miroir terminé, il est indispensable de déposer ce dernier dans son barillet).

Le miroir primaire sera fixé au fond du tube ou du caisson du télescope par l'intermédiaire de son barillet. Celui-ci sera réglable en trois points au fond du télescope afin de régler le miroir sur l'axe optique.

But du barillet :

Soutenir le miroir afin de lui conserver sa forme initiale quelle que soit sa position dans l'espace.

Pour soutenir le miroir, il faut distinguer deux types d'appuis :

1° - Les appuis fixes (fig. II).

Le dos du miroir sera soutenu par trois appuis fixes solidaires du barillet et disposés symétriquement par rapport à l'axe de déclinaison. Ces appuis sont réglés une fois au montage dans un mouvement perpendiculaire à la face active du miroir. Ces appuis fixes définissent l'orientation de l'axe optique du miroir.

Le miroir sera maintenu dans sa position au moyen de trois contacts supplémentaires, situés sur la tranche du disque et au droit des trois premiers appuis dorsaux. Ces trois appuis latéraux sont réglables au montage afin de mettre le miroir primaire sur l'axe optique. Trois autres appuis fixes seront placés sur l'avant du barillet. Ces appuis ne sont pas en contact avec le miroir ; ils sont là seulement en cas de fausse manœuvre qui pourrait engendrer un déplacement vers l'avant du miroir.

2° - Les appuis mobiles (fig. III).

Le miroir étant placé sur son système d'appuis fixes fléchira sous l'action de son propre poids entre les points d'appuis qui le soutiennent et perdra donc sa forme initiale.

On annulera cette flexion en soutenant le miroir au moyen de systèmes de supports dont l'action sera axiale et altérale au miroir. Ces supports peuvent être de deux types :

a) L'un constitué de supports mécaniques qui exercent des actions localisées sur le dos du miroir ;

b) L'autre constitué de supports aéroélastiques qui exercent des actions sur la plus grande partie de la surface dorsale.

Support mécanique (système A. Couder), (fig. III) :

Au-dessous du dos du miroir et parallèlement à lui sont disposés un certain nombre de leviers mobiles autour d'un axe qui tourne dans des paliers liés au fond du barillet. Sous l'effet du contrepoids calculé à cet effet et réglable, chaque levier exerce par l'intermédiaire d'une biellette une force F parallèle à l'axe optique sur le dos du miroir. La déformation de la surface active du miroir sous l'action des flexions est ainsi très limitée.

Support aéroélastique :

On dispose sous le dos du miroir un certain nombre de sacs renfermant un gaz. Par l'intermédiaire d'un système de contrôle, par exemple un «laser», on vérifie en permanence la déformation du miroir. Ces informations sont envoyées à un ordinateur qui calcule ainsi la forme du miroir à tout instant et, s'il y a lieu, envoie des ordres afin de gonfler ou dégonfler les sacs pour maintenir de façon constante la forme initiale du miroir.

Forme du barillet :

Le barillet doit être doué d'une très grande rigidité. Il se compose d'une couronne en forme de caisson. Le caisson est fermé à l'une de ses extrémités par une plaque nervurée. Cette plaque supporte les mécanismes d'appuis du miroir ainsi que le système de fixation du barillet au télescope.

Le barillet, en sa partie inférieure, solidaire de la plaque support des mécanismes d'appui du miroir, possède un certain nombre de points d'accrochage pour la fixation des appareils d'observation, parfois par l'intermédiaire d'une bonnette tournante

blocable. (A titre indicatif, le miroir et le barillet d'un télescope de 3,60 m pèsent environ 25 t.).

BARILLET DU MIROIR SECONDAIRE

Le miroir secondaire est tenu dans son barillet dans les mêmes conditions que le miroir primaire (pour les grands télescopes).

Le barillet est solidaire d'un mécanisme permettant une translation le long de l'axe optique qui ainsi permet d'obtenir une bonne focalisation et un déplacement du foyer. Ce déplacement est contrôlé par un compteur qui envoie des impulsions à un répéteur de position.

Toute cette mécanique est fixée au télescope par l'intermédiaire d'une araignée à 2 fois 4 branches qui ne sont pas généralement dans le prolongement l'une de l'autre afin d'éviter une sollicitation en rotation, due au mouvement du télescope.

BARILLET DU MIROIR DE RENVOI

Le montage de ces miroirs s'effectue à l'intérieur du barillet dans les mêmes conditions que les miroirs primaires et secondaires.

DETERMINATION ET CHOIX DE LA MONTURE

La monture supporte le tube du télescope. Cette monture permet de faire tourner le télescope autour de l'axe polaire et de l'axe de déclinaison.

Il existe trois types de monture (plus les dérivés de celles-ci) :

- 1°- Monture à fourche (fig. IV).
- 2°- Monture fer à cheval ou berceau (fig. IV).
- 3°- Monture anglaise (fig. IV).

Le choix pour un télescope d'une des trois montures se fait suivant le diamètre du miroir primaire, de son ouverture, des azimuts de visées et des flexions admissibles.

Pour la réalisation mécanique de la monture, il faut tenir compte des flexions tolérées par le calcul optique de la combinaison adoptée. En astronomie, les flexions sont des flexions angulaires.

a) axe polaire, axe de déclinaison pour une rotation de

$$90^\circ \pm 1' \text{ d'arc environ}$$

b) axe de déclinaison, axe optique pour $90^\circ \pm 2'$ d'arc environ.

Pour l'étude de la monture, il faut tenir compte que la ligne de visée doit correspondre aux lectures des cercles ou du dispositif de pointage électronique avec une erreur inférieure ou égale à la seconde d'arc pour une distance zénithale égale à 45° .

Au cours de la poursuite d'une étoile, les flexions ne doivent pas provoquer de discontinuité au guidage de l'astre. Le poids des composants optiques impose souvent le choix de la monture.

1°- Monture à fourche (fig. IV).

La monture sera essentiellement constituée par une fourche dont les bras portent les paliers des tourillons de l'axe de déclinaison. Les deux bras de la fourche peuvent être, soit :

- a) reliés directement à l'axe horaire,
- b) reliés sur un plateau de forme circulaire ou en forme de fer à cheval avec un contour extérieur circulaire, ce plateau ou fer à cheval étant perpendiculaire à l'axe polaire. Ce plateau roule sur des ensembles de galets cylindriques portés par le palier Nord (fig. IV). La portée cylindrique est très dure (stellite) et les galets sont en acier plus tendre.

Ce type de monture présente quelques défauts pour les grands télescopes :

- a) le tube du télescope est en porte-à-faux à l'extrémité des bras, donc très loin de l'axe horaire, d'où risque important de flexion.
- b) obligation de longs bras de la fourche pour certains pointages entre autre et disponibilité d'un grand volume derrière le barillet.

2°- Monture fer à cheval ou berceau (fig. IV).

La monture à fer à cheval sera essentiellement constituée par un plateau en forme de fer à cheval dont les bras portent les coussinets de l'axe de déclinaison. Le contour extérieur du fer à cheval, de forme circulaire, roulera sur deux ensembles de galets, porteurs, cylindriques et solidaires du pilier Nord.

L'entraînement s'effectue soit par engrenage et pignon (très difficile à réaliser), soit par galet d'entraînement plaqué avec une certaine force (plusieurs centaines de kg).

Ce plateau fer à cheval sera relié par des poutres à un tourillon. L'axe du fer à cheval et du tourillon est parallèle à l'axe polaire.

L'avantage majeur de la monture fer à cheval réside en l'absence de porte-à-faux du tube par rapport à l'axe polaire et en une répartition de la charge maximum du tube sur la pièce la plus massive du support (à titre indicatif : pour un télescope de 4 m, le fer à cheval pèse 160 t.).

3°- Monture anglaise (fig. IV).

La monture dite «anglaise» est constitués d'un caisson de forme cylindrique ou de deux troncs de cône par exemple, ayant à chaque extrémité, des tourillons dont les axes sont coaxiaux avec l'axe polaire. Ces tourillons reposent sur des paliers portés par des piliers généralement en béton (pilier Nord, pilier Sud).

Au milieu de ce cylindre, se trouve l'axe de rotation (axe de déclinaison) du tube du télescope. Cet axe est perpendiculaire à l'axe polaire. Cet axe de rotation doit être très solide et la liaison entre le tube et le télescope parfaitement rigide. A l'opposé du télescope, est situé un contrepoids afin d'équilibrer le télescope autour de l'axe polaire.

Le principal défaut de cette monture réside dans le porte-à-faux complet du télescope par rapport à l'axe horaire, ce qui limite bien entendu l'utilisation de ce type de monture aux constructions de très grands télescopes.

TUBE DU TELESCOPE

Deux types de construction :

- 1°- le tube fermé,
- 2°- le montage type «Serrurier».

Le tube fermé ou le montage «Serrurier» ont pour unique but de maintenir sur le même axe le miroir principal, le miroir secondaire et, éventuellement, les miroirs auxiliaires. Ce tube devra répondre aux caractéristiques de flexion et autres déformations.

1°- Le tube fermé.

Le tube constitue l'ossature qui supporte à l'une de ses extrémités le barillet du miroir principal, à l'autre extrémité, la mécanique du miroir secondaire, et à mi-hauteur environ (répartition des poids), les tourillons de l'axe de déclinaison.

2°- Le montage type «Serrurier» (Ingénieur français) (fig. IV).

Le montage se compose d'un caisson, support des tourillons de l'axe de déclinaison. Sur l'une de ses faces, se trouvent les points d'ancrage de la structure triangulée soutenant le barillet du miroir principal et, à l'opposé, sur l'autre face du caisson, se trouvent les points d'ancrage de la structure triangulée soutenant le mécanisme du miroir secondaire. Ce type de monture permet de s'affranchir assez facilement des flexions admissibles entre miroirs principal et secondaire, car les flexions, entre la partie avant et arrière, par rapport au caisson, font que l'axe optique se déplace parallèlement à lui-même ; toutefois, la flexion ne doit pas excéder 1 minute d'arc entre les axes du miroir primaire et du miroir secondaire.

NACELLES D'OBSERVATION

Le tube du télescope sera équipé de deux nacelles : l'une se substituant au miroir secondaire et sa mécanique permettant l'observation au foyer primaire, l'autre derrière le barillet, permettant l'observation au foyer Cassegrain.

Nacelle permettant l'observation au foyer primaire :

Cette nacelle est destinée à recevoir un observateur et son appareillage ; elle sera cylindrique à section droite, centrée sur l'axe optique.

Nacelle permettant l'observation au foyer Cassegrain :

Cette nacelle est également destinée à recevoir un observateur et sera fixée à la partie postérieure du barillet.

DISPOSITIFS D'ENTRAÎNEMENT

Le télescope doit être équipé de dispositifs d'entraînement permettant :

1°- le pointage.

2°- le guidage.

1°- Le pointage :

Un dispositif d'entraînement rapide permet de déplacer le télescope dans une position proche de la position recherchée, et un dispositif lent permet de placer le télescope dans la position recherchée.

Ce mouvement est appliqué aux deux axes (axes polaire et de déclinaison).

2°- Le guidage :

Pour permettre au télescope de suivre les objets dans le ciel, une fois le pointage effectué, le télescope sera muni d'un dispositif automatique d'entraînement autour de l'axe polaire. Cependant, même si le mouvement sidéral est absolument rigoureux, de légères corrections de mouvement devront être apportées pour corriger un défaut de pointage dû à des causes variées, par exemple, effet de la réfraction atmosphérique sur la position apparente des étoiles, flexions diverses du tube. L'observateur doit pouvoir corriger ces défauts en utilisant un dispositif d'entraînement lent télécommandé.

- mouvement d'ascension droite

Le mouvement est obtenu par rotation de la monture du télescope autour de l'axe polaire. Ce mouvement se décompose ainsi :

a) Pointage :

Entraînement rapide : environ 30 degrés par minute de temps.

Entraînement lent : environ 15 minutes d'arc par minute de temps.

b) Guidage, entraînement sidéral :

Ce dispositif doit faire tourner le télescope avec une vitesse uniforme d'un tour par jour sidéral autour de l'axe polaire, afin de maintenir immobile dans le plan focal l'image d'une étoile pendant plusieurs heures. Ce mouvement est donné par un moteur asservi.

- mouvement de déclinaison

Ce mouvement est obtenu par rotation du tube du télescope autour de l'axe de déclinaison. Le mouvement se décompose ainsi :

- | | |
|-------------|-----------------------------|
| a) pointage | } idem à l'ascension droite |
| b) guidage | |

SUPPORT DE LA MONTURE DU TELESCOPE

Les supports Nord et Sud du télescope seront montés sur des piliers de structure très résistante et rigide afin d'éviter le plus possible les vibrations. On peut trouver, selon la monture, deux types de supports :

1°- structure en béton

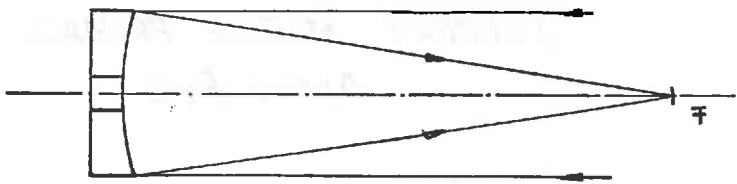
2°- structure en charpente métallique.

BATIMENTS COUPOLE

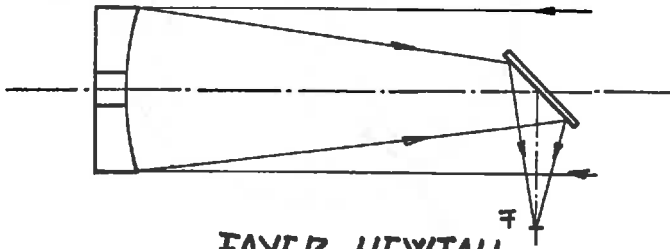
Le bâtiment est construit compte tenu de l'environnement du télescope et de son utilisation. Le bâtiment doit être totalement isolé de la structure support du télescope et convenir à toutes les servitudes découlant de l'exploitation de l'instrument.

La coupole coiffe l'instrument ; celle-ci repose sur le bâtiment. La coupole tourne sur elle-même ; une ouverture, appelée cimier, permet au télescope de pointer le ciel.

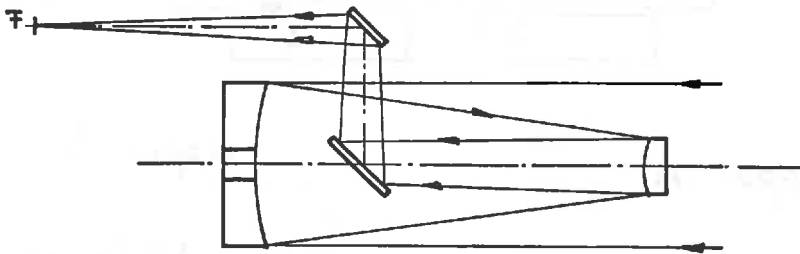
Conférence de Lyon, le 9/3/1974
D. LACROIX



FOYER PRIMAIRE



FOYER NEWTON



FOYER COUDE

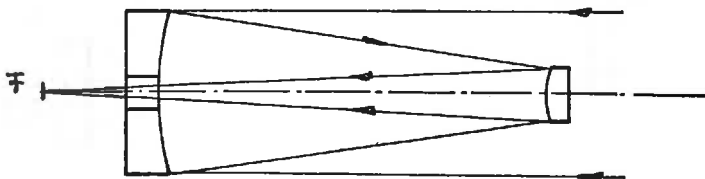
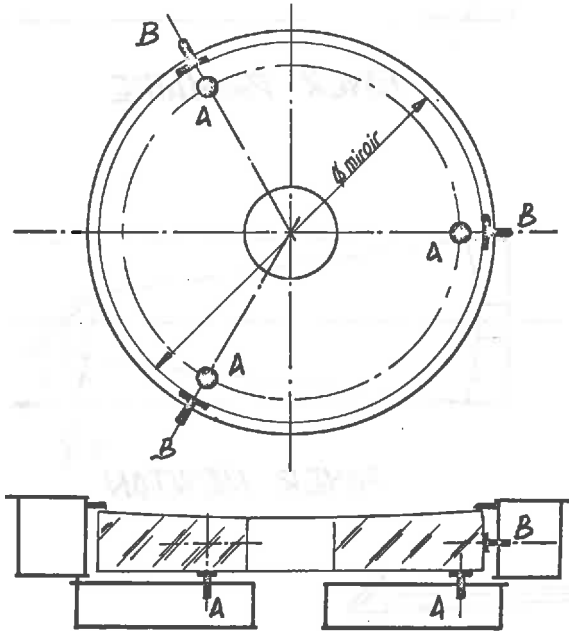


Fig. I

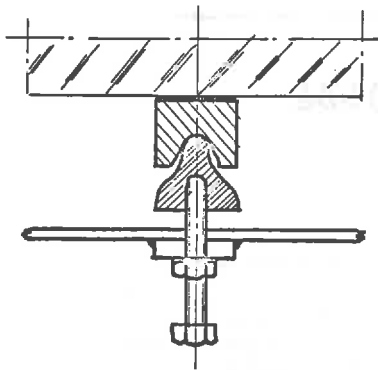
FOYER CASSEGRAIN

SUPPORT MIROIR PRIMAIRE

Appuis fixes



Appui A



Appui B

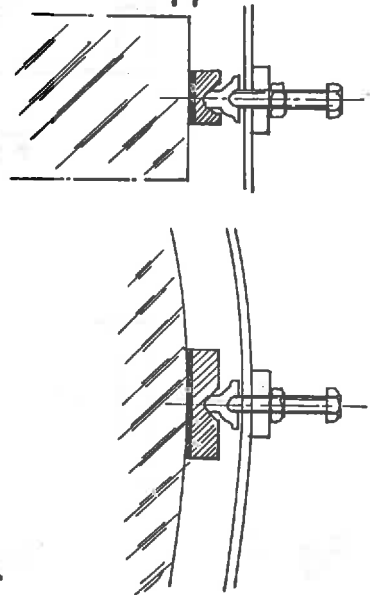
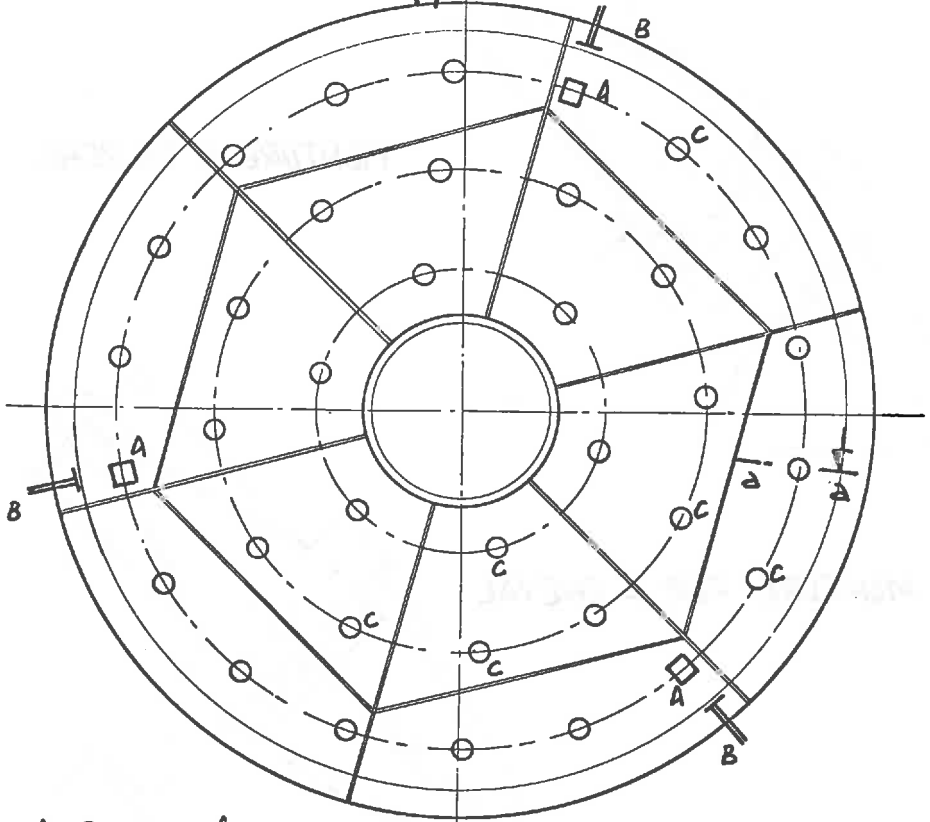


Fig. II

SUPPORT MIROIR PRIMAIRE

Appuis mobiles



A-B appuis fixes

C - Appuis mobiles

COUPE aa

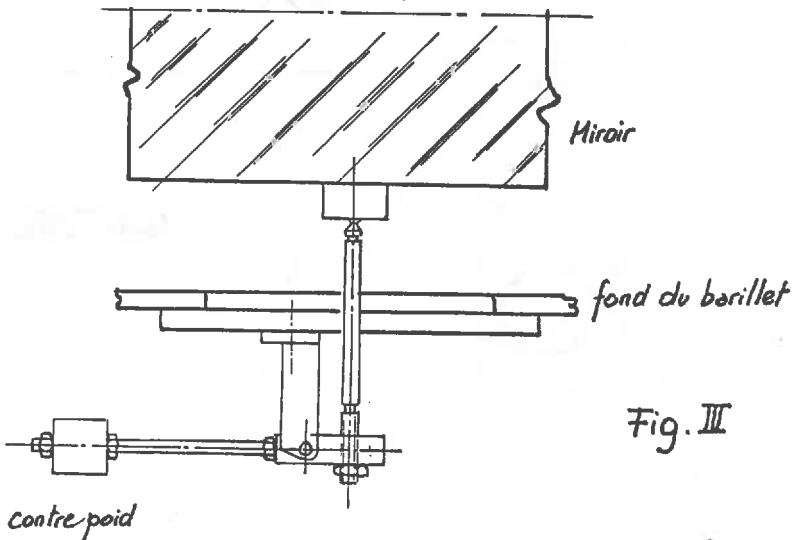
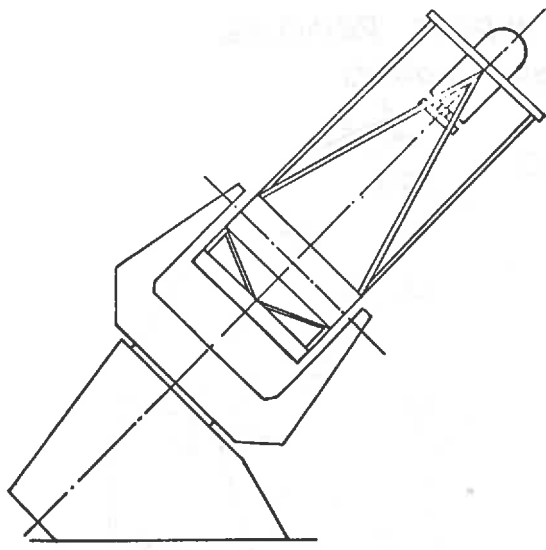
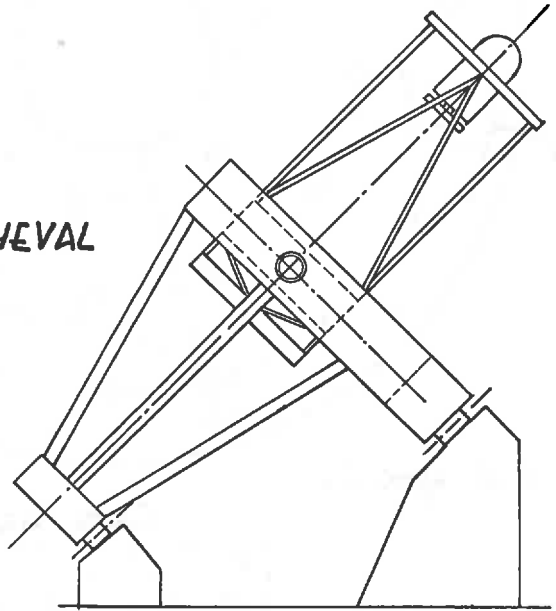


Fig. III



MONTURE A FOURCHE

MONTURE FER A CHEVAL



MONTURE ANGLAISE

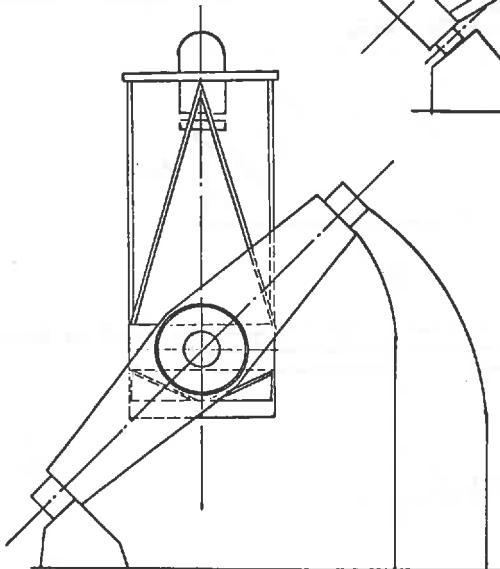


Fig. IV

TUBE "SERRURIER"

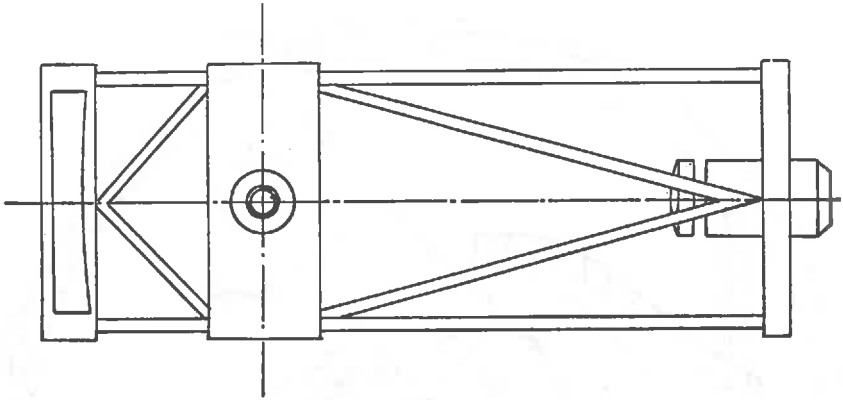


Fig. V

ENTRAINEMENT

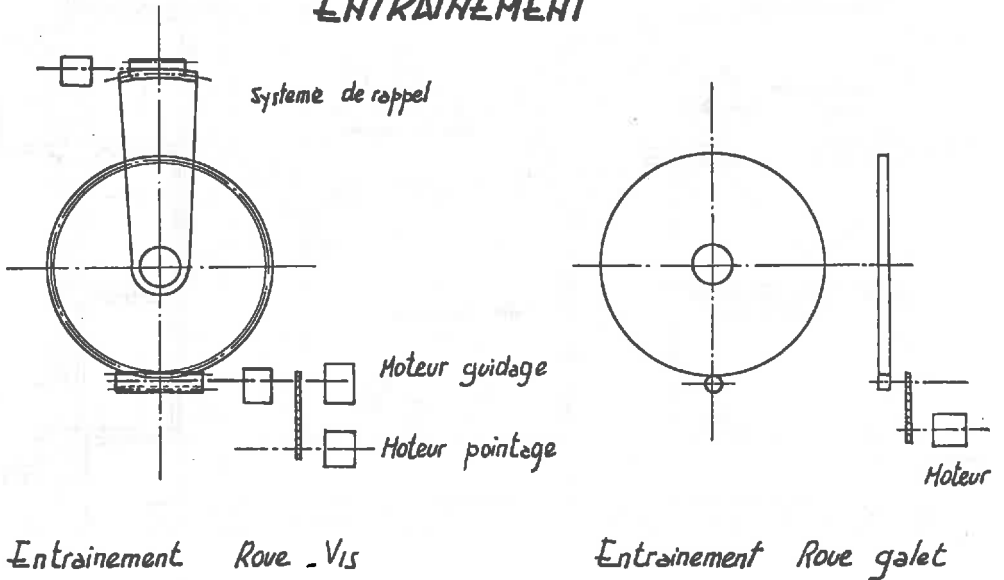
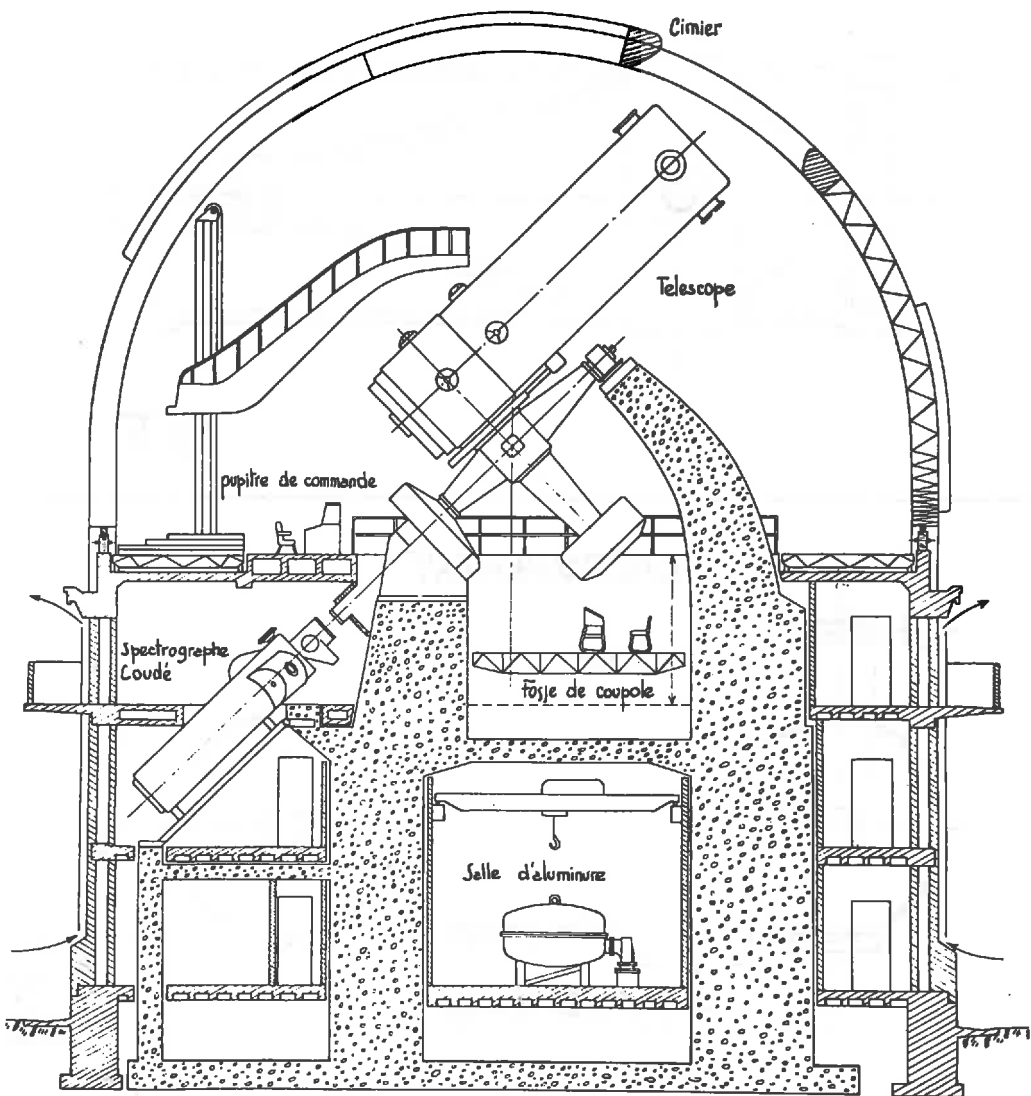


Fig. VI

OBSERVATOIRE DE HAUTE-PROVENCE
C.N.R.S



VUE EN COUPE DU BATIMENT-COUPOLE TELESCOPE 193

Fig. VII

Société Astronomique de Lyon

69230 Saint-Genis-Laval

Sommaire

1 — Construction d'un grand télescope

Prix : 5 F