

Gpm. 0602

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

NUM

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE

CONCEPTION ET
REALISATION D'UN
TELESCOPE

DATE : JUIN 86 -

AUTEUR : A. DOUDOU SECK
DIRECTEUR : JEAN-FRANCOIS BOND
CO-DIRECTEUR : CHRISTIAN SINA DIATTA

A toute ma famille.

A mes parents qui n'ont
ménagé aucun effort pour mon instruction et mon
éducation

A ma grand-mère KHADY MARONE
et ma tante JEANNE MICHELE FONTAN SECK
qui ne sont plus.

A tous ceux qui,
ne serait-ce que pour un instant de leur
vie, m'ont souhaité une bonne réussite
dans les études.

A tous ceux qui souffrent
de la domination des plus forts

A nos frères de l'Afrique du Sud, qui luttent au
prix de leurs vies contre l'APARTHEID pour leur liberté et
leur dignité.

" « Je suis fier de moi, je suis fier de ce que j'ai fait.
L'orage de l'oppression laissera place à la pluie de mon sang
Je suis fier de donner ma vie, ma seule vie ».
Pourquoi craindre la mort ?
La mort ne craint personne
Quiconque est créé à partir de la poussière
A la poussière un jour doit retourner.
L'instant de ma mort et sa manière ont déjà été décrets
Si-je de la chance ?
Les serinettes par mon sort ne m'attendent plus.
Personne ne peut être fier de sa relation avec Dieu
« Si l'incertain devient certain
Dieu seul sait l'invisible »."

BENJAMIN MOLOÏSE (Afrique du Sud)

Assassiné par pendaison le 18 octobre 1985

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement :

Monsieur Jean François BOND
Professeur en Génie Mécanique
à L'ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES,
qui nous a proposé ce sujet et a
mis à notre disposition toutes les pièces
optiques dont nous avions besoin.
Nous avons été très sensibles à sa dis-
ponibilité et à ses conseils.

Monsieur CHRISTIAN SINA DIATTA
Professeur de sciences Physiques à
L'UNIVERSITE DE DAKAR et à
L'ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
qui a accepté de nous épauler
dans cette étude sur notre
demande. Son apport scientifique
et moral aura été un catalyseur
pour la réussite de nos travaux

Nos remerciements vont aussi à :

Monsieur Yvon Bougeas

Technicien et Responsable de
l'atelier mécanique de ma-
chine-outils, de l'E.P.T

pour sa contribution pratique
et pour nous avoir fait béné-
ficier, de son expérience
dans ce domaine de la cons-
truction mécanique.

Notre camarade Abdoul Karim Diouck
pour sa participation active à
l'élaboration de ce chef d'œuvre.

Mon frère BABACAR SY

qui a mis, à ma disposition
toute sa collection de revues scientifiques.

P R E F A C E

C'est dans l'ombre que nous devons regarder la lumière.

La nature procure sur notre planète les deux effets d'ombre et de lumière, et engendre ainsi de multiples horloges naturelles et des occasions alternées d'émerveillement de l'Homme devant le réel, conduisant soit au Culte, soit à la SCIENCE. L'ombre engendre ses merveilles de rêves, d'imaginaire, les pensées également obscures et floues et l'indigence scientifique. Mais à partir d'elle, la lumière observée avec minutie nous offre une série d'états propres à nous dévoiler les processus intimes des corps célestes et des atomes. Là se justifie, grâce à GALILEE, l'Astronomie expérimentale par laquelle le SAVOIR prend la place des spéculations fécondes il est vrai, mais tout à fait relatives et sources d'erreurs qui ont marqué l'Homme sur des millénaires.

Puisse ce premier télescope de Monsieur Doudou SECK apparaître comme l'impact d'un faisceau lumineux dans le noir. Nous souhaitons qu'il apparaisse comme un modèle et un instrument de découvertes mais surtout, qu'il serve à l'établissement des EPHEMERIDES à l'Ecole Polytechnique de Thiès.

Christian Sina DIATTA
Professeur à la Faculté
des Sciences de D A K A R

SOMMAIRE

Il nous a été proposé, comme, sujet de projet, la conception et la construction d'un telescope. La philosophie que nous nous étions, définie, au départ était, hormis les pièces optiques qui nous venaient du Canada, de n'utiliser que du matériel, disponible à l'école.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU TUBE	4
CONCEPTION ET CONSTRUCTION DE LA MONTURE	30
CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU TRÉPIED	44
MODES D'UTILISATION DU TÉLESCOPE	53
CONCLUSION	66
ANNEXES	70

Introduction

Parmi les sciences exactes, l'astronomie mérite une place à part; en effet, les objets qu'elle étudie ne sont pas à notre portée et l'expérimentation est impossible. Il faut se contenter, d'observer ce qui se présente à nous, sans jamais pouvoir intervenir pour modifier le cours, des événements astronomiques. L'astronomie est donc une science d'observation, qui trouvera certes, des moyens nouveaux, grâce aux voyages spatiaux, mais dont les progrès, dépendent avant tout de la qualité et des possibilités des instruments d'observation.

Les astres se manifestent à nous principalement par la lumière qu'ils nous envoient, et pour bien les observer, il faut utiliser le mieux possible cette lumière, au moyen d'instruments optiques. L'évolution de l'astronomie, a été tributaire des progrès, de l'optique, et bien des astronomes ont été en même temps de grands opticiens. Les instruments les plus remarquables, par leurs dimensions ou leur perfection, depuis qu'il en existe, sont ceux qui ont été conçus pour les besoins, des astronomes et souvent construits par eux-mêmes.

La science n'ayant pas de limites, nous avons voulu, que l'ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES fasse partie, de ces institutions qui s'intéressent à l'astronomie, et qui font de cette science nouvelle un prestige.

L'utilité, de ce projet, consiste, à doter notre chère école, à qui nous devons tout le savoir qui nous a permis de faire cette réalisation, d'un outil didactique pour l'enseignement, de la physique. Une autre utilité consiste aussi de nous permettre, de mettre en application des principes de construction en mécanique.

Comme instrument, d'observation, nous avons opté, pour la construction, d'un télescope à monture équatoriale.

CONCEPTION et CONSTRUCTION
DU
TUBE

La forme du tube d'un télescope peut-être cylindrique, octogonale ou carré. L'efficacité d'un télescope n'est pas fonction de la forme du tube. Comme énoncé précédemment notre philosophie, consiste à utiliser autant que possible du matériel qui est à notre disposition ici, à l'école. C'est ainsi que nous avons trouvé dans le campus un tube inutilisé en polychlorure de vinyle (PVC) de 1600 mm de longueur, de 305 mm de diamètre intérieur et de 6 mm d'épaisseur et nous avons pensé que cela pourrait faire notre affaire. Le tube, constituera la partie du télescope, qui comportera toutes les pièces optiques.

LE MIROIR PARABOLIQUE

Achat ou Fabrication ?

C'est la question que devrait se poser tout amateur d'astronomie, qui voudrait s'adonner à cette activité à savoir la construction d'un télescope.

Le miroir parabolique est la pièce la plus coûteuse d'un télescope, mais, ce n'est pas l'économie d'argent qui devrait nous pousser à la fabrication, car rien que le polissage d'un miroir, demande énormément de temps et de patience. Un miroir de 15 cm

nécessité environ trente heures de polissage et le résultat pourrait ne pas être, concluant, à l'issue de ces trente heures. C'est déjà en soi une petite aventure pouvant faire l'objet d'un mini-projet.

Ainsi pour notre projet nous excluons la fabrication du miroir primaire, car nous avons pu disposer d'un miroir parabolique de 152,4 mm de diamètre et d'une distance focale de 1219 mm ($F/D=8$). Nous savons que tout miroir réfléchit tout rayon lumineux qu'il reçoit qu'un quelconque corps aurait émis, dans la nature. Le rayon lumineux est réfléchi sous forme de cône de lumière et l'image de ce corps se reconstitue au sommet du cône, et ceci on peut s'en rassurer en plaçant un écran en ce point. La distance entre le point du miroir où est réfléchi le rayon lumineux et le sommet du cône de lumière est appelé distance focale.

La seule forme adéquate, qui réfléchirait tous les rayons lumineux, qui brisent sur un miroir, au même point, serait la forme sphérique. Mais vu les aberrations qui peuvent en découler, la forme a été rendue parabolique. Le point où tous les rayons sont réfléchis est le point focal ou le foyer du miroir.

Après cette opération, nous introduisons, après avoir soudé les pièces D et C, la pièce K, ainsi constituée dans la pièce A. Aux extrémités nous positionnons les ressorts et faisons passer ces mêmes extrémités dans les trous de la pièce B. Après avoir pris soin de mettre des rondelles aux endroits le nécessitant, nous positionnons les écrous papillons F qui ont été conçus au préalable. Ainsi la construction du support du miroir primaire est terminée.

Pour fixer le grand miroir à ce support, nous avons pensé, dans un premier, à coller, avec de l'albâtre, le miroir sur la pièce A, mais pour des fins de nettoyage ou de changement de miroir en cas de détérioration, nous avons jugé que cette solution n'était pas tellement pratique et en fin de compte nous avons opté pour la construction des trois griffes G. Les griffes seront fixées sur la pièce A par des vis. Ses bouts seront pliés, à angle droit pour la fixation du miroir qui pourra être démonté en cas de nécessité. Pour éviter que les parties, du miroir en contact, avec la pièce A ne détériorent, nous introduisons entre le miroir et la pièce A une feuille circulaire en caoutchouc de 150 mm de diamètre.

Nous éviterons, aussi, que les griffes soient en contact direct avec le miroir. Pour, ce faire nous mettrons une matière flexible (caoutchouc, éponge, tissu par exemple) que nous supposons être la pièce H, entre les bouts pliés des griffes et le miroir. Après ces opérations la fixation du miroir à son support sera achevée.

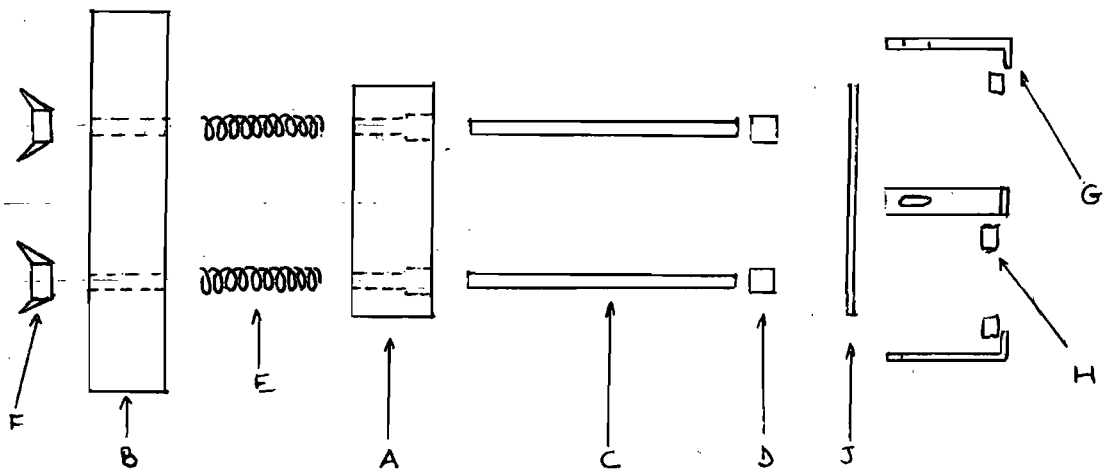


FIG-1 : Différentes pièces du support
du grand miroir

- A: Pièce circulaire en bois $\phi = 150\text{mm}$ épaisseur 30mm
- B: Pièce circulaire en bois $\phi = 305\text{mm}$ épaisseur 30mm
- C: Tige fileté en acier Longueur 105 mm (nombre = 3)
- D: écrous (nombre = 3)
- E: Ressorts (nombre = 3)
- F: écrous-papillons (nombre = 3)
- G, H, J: Griffes (nombre = 3), bout de caoutchouc (3),

FIXATION DU MIROIR PARABOLIQUE

Sur du bois d'épaisseur 15 mm, nous avons découpé quatre pièces circulaires. Deux de 150 mm de diamètre et deux autres de 305 mm (diamètre intérieur du tube). Après avoir collé les pièces de même diamètre entre elles, nous avons obtenu une pièce A de 150 mm de diamètre et une pièce B de 305 mm de diamètre; toutes les deux pièces ayant une épaisseur de 30 mm.

Sur ces deux pièces nous avons fait au des cercles de 100 mm de diamètres des trous de 13 mm de diamètre. Ces trous sont tels que les arcs de cercle qu'ils délimitent, interceptent chacun un angle de 120° (pour des raisons de symétrie).

Trois tiges filetées C, de 105 mm de longueur sont découpées. Pour chaque tige nous fixons, à une des extrémités une tête d'écrou par soudure qui nous servira de butée. Les têtes de butée seront les pièces D.

Sur un long ressort disponible à l'atelier nous découpons trois bouts de ressorts E, de 35 mm de longueur.

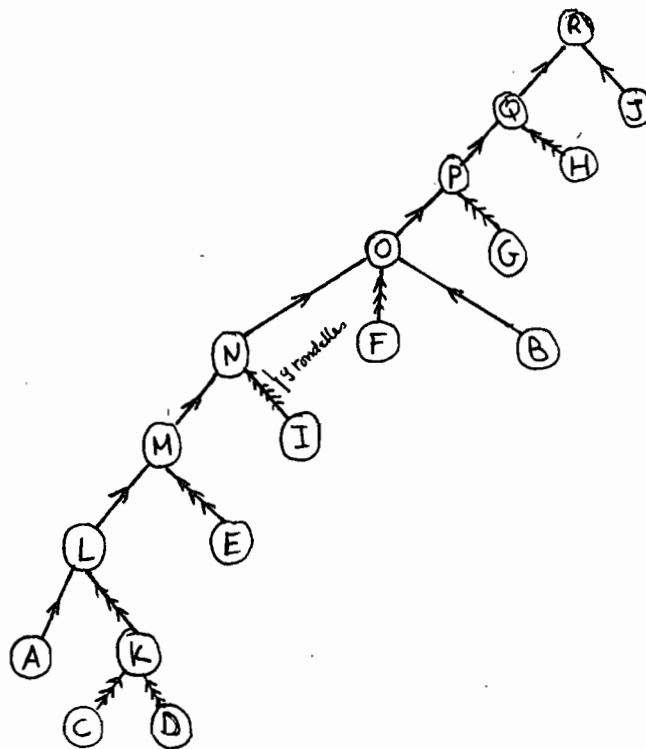
Sur une des faces de la pièce A, nous créons en évidant tout autour du tour, des loges, à nos têtes de butée.

TABLEAU 1 :

FABRICATION ET ASSEMBLAGE DES PIÈCES

PIÈCES	OPÉRATIONS	MACHINES OU MATÉRIEL
A	Decouper cercle en bois $\phi = 150\text{mm}$ $e = 30\text{mm}$	Scie à Bois & Neule
B	Decouper cercle en bois $\phi = 305\text{mm}$ $e = 30\text{mm}$	
C	Couper 3 tiges filetes de longueur 105 mm	Scie à Metaux
D	Couper 3 bouts de ressorts de Longueur 35 mm	Table d'assemblage
E	Prendre des ecrous	Scie à Metaux
F	Faire des ecrous papillons	Soudure à l'arc
G	Faire 3 Griffes d'aluminium.	scie à Metaux
H	Couper des bouts de caoutchouc (ou tissu)	Ciseaux
I	Chercher 9 rondelles	Table d'assemblage
J	Decouper une feuille de caoutchouc $\phi = 150\text{mm}$	Ciseaux
K	Souder C et D	Soudure à l'arc
L	Positionner K	Table d'assemblage
M	Positionner E	
N	Positionner I	
O	Positionner F	
P	Fixer G	
Q	Positionner H	
R	Fixer Le Miroir	

FIG 2 : Graphique des opérations d'assemblage
du miroir primaire et de son support.



REGLAGE DU MIROIR PARABOLIQUE

Si nous actionnons les écrous papillon F, nous comprimons ou allongeons les ressorts suivant le sens de rotation des écrous F. Si le degré de compression est le même pour les trois ressorts, le miroir est dans un plan parallèle au plan qui contient la pièce B. Si l'on actionne d'avantage un ressort, le miroir s'incline, du côté du ressort actionné. Ainsi suivant le ressort actionné nous pourrions orienter le miroir dans la direction voulue.

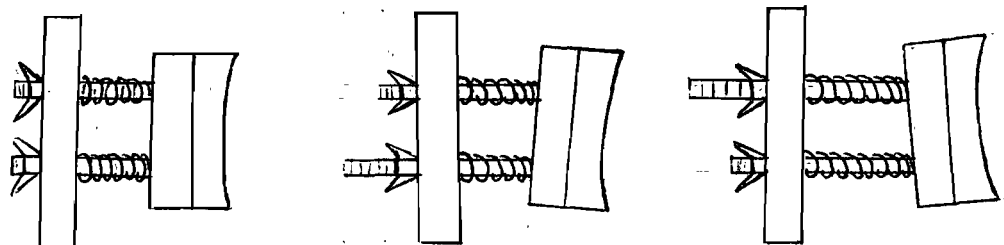


FIG 3: Réglage du grand miroir

LE MIROIR DIAGONAL

Comme le miroir primaire, c'est un "fait surface miroir". Nous, avons opté pour la conception d'un télescope de type NEWTONIEN, dont le principe consiste en un système qui permet de dévier les rayons lumineux réfléchis par le grand miroir, de leur trajectoire, pour les récupérer en un point où sera positionné l'oculaire pour l'observation. Nous n'avons pas eu, à fabriquer par nous mêmes ce miroir, cependant nous l'avons eu par les mêmes moyens que celui, du grand miroir.

La surface est plane et les rayons lumineux sont déviés sous le même, angle, d'incidence (angle d'incidence = angle de réflexion). Le miroir secondaire devra être placé, dans un plan faisant un angle

de $\frac{\pi}{4}$, avec le plan médian, du miroir primaire. Comme les rayons réfléchis forment un cône de lumière, la forme la plus adéquate pour le miroir secondaire sera elliptique. C'est la forme, qui aurait donné la projection d'un cercle sur un autre plan faisant un angle de $\frac{\pi}{4}$, avec le plan, dans lequel le cercle est contenu.

FIXATION DU MIROIR DIAGONAL

Le miroir secondaire nous est parvenu déjà fixé dans une pièce cylindrique A dont la base supérieure est elliptique épousant presque exactement la forme elliptique du miroir. Une autre pièce B sous forme de disque nous est aussi parvenue, avec, sur la surface latérale, à des intervalles interceptant des angles de $\frac{2\pi}{3}$, des trous taraudés pouvant prendre des tiges filetées C. A la partie supérieure des tiges filetées nous avons des têtes, d'écrou D pour la fixation.

Le problème qui s'était posé à notre niveau est que les tiges filetées C n'étaient pas assez longues pour atteindre, dans le sens radial la partie périphérique du tube. Nous avons été obligés, d'usiner des rallonges E pour pouvoir fixer "l'araignée", ainsi

constituée dans le tube

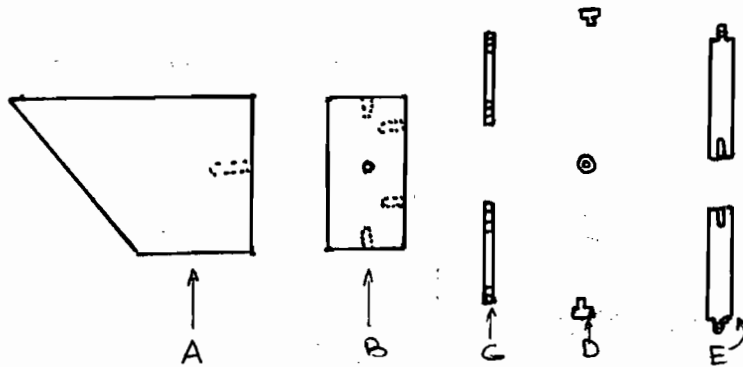
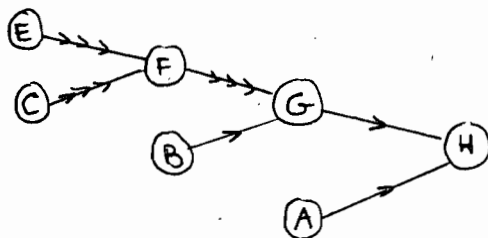


TABLEAU 2: FABRICATION ET ASSEMBLAGE DES PIECES

PIECES	OPERATIONS	MACHINES OU MATERIEL
A	Prendre	Table d'assemblage
B	"	"
C	"	"
D	"	"
E	Prendre 3 tiges taraudées d'un bout et filetés de l'autre	Tourno à gauche
F	Visser E sur C	Doavi
G	Visser F sur B	"
H	Visser G sur A	"
I	Attendre le montage de l'ensemble dans le tube pour visser D sur E	"

FIG 4 : GRAPHIQUE DES OPERATIONS



Dans le sens longitudinal, de la pièce B sont placés trois trous à travers lesquels passent trois vis, qui viennent buter sur la pièce A. Selon qu'une vis est plus ou moins enfoncée, l'orientation de la surface plane du miroir est changée et ceci dans le but de pouvoir intercepter autant que possible la totalité du cône de lumière émis par le miroir primaire.

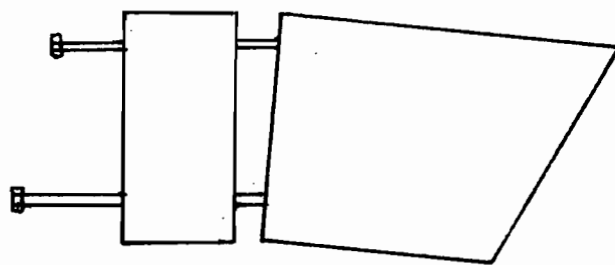


FIG 5 : Réglage du miroir secondaire

LE PORTE-OCULAIRE

Un porte-oculaire a pour fonction de mettre en coïncidence le foyer objet, de l'oculaire, avec le foyer-image du miroir primaire, le notre est un porte-oculaire crémaillère. Il est pourvu, d'un mouvement lent et régulier nous permettant, de mettre l'image au foyer avec précision pour, avoir une mise au point, donnant une image nette de l'astre ou, de l'objet observé.

Comme les pièces optiques, nous n'avons pas eu à faire la conception, du porte-oculaire. Il nous est par-

venu, comme les miroirs.

Le porte-oculaire était, celui, d'un télescope de 114 mm de diamètre de tube. Il nous fallait, ainsi, concevoir une pièce adaptative nous permettant de fixer ce porte-oculaire au tube dont nous disposons.

Nous, avons préféré un porte-oculaire à position réglable (crémaillère), car nous pourrions installer en permanence un oculaire au foyer :

- D'abord le foyer peut changer légèrement de position, avec la température et les réglages des miroirs.
- Ensuite deux personnes ayant une vue différente (un presbyte et un myope) ne focaliseront pas, de la même façon.
- Enfin, deux oculaires, à distances focales différentes ne doivent pas être placés au même endroit. Celui à foyer court sera très enfoncé dans le porte-oculaire contrairement, à celui à foyer long.

LES OCULAIRES

S'il fallait les concevoir, ils seraient les pièces les plus difficiles, à faire.

L'oculaire est une sorte de loupe servant à regarder l'image, au foyer d'un grand miroir. Il doit cependant posséder des qualités très supérieures à celles, d'une loupe ordinaire, car les détails, à observer sont extrêmement petits et se présentent, comme des objets lumineux au fond noir, ce qui accentue le contraste et met en évidence tous les défauts, de la lentille. C'est pourquoi les oculaires de bonnes qualités sont formés de plusieurs lentilles souvent faites, de verres de composition différente. Un bon oculaire doit assurer :

- une bonne correction des aberrations sphériques du miroir.

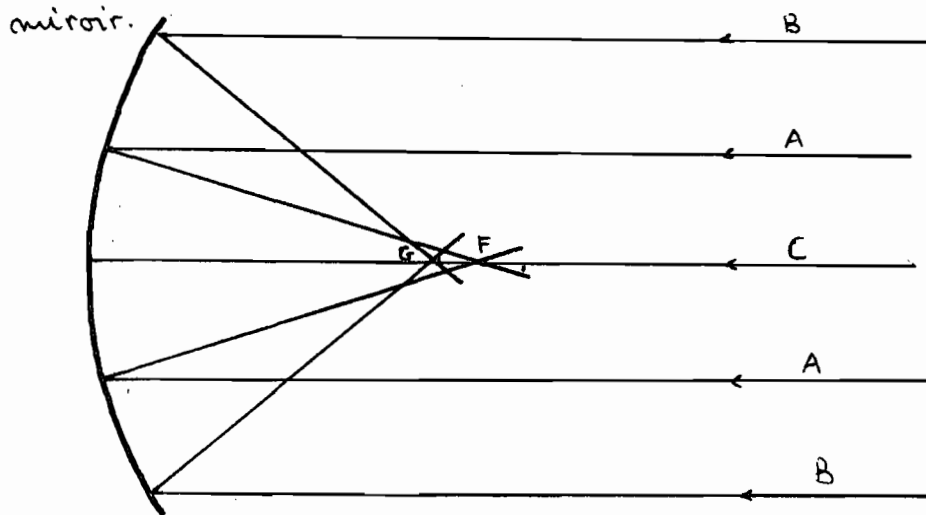


FIG 6 : Aberration de sphéricité d'un miroir

les rayons AA se coupent en F après réflexion, les rayons BB en G

Une image sphérique donne d'un point voisin du

centre de courbure une image parfaite, mais en astronomie, les objets sont à des distances pratiquement infinies, comparées, aux dimensions de l'instrument. Des rayons parallèles, envoyés par un point situé à l'infini, ne se regroupent pas exactement en un même point, après réflexion sur le miroir. Les rayons incidents et réfléchis sont symétriques par rapport à la normale au miroir au point d'incidence.

Il nous faudra donc un oculaire qui donne de bonnes images, non seulement au centre mais au bord du champ de vision.

- Une bonne correction des aberrations chromatiques
Ce qui frappe, au premier examen, d'une image fournie par une lentille simple, comparée à l'image que nous donne un miroir, c'est la présence, d'auréoles colorées autour de chaque étoile. Ceci peut s'expliquer car la lentille réfracte le rayon lumineux qui la traverse suivant la loi de DESCARTES qui relie l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r par la formule $\sin i = n \sin r$, n designant l'indice de réfraction du verre qui est la composante, caractéristique, de la lentille. Cette loi de DESCARTES nous emmène à dire que la focalisation des rayons ne se fera pas sur le même

point, car les angles de refraction ne seront pas les mêmes pour toutes les couleurs. L'indice de réfraction de la lentille peut se calculer, à partir de la formule de CAUCHY qui dit que $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$ A, B, C étant des constantes spécifiques du matériau constituant la lentille et λ étant la longueur d'onde du rayon lumineux traversant la lentille. Donc si dans le faisceau de lumière traversant la lentille, nous avons plusieurs couleurs (soit plusieurs longueurs d'onde), les rayons de chaque couleur ne focaliseront pas au même point et ceci entraînerait la formation d'images affectées de cerces colorés.

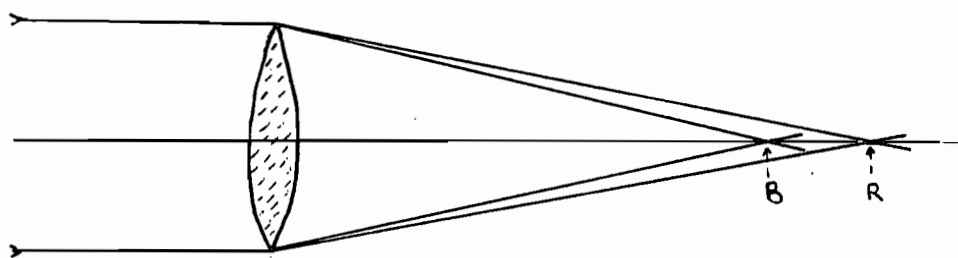


FIG 7 : ABERRATION CHROMATIQUE

B, foyer des rayons bleus; R, foyer des rayons rouges. Des doublets achromatiques permettent d'entraver ces aberrations chromatiques et ainsi tous les rayons pourront être réfractés dans une convergence uniforme vers un même point qui sera le foyer de tous les rayons réfractés.

- Un champ de vision "panoramique": Il doit avoir un champ de vision très large. Ce champ dépend de la largeur des lentilles employées et du diaphragme. Les lentilles de l'oculaire sont calculées et situées l'une par rapport à l'autre, à l'autre de telle sorte que leurs aberrations soient réduites au minimum.

- Quand on regarde, dans un oculaire en le dirigeant vers un fond clair, on voit une surface lumineuse circulaire étendue, circonscrite par le diaphragme. L'angle sous lequel apparaît ce cercle lumineux est l'angle de champ.

Le grossissement G du télescope est donné par le rapport de la longueur focale de l'objectif, qui est la longueur focale du miroir parabolique, et de la longueur focale de l'oculaire.

Si pour un oculaire donné nous avons un grossissement de 60, la lune qui fait 0.5° de diamètre apparent à l'œil nu, atteindra $0.5^\circ \times 60 = 30^\circ$ de diamètre apparent dans le champ de l'oculaire. Elle y "entrera" donc en entier.

Nous disposons trois oculaires de distances focales 5 mm, 125 mm et 23 mm. Le tableau ci-dessous nous donne les angles sous lesquels la lune sera vue en fonction des différents oculaires dont nous disposons.

	OCULAIRE N°1	OCULAIRE N°2	OCULAIRE N°3
F(miroir)	1219 mm		
f(oculaire)	23 mm	12.5 mm	5 mm
G	53	98	244
α	26.5°	49°	122°

TABLEAU 3: Angles sous lesquels nous pouvons observer la Lune

α = angle sous lequel nous observons la lune.

Pour un amateur, il faut au moins deux oculaires.

Un pour les forts grossissements, aura une distance focale de 4 à 6 mm, et un autre pour les faibles grossissements.

Ce dernier doit être choisi de façon à rendre le télescope le plus lumineux possible. Plus la longueur focale de l'oculaire est grande, plus l'image est brillante tout en étant plus petite. La distance focale limitée à ne pas dépasser est $f = \frac{7F}{D}$ (7 = diamètre de la pupille de l'homme dans l'obscurité, F = distance focale du miroir et D son diamètre). Le choix des oculaires figurera en annexe.

Contrairement à ce que certains pourraient croire, le grossissement n'est pas la qualité la plus importante d'un télescope. La notion de clarté est la plus importante.

Pour une étoile la clarté C d'un instrument est égale au carré du grossissement équipupilaire. Mathématiquement nous aurons $C = \left(\frac{D}{f}\right)^2$, c'est à dire $C = \frac{D^2}{4f}$.

Pour un objet étendu, la clarté de l'instrument est

$$\Gamma = \frac{C}{G^2}, \quad G \text{ étant le grossissement utilisé. Ainsi donc}$$

$$\text{pour la lune nous aurons } \Gamma = \frac{C}{G^2} = \frac{C}{(2d)^2} = \frac{C}{4d^2} = \frac{D^2/4f}{4d^2}$$

d'où la formule de $\Gamma = 5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{D}{d}\right)^2$

Nous voyons ainsi que Γ est fonction du diamètre D du grand miroir et de d , qui est l'angle sous lequel la lune est vue. Comme nous ne disposons que d'un miroir parabolique, l'expression de la clarté pourra s'écrire en remplaçant D par sa valeur numérique.

$$G \text{ qui nous donnera } \Gamma = \frac{115}{d^2}$$

$$G = G_{\min} \Rightarrow \Gamma = 1 \quad G = G_{\max} \Rightarrow \Gamma = \frac{115}{(0,5 \times 305)^2} = 5 \cdot 10^{-3}$$

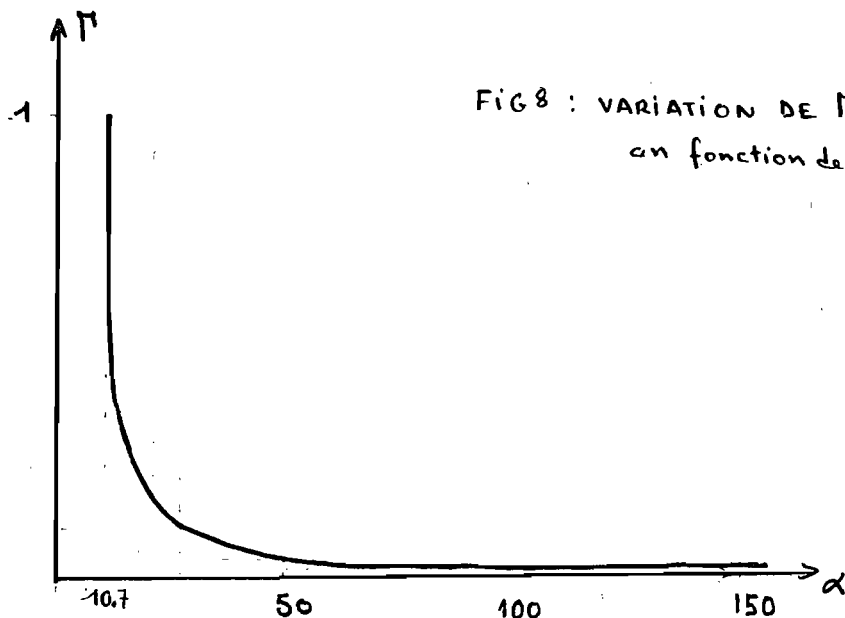


FIG 8 : VARIATION DE Γ
en fonction de α

LE CHERCHEUR

Le chercheur est une petite lunette guide, à grossissement très faible, servant à repérer l'objet que nous voulons observer. Il doit comprendre un ensemble optique permettant de visionner un champ aussi étendu que possible (plusieurs degrés)

Le chercheur s'installe près de l'entrée du télescope à côté du porte-oculaire. Sa position exacte est affaire de commodité.

Un télescope de type Newton peut difficilement se passer de chercheur, car l'observateur, à travers l'oculaire, ne regarde pas dans la direction de l'objet à observer.

Nous disposons d'un chercheur qui grossit 5 fois. C'est un petit tube contenant à chacune de ses extrémités une lentille, et des fils croisés appelés réticule (sont placés un peu en avant du bout par lequel l'observation se fait).

Le chercheur loge dans deux anneaux reliés par une tige évasée à sa base. Cette tige servira à fixer le chercheur au tube.

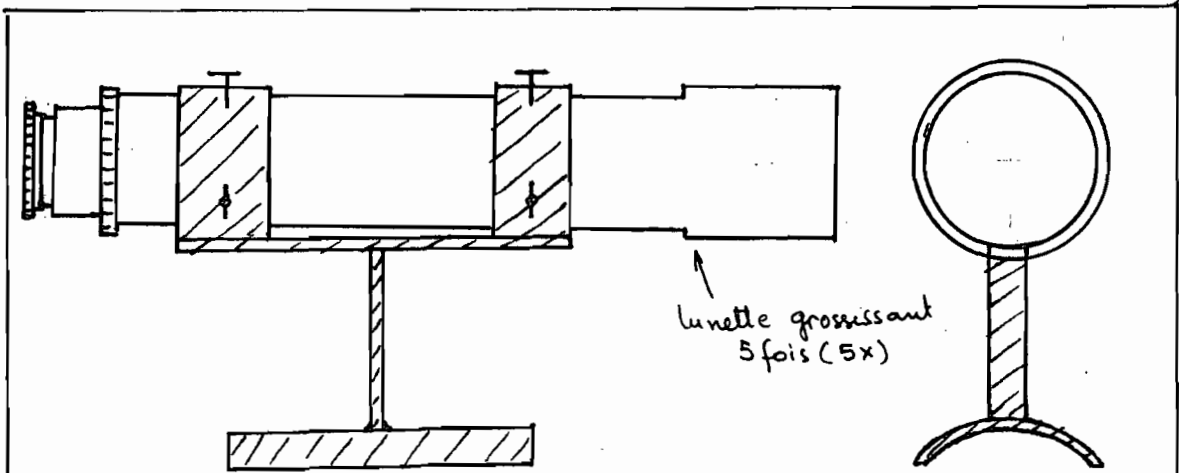


FIG 9 : Le chercheur et son support de fixation

DIMENSIONNEMENT GEOMETRIQUE DU TUBE ET ACCESSOIRES

Nous nous proposons de déterminer dans cette section la distance entre les deux miroirs, la longueur du tube, les dimensions que nous imposent les caractéristiques du télescope pour le miroir secondaire.

Pour la détermination de la distance entre les deux miroirs, nous partirons du sommet du cône de lumière émis par le miroir parabolique pour arriver au centre du même miroir qui est la base du cône de lumière.

Soient X la distance entre à centre entre les deux miroirs et Y la distance entre le centre du miroir secondaire et le bout du porte-oculaire. Le bout du porte-oculaire étant le sommet du cône, la distance focale F du miroir primaire sera $F = X + Y$

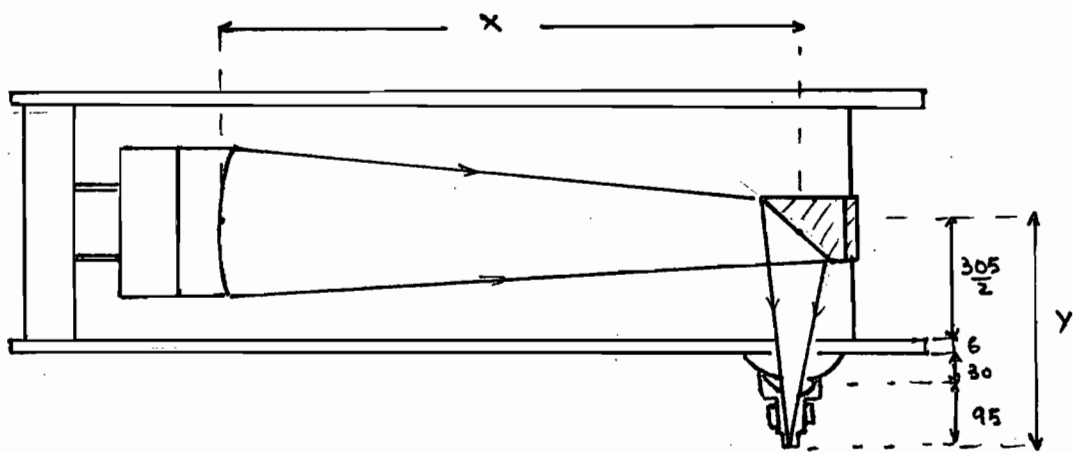


FIG 10: Dimensionnement géométrique

Nous avons ici une équation à une inconnue qui est x . $F = x + y \Rightarrow x = F - y$

$$y = \begin{cases} 305/2 & \text{rayon intérieur du tube} \\ + & \\ 6 & \text{épaisseur du tube} \\ + & \\ 30 & \text{épaisseur de l'adaptateur du porte-oculaire} \\ + & \\ 95 & \text{longueur du porte oculaire à mi-course} \\ \hline & 283.5 \text{ mm} \end{cases}$$

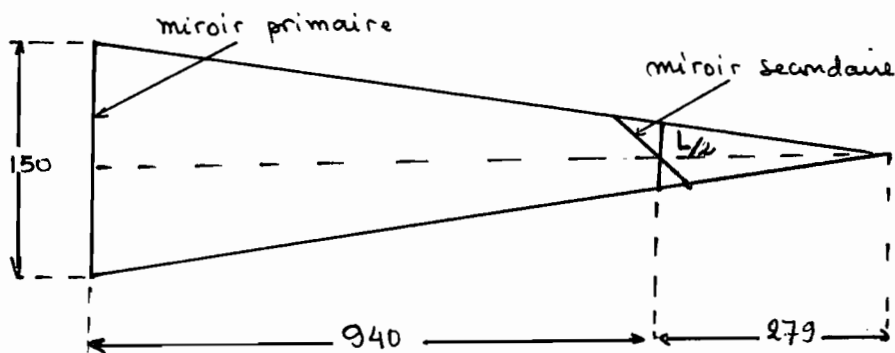
$$\Rightarrow x = F - y = 1219 - 283.5 = 935.5$$

$$x = 940 \text{ mm}$$

Ainsi le miroir secondaire sera fixé à 940 mm du miroir primaire.

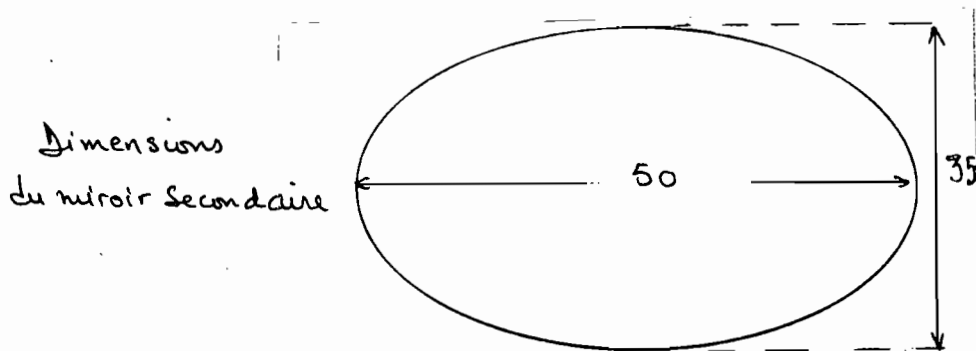
Pour une bonne efficacité du télescope, le miroir secondaire devrait être couvert exactement par tous les rayons réfléchis par le miroir primaire. Donc notre miroir secondaire devrait être une ellipse dont les dimensions dans le sens du petit axe et du grand

axe seraient supérieures, aux dimensions de l'ellipse qui couperait le cône de lumière au même point sous un angle de $\pi/4$.



$$\frac{L/2}{279} = \frac{150/2}{1219} \Rightarrow L = \frac{150 \times 279}{1219} = 34.33 \text{ mm}$$

Le grand axe de notre miroir elliptique aura une longueur de G : $\frac{L}{G} = \cos \frac{\pi}{4} \Rightarrow G = \frac{L}{\cos \frac{\pi}{4}} = 48.53 \text{ mm}$
 Ainsi il nous faudra un miroir elliptique de $35 \times 50 \text{ mm}$



Tous les rayons lumineux qui entrent dans le tube n'arrivent pas au miroir primaire. Certains vont directement au fond du tube, d'autres seront bloqués par la face arrière circulaire de la pièce dans laquelle loge le miroir secondaire. Les rayons qui

seront bloqués par les supports du miroir secondaire ("l'araignée") pourront être négligés.

Pour un miroir 35 mm x 50 mm, le grand miroir ne sera utilisé qu'au taux μ donné par la formule:

$$\mu = \frac{\text{Surface du Miroir Primaire} - \text{Surface projetée du Secondaire sur le Primaire}}{\text{Surface du Miroir Primaire}}$$

$$\mu = \frac{\pi D^2/4 - \pi d^2/4}{\pi D^2/4} = \frac{D^2 - d^2}{D^2} = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2$$

$$\mu = 1 - \left(\frac{35}{150}\right)^2 = 94.56\%$$

Nous aurons donc 5.44% de perte sur les détails de l'objet à observer.

Malheureusement, ce genre de miroir n'existe pas dans le marché sénégalais. C'est un "first surface mirror". Pour ces miroirs, la surface réfléchissante (en argent ou en aluminium), constitue la première couche contrairement aux miroirs simples dont la première couche est en verre.

Nous ne disposons que d'un miroir 25 x 35 mm les pertes en détails sont plus grandes, car elles proviennent de deux natures:

- Celles dues à la face arrière du miroir secondaire
- Celles dues aux dimensions réduites du miroir secondaire

Ces dernières pertes, constitueront les rayons, que le miroir secondaire ne pourra pas percevoir vu ses petites dimensions. (Si nous disposions d'un miroir 35x50mm, ces pertes n'auraient pas existé).

La longueur du tube sera égale à :

- 940 mm distance entre les deux miroirs.
 - + 105 mm longueur des tiges filetées pour la fixation du grand miroir
 - + 23 mm épaisseur du miroir
 - + 5 mm distance tête d'écrou au miroir primaire
 - + 40 mm distance tête de vis à l'extrémité arrière.
 - + 85 mm marge de sécurité pour protéger le miroir
-
- 1198 mm = 1200 mm

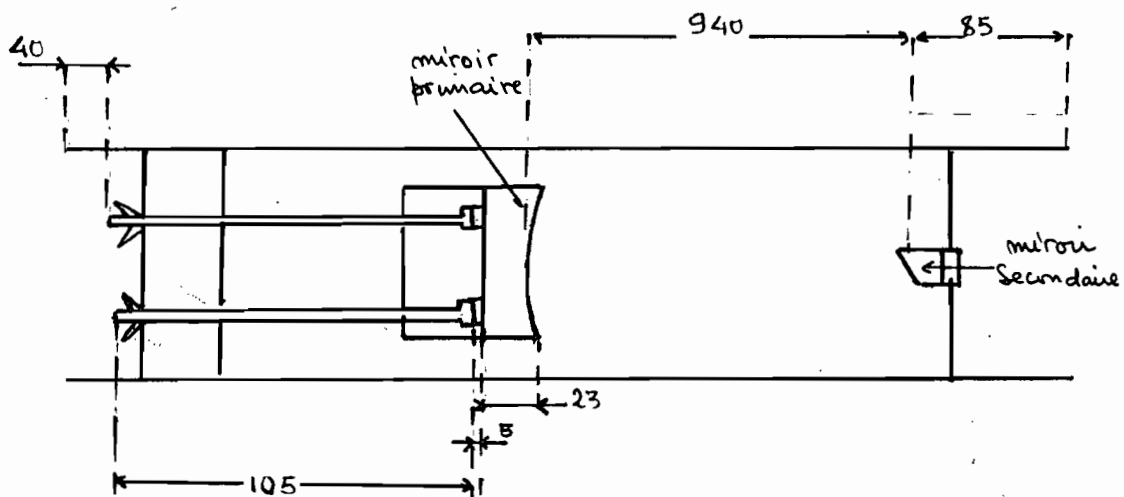


FIG 11: Schema pour la détermination de la longueur du tube.

Avant de clore cette étude sur le tube, il sera intéressant de parler du grossissement que nous donne notre appareil,

QU'EST CE QUE LE GROSSISSEMENT

Soit x la distance angulaire de deux étoiles vues à l'œil nu, le miroir du télescope, donnera sur son plan focal, une image réelle de ces deux étoiles, qui pourra être reçue sur un écran ou sur un film photographique. Sur cet écran ou sur ce film, la distance linéaire de ces deux étoiles sera $d = xF$ où F est la distance focale du miroir. Observée avec un oculaire, cette distance d sera vue sous un angle $B = \frac{d}{f}$, f étant la distance focale de l'oculaire.

Par définition, nous dirons que le grossissement est le rapport de l'angle sous lequel on perçoit les images à travers l'oculaire et celui sous lequel on le voit à l'œil nu.

$$G = \frac{B}{x} = \frac{d/f}{d/F} = \frac{d}{f} \times \frac{F}{d} = \frac{F}{f}$$

Le grossissement de l'instrument est donc égal au rapport de la distance focale F de son objectif et de la distance focale de l'oculaire

Conception et construction
de la machine

CHOIX DE LA MONTURE

Il n'est plus à rappeler que la terre est une sphère qui tourne autour de l'axe des pôles par rapport à l'ensemble des étoiles supposées fixes. Les apparences seraient exactement les mêmes si l'on admettait que la terre ne tournait pas et que c'était l'ensemble des étoiles qui tournaient autour du même axe mais en sens contraire. La durée d'une rotation complète, qui ramène les étoiles aux mêmes points, s'appelle un jour sidéral. Notre vie et nos horloges sont réglés non sur le jour sidéral mais sur le jour solaire qui définit la périodicité de l'apparition du soleil. Il y a dans un an 365.25 jours solaires et 366.25 jours sidéraux. Les astronomes trouvent plus commode pour leurs travaux de régler leurs horloges sur le jour sidéral car elles indiquent la même heure chaque fois que les mêmes étoiles sont dans les mêmes directions.

Pour qu'une lunette reste braquée vers une étoile pendant son mouvement diurne, il suffit donc, après l'avoir orientée une fois, de la faire participer à la rotation de la voûte céleste, c'est à dire de la faire tourner autour du même axe, axe parallèle à la ligne des pôles, à la vitesse angulaire

- d'un tour par jour sidéral.

Toute monture mobile autour de la ligne des pôles s'appelle monture équatoriale. L'axe parallèle à la ligne des pôles est l'axe horaire et les angles de rotation autour de cet axe, s'expriment en heures, minutes et secondes sidérales. En tournant autour de l'axe horaire, tout point de la lunette décrit un cercle qui est parallèle à l'équateur terrestre, d'où le nom de monture équatoriale.

Un deuxième axe est nécessaire, perpendiculaire à l'axe horaire: c'est l'axe de déclinaison. On appelle en effet angle de déclinaison, l'angle constant que fait la direction d'une étoile avec la direction de l'axe de rotation de la terre.

Parmi les différentes montures de télescope (monture allemande, monture azimutale, monture anglaise, monture à fourche, etc...), la monture équatoriale se prêtait le mieux pour la poursuite apparente, d'un corps, céleste, que l'on veut observer ou même photographier.

La monture du télescope pourra être pour la conception subdivisée en quatre parties.

- La base

- l'axe de déclinaison.
- l'axe horaire.
- le mécanisme de fixation du tube à la monture.

BASE DE LA MONTURE

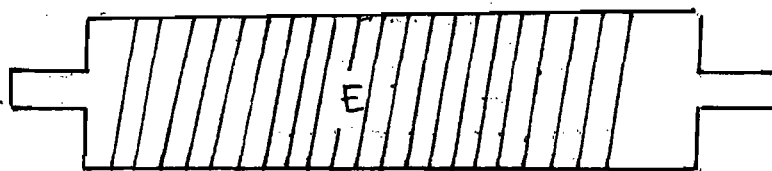
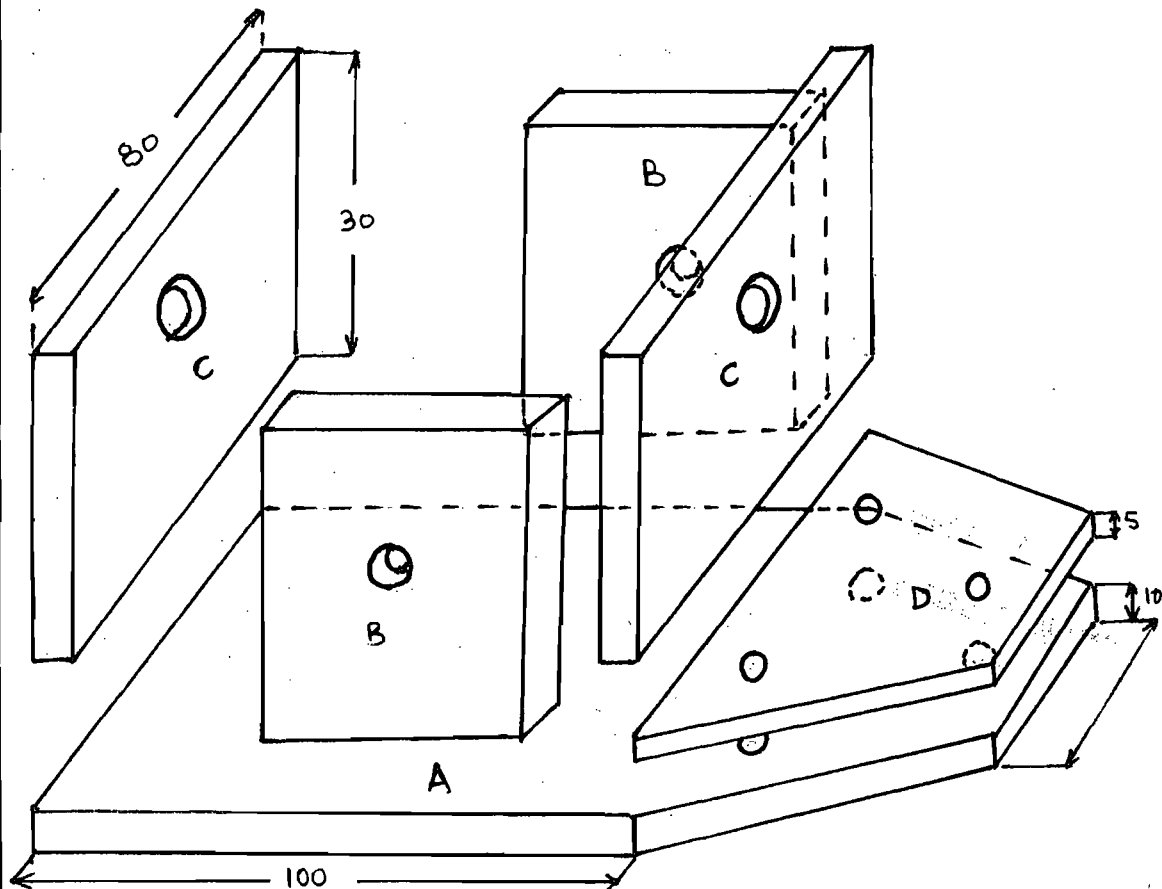


FIG 12 : LES DIFFERENTS CONSTITUANTS DE LA BASE



Sur une tôle d'acier d'épaisseur 10mm, nous avons découpé les pièces A, B, C, D suivant le schéma ci-dessus.

Sur la partie en V de la pièce A nous avons percé à la fraiseuse trois trous de diamètre 8mm. Ces mêmes trous sont percés sur la pièce D au même emplacement.

Sur l'autre extrémité de la pièce A, deux trous seront nécessaires et un troisième situé au centre même de la pièce, pour fixer l'ensemble de la monture au trépied.

Un trou est fait sur les pièces C pour recevoir la pièce E, et un autre sur les pièces B pour recevoir l'axe de déclinaison.

Signalons que la pièce E est une vis sans fin que nous avons pu récupérer d'une tondeuse à gazon détrempée.

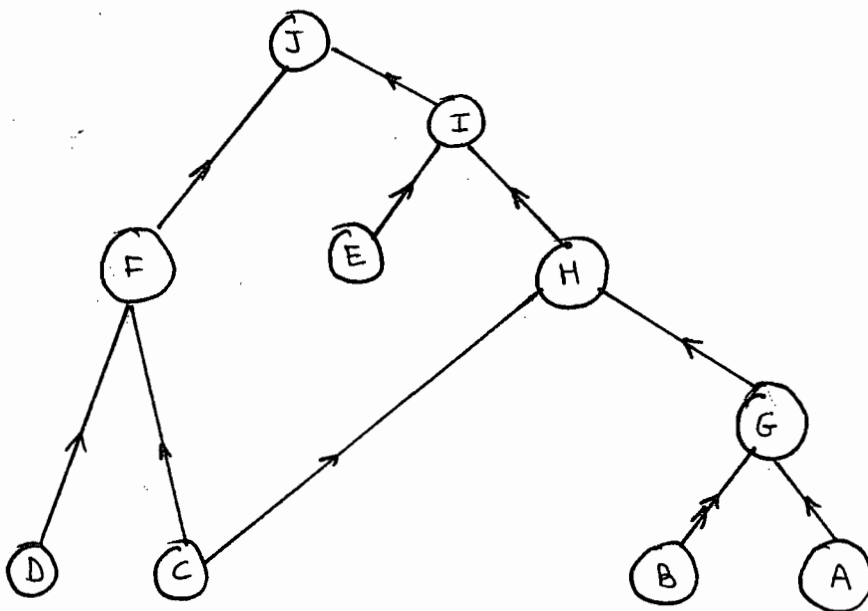
Une des pièces C sera fixée à la pièce D par soudure à l'arc, et l'ensemble (D et C) sera fixé à la pièce A par trois vis. Les autres pièces se sont fixées à la pièce A par soudure à l'arc.

Pour sa manipulation, la vis sans fin nécessitera un volant que l'on usinera, à l'atelier.

Tableau 4 : Fabrication et Assemblage des pièces
de La base de La monture

PIECES	OPERATIONS	Machine ou Matériel utilisé
A	D'une Tôle d'acier découper la pièce A suivant la figure	Scie à Métal
B	De La même tôle découper 2 pièces suivant la figure	"
C	De La même tôle découper 2 pièces suivant la figure	"
D	D'une tôle d'acier de moindre épaisseur découper D suivant la figure	"
E	Chercher une vis sans fin	au magasin
F	Fixer C sur D	Soudure à l'ar
G	Fixer B sur A	"
H	Fixer une pièce C à A	"
I	Placer E	A la main
J	Fixer F à A	Par vis

Fig 13 : Graphique des opérations



L'AXE DE DECLINAISON

C'est la partie qui nous permet de faire une première orientation suivant l'axe polaire ou bien dans la direction de l'étoile polaire.

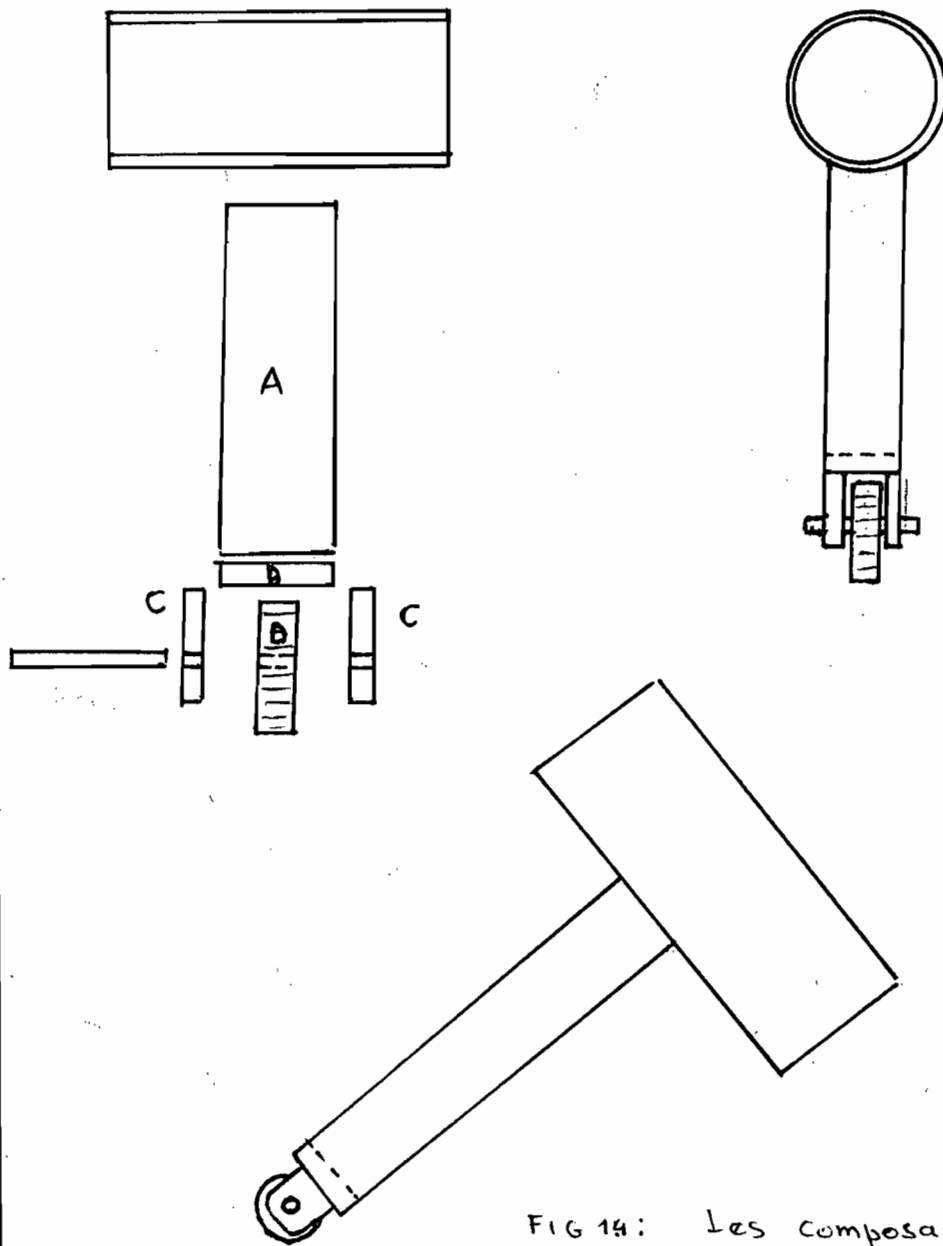


FIG 14: Les composantes de l'axe de déclinaison.

Elle est constituée d'un tube de section carrée de 40 mm de côté et d'épaisseur 1 mm constituant la pièce A. A la partie inférieure, nous avons bouché le trou carré avec une pièce parallélépipédique B en acier par soudure. Sur B nous avons soudé deux lames d'acier C d'épaisseur 11 mm, de longueur 50 mm et de 38 mm de largeur. Deux trous ont été faits sur ces pièces pour le positionnement de la roue dentée D. D'une fondreuse lors d'usage nous avons pu récupérer la dent D et son axe E.

Après avoir positionné la pièce D entre les pièces C, on fait glisser l'axe E à travers les trous des pièces B de la base de la monture, des pièces de C et D de l'axe de déclinaison.

Ainsi nous sommes parvenus à accoupler la vis sans fin de la base de la monture à la roue dentée de l'axe de déclinaison. Ceci fera que si nous actionnons le volant dans un sens ou dans l'autre, nous ferons basculer l'axe de déclinaison d'un côté à l'autre.

A la partie supérieure du tube carré de l'axe de déclinaison, nous avons fixé un tube cylindrique F évidé à la toue, avec un diamètre intérieur de 49 mm

et un diamètre extérieur de 61 mm. Cette fixation a été faite par soudure à l'arc.

L'AXE HORAIRE

C'est un tube cylindrique vide que l'on identifiera par G, qui a un diamètre extérieur un peu inférieur au diamètre intérieur du tube F. A la partie supérieure du tube sont soudées deux lames d'acier H après avoir fermé le tronc supérieur par une petite pièce cylindrique I.

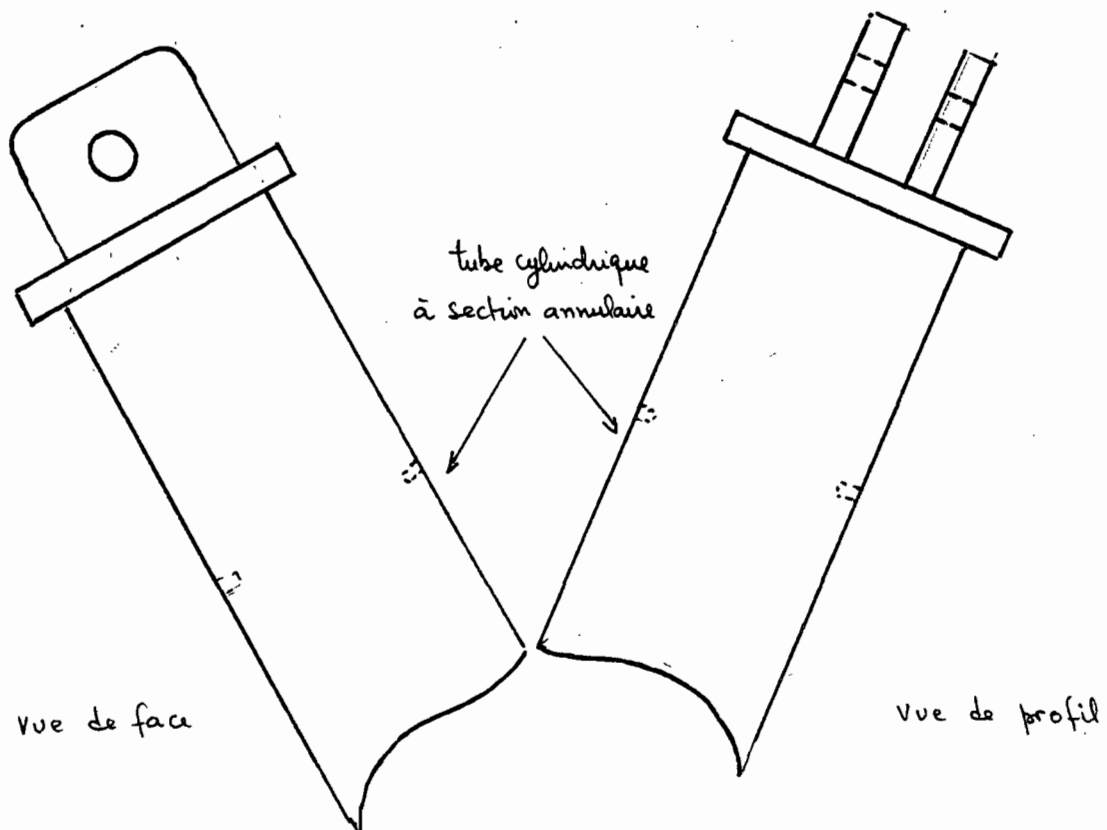


FIG 15 : AXE Horaire

Cet axe horaire sera perpendiculaire à l'axe de déclinaison. Il portera, à sa partie supérieure le système de fixation du tube et à sa partie inférieure la masse qui servira, à contre balancer l'ensemble du télescope.

FIXATION DU TUBE A LA MONTURE

Sur de la tôle d'acier de 1 mm d'épaisseur, nous avons découpé une feuille rectangulaire de 200 mm de largeur et de longueur 1000 mm ($= \pi \times [305 + 2 \times 6]$).

Cette feuille sera mise dans la rouleuse.

Elle en sortira sous une forme curviligne de façon qu'elle puisse épouser la forme circulaire du tube.

A chaque extrémité, nous faisons un pli de relevement vers la partie convexe.

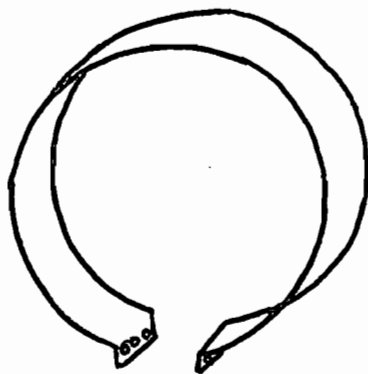


FIG 16 : Sangle du tube

Ce relèvement sera renforcé par soudure à une lame d'acier ayant les dimensions du plis. Trois trous seront faits sur les deux relèvements de telle sorte que quand nous réunissons les deux plis par des vis et écrous, nous formerons une calotte cylindrique.

Si les vis ne sont pas actionnées, le jeu qu'elles créent, donne à la calotte un diamètre supérieur au diamètre extérieur du tube, d'où ce dernier pourra y coulisser. Une fois le tube introduit, nous pourrions serrer les vis, et ainsi le diamètre de la calotte diminuera, ce qui entraînera l'emprionnement du tube.

Le tube pourra être relié à l'armature du télescope, qui est constitué par le trépied et la monture. Mais au préalable, il nous faudra une pièce qui devra assurer la fixation, de la calotte cylindrique à l'axe horaire. Cette pièce aura la forme suivante

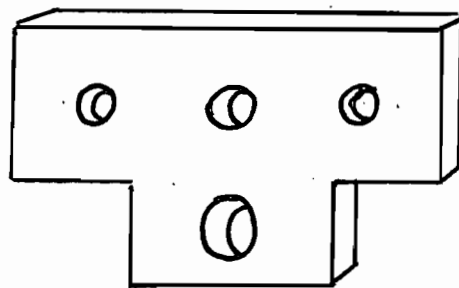


FIG 17 : Pièce intermédiaire entre la sangle et l'axe horaire

La partie supérieure ayant trois trous sera fixée à la calotte - par ses trois vis, la partie inférieure passera entre les deux lames qui sont sur la partie supérieure de l'axe horaire. Un boulon passera à travers ces trois trous ainsi concentriques, et sera repris de l'autre côté par son écrou. Nous créons, ainsi un télescope à monture équatoriale allemande.

SYSTEME D'ENTRAÎNEMENT DE L'AXE HORAIRE

Il n'est plus à démontrer, qu'une déviation de quelques secondes d'arc, déplace totalement notre champ de vision. Il n'est plus, à démontrer non plus que la terre tourne sur elle-même en un jour. Comme notre télescope est à monture équatoriale, une rotation, du tube autour de l'axe horaire, en sens inverse et à la même vitesse de rotation que celle de la terre, nous permettra de garder l'objet à observer dans notre champ de vision.

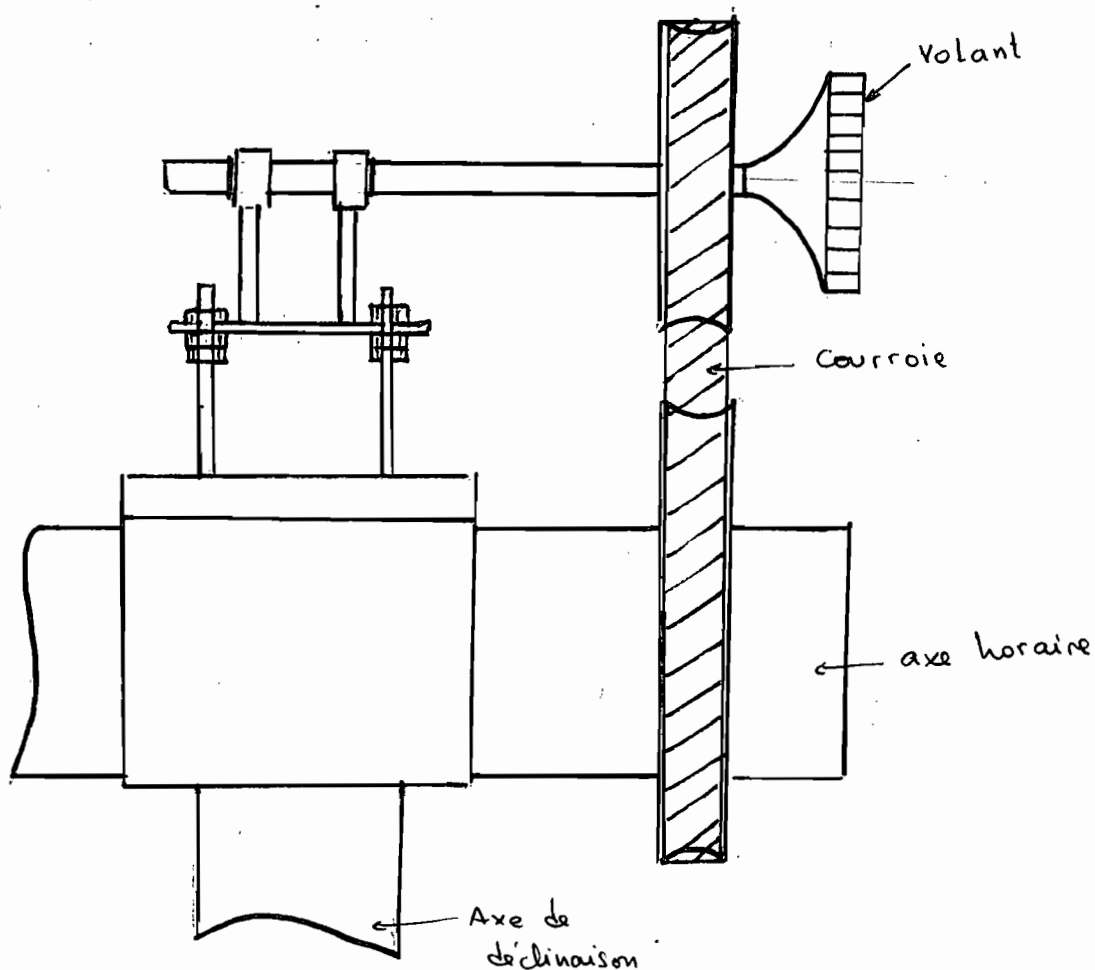
Dans un premier temps nous avons opté pour un mouvement de rotation continu de l'axe horaire à l'aide d'un moteur, mais l'évolution des travaux nous a contraint

à adopter un système mécanique de transmission par courroie.

L'axe horaire est accouplé, à une poulie de 200 mm, de diamètre.

Au dessus, de la partie supérieure, de l'axe, de déclinaison nous avons conçu un système, qui prendra une poulie de 55 mm et qui nous donnera un entraînement de 200 mm

FIG 18: Système d'entraînement de l'axe horaire



Les écrous nous permettent de bien tendre la
courroie pour faciliter l'entraînement.

Conception et construction
du trepied

Vues ses applications pratiques, le telescope est un appareil qui demande une stabilité totale. Au moindre mouvement durant l'observation, nous risquons de perdre l'objet sur lequel est pointé notre tube. Ceci se comprend, car si nous observons un astre qui est situé à une distance égale à l'unité astronomique, c'est à dire à 149.5 millions de km, une déviation de 1" (une seconde) de notre tube, nous déplacera sur un arc allant vers un point situé à

$$\frac{149.5 \cdot 10^6 \text{ km} \times 1''}{180^\circ \times 60' \times 60''} \times \pi_{rd} = 231 \text{ km.}$$

Donc nous voyons que la précision de l'appareil ne nous permet pas de faire la plus petite déviation du tube.

Ainsi, il va sans dire que le telescope doit être sur une base stable qui est à l'abri de toutes perturbations de tout mouvement. L'expérience a montré que les bases à trois pieds étaient les plus stables, c'est pourquoi tous les instruments d'optique qui sont des instruments de précision doivent reposer sur trois points fixes.

Ainsi pour notre telescope nous choisirons comme

support de base, un trépied que nous concevrons et réaliserons.

Nous estimons, l'expérience aidant, qu'un angle de $\pi/3$ entre le pied du trépied et l'horizontale qui représente à peu près le sol, pour des fins pratiques et esthétiques, nous donnera un trépied bien stable. En annexe les calculs montreront que le choix au jugé de l'angle de $\pi/3$ (60°) est bien acceptable.

La hauteur du trépied pourra être fixée à 1000mm dans un premier temps, mais vu qu'un individu à l'autre, la taille pourrait être une contrainte pour une bonne observation, nous avons pensé qu'un système de réglage de la hauteur du trépied serait judicieux.

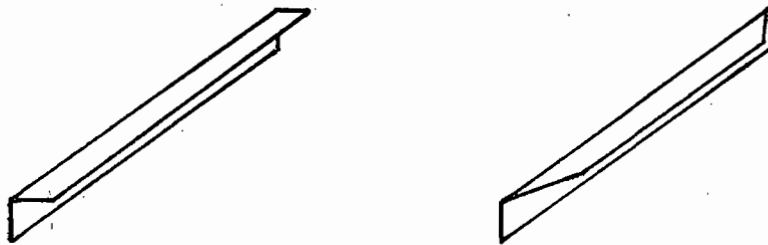
Le trépied sera, constitué de deux parties

- Le plateau qui nous permettra de fixer la monture.
- Un ensemble de 6 tubes carrés coulissant deux à deux qui nous servira de pieds

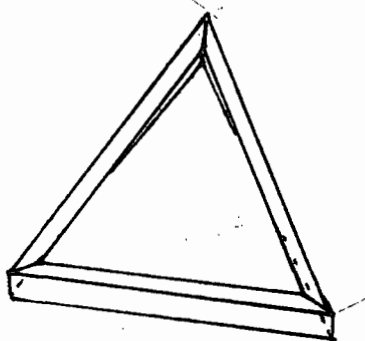
LE PLATEAU

Sur une tôle d'acier d'épaisseur 2mm, découpons un triangle équilatéral B de 160mm de côté, d'une tige de section en L, découpons aussi trois portions de

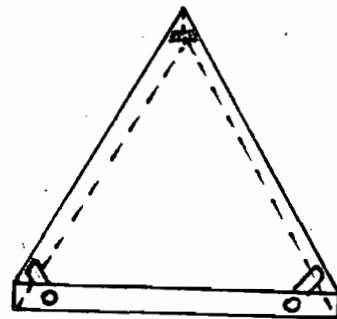
160 mm de longueur en prenant le soin de couper les coins supérieurs en V suivant le schéma ci-dessous. de telle sorte que si nous regroupons les tiges en L deux à deux par soudure que l'on ait la configuration du schéma. Ensuite procédons à la soudure de la pièce, ainsi constitué par les trois pièces A, à la pièce B.



tige de section en L



Vue de dessus



Vue de dessous

FIG : Composantes du Plateau

Positionnons maintenant les axes C autour desquels nous fixerons les pieds.

Comme les pieds seront mobiles, autour des axes C, nous construirons un système de butée, qui nous permettra de bloquer les pieds, à la position souhaitée, c'est à dire, à une position qui nous, donnera des angles de $\pi/3$ comme définis plus haut. Les butées auront un aspect identique aux pièces A mais seront plus courtes et seront soudées aux coins, du plateau sous un angle de $\pi/3$.

LES PIEDS

D'une tige non pleine, à section carrée ($2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$) d'épaisseur 1mm , nous découpons trois tubes de 1000mm de longueur.

D'une autre tige identique mais à section plus petite, nous prenons aussi trois tubes Y pouvant coulisser dans les tubes X de section $2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$.

Sur les premières, à une extrémité, nous, créons le passage des axes et vers l'autre bout nous positionnons les trois Z qui recevront les vis de blocage W. Sur les dernières nous avons renforcé, la partie qui est supposée être en contact permanent, avec la vis de serrage (vis de pression), en pondant une lame de tôle V

dans le sens, de la longueur. A leurs extrémités inférieures nous fixons, à la soudure par brasage des bouts carrés, de tôle S qui serviront de semelles aux pieds du trépied.

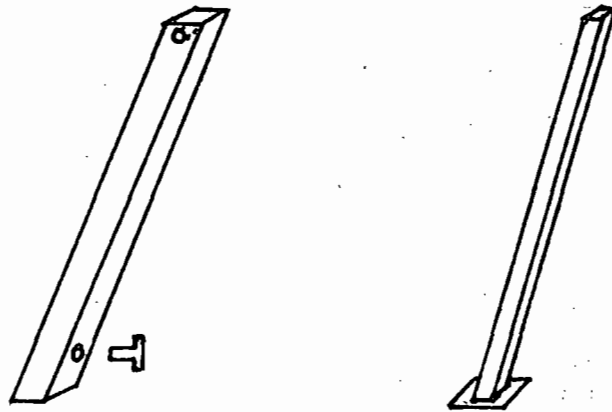


FIG 19: Pieds coulissants du Trépied et leurs vis de blocage.

Les tableaux de fabrication et d'assemblage se présentent comme suit :

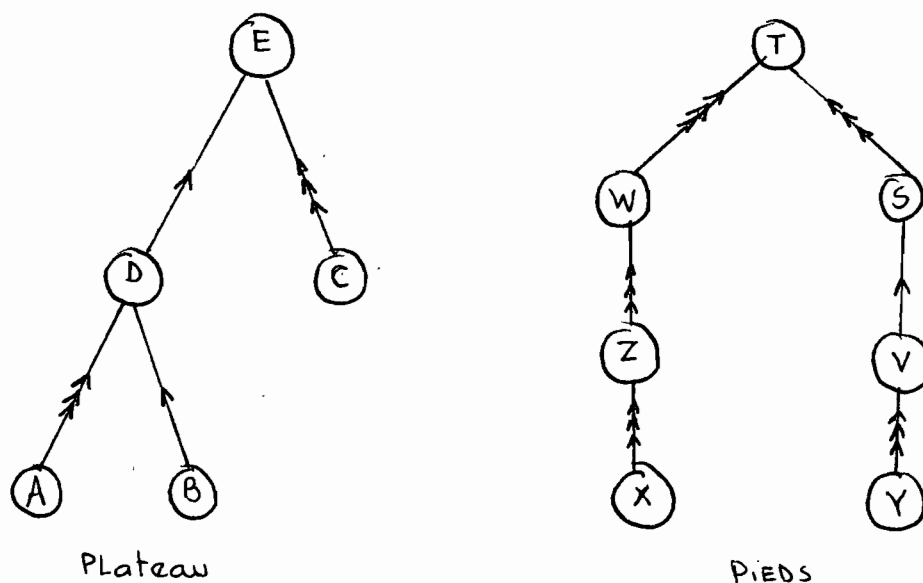
Pièces	OPERATIONS	Machines ou Matériel utilisé
A	Couper les 3 tiges de section en L	Scie à métaux
B	Couper un triangle équilatéral en acier	"
C	Couper les 3 axes	"
D	Relier les pièces A et B	Soudure à l'arc
E	Positionner les axes sur D	table d'assemblage

Tableau 5 : Fabrication et Assemblage des pièces du plateau.

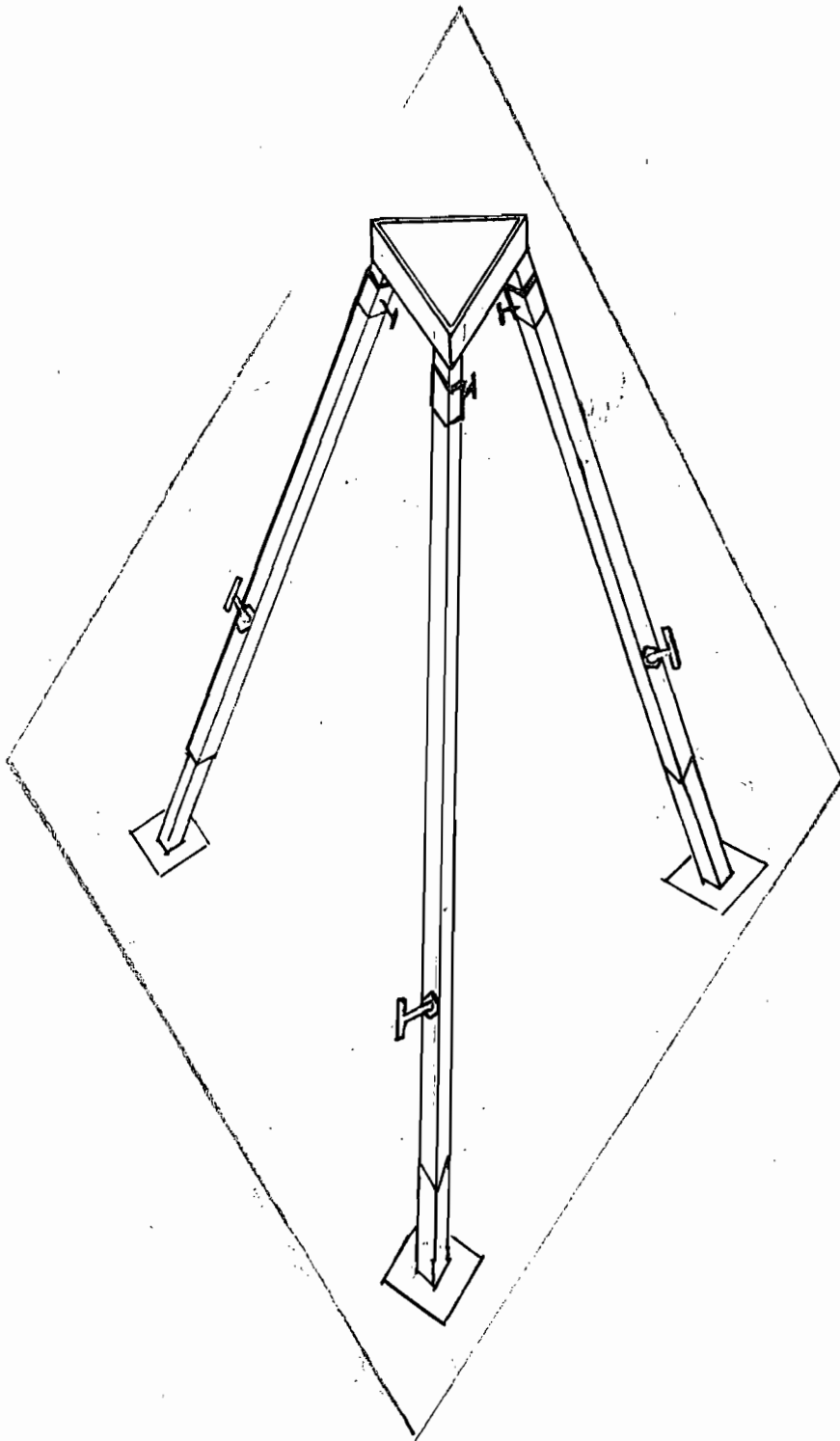
PIECES	OPERATIONS	Machines ou Matériel utilisé
X	Decouper 3 tubes de 1000mm d'une tige non pleine à section carrée	Scie à métaux
Z	Positionner le passage des axes et des vis de blocage.	Fraiseuse
Y	Decouper 3 tubes à section plus petite que celle de X	Scie à métaux
V	Souder une lame de tôle dans le sens de la longueur	Soudure à l'arc
S	Fixer les semelles	Soudure par brasage
W	Positionner les vis de blocage	A la main
T	Faire coulisser le tube Y dans X puis activer les vis	

Tableau 6 : Fabrication et Assemblage des Pièces des Pieds.

Fig 20: Graphique des opérations Plateau + Pieds.



Il s'agit maintenant de fixer les pieds au plateau. Pour ce faire, il faut fixer les tubes carrés \times aux coins du plateau à travers les axes. Après, avoir mis des entrecroises, nous soudons les axes aux rebords du plateau. Ainsi les pieds pourront pivoter autour des axes (mais ne pourront pas être démontables à cause de la soudure). Le triepied devra supporter le poids du tube et celui de la monture.



Le trépied en perspective

MODES DUTILISATION DU
TELESCOPE

POSSIBILITES D'UTILISATION DU TELESCOPE

Quand un néophyte voit pour la première fois un instrument astronomique, ses deux premières questions sont bien souvent:

- Combien de fois grossit-il ?
- Permet-il d'apercevoir des astronautes sur la lune ?

Il est assez facile de répondre à la deuxième question. Un télescope de 300 mm de diamètre a, par exemple un pouvoir séparateur un peu inférieur à 0.5 seconde, ce qui correspond sur la lune, à une distance linéaire voisine de 800 m, dans les meilleures conditions et si l'atmosphère le permet. Donc quelque soit le grossissement, un terrain de football avec ses gradins ne serait pas perceptible avec cet instrument. Les meilleures photos de la lune obtenues depuis la terre, montrent des détails de 200 m, donc pas d'astronautes en vue.

A la première question nous dirons que l'instrument grossit suivant le rapport des longueurs focales respectives du grand miroir et de l'oculaire utilisé. (voir section tube).

Nous disposons de 3 oculaires :

- Un oculaire de 23 mm de longueur focale
- Un oculaire de 12.5 mm de longueur focale
- Un oculaire de 5 mm de longueur focale

Ainsi nous aurons trois possibilités de grossissement

f (mm) oculaire	5	12.5	23
G	244	98	53

f = Longueur focale de l'oculaire en mm

G = Grossissement de l'instrument.

LE GROSSISSEMENT LE PLUS FAIBLE POSSIBLE

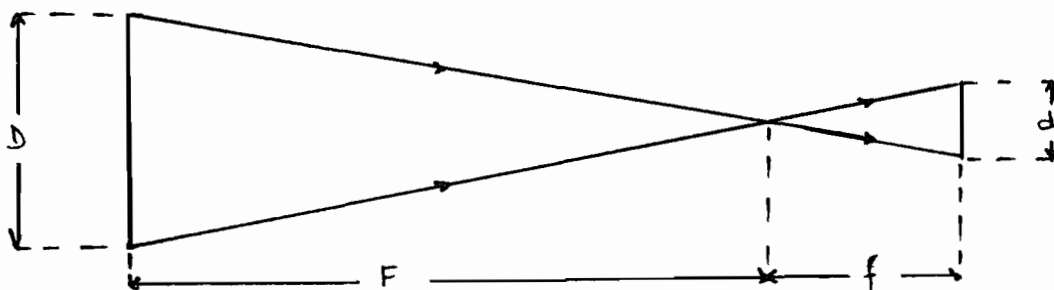
Pourquoi s'en soucier ? Un télescope n'est-il donc pas fait pour grossir les astres le plus possible, afin de permettre l'observation d'un maximum de petits détails. Les choses ne sont pas aussi simples, car l'on s'aperçoit vite, avec le tant soit peu d'expérience que les grossissements, assez faibles sont très fréquemment utilisés et ceci pour les raisons suivantes :

- La turbulence atmosphérique altère d'autant plus l'image que le grossissement est important.
- Un objectif accroît l'éclat des étoiles tant que le grossissement reste raisonnable,

mais diminue, dans tous les cas la luminosité, des astres, d'étendue possible (planètes, Galaxie, nébuleuses). Cependant le grossissement ne peut pas être rendu aussi faible que l'on veut.

L'optique géométrique permet de démontrer que tous les rayons issus du plan focal de l'objectif passent, après avoir traversé l'oculaire, par un petit cercle appelé cercle oculaire ou pupille de sortie de l'instrument. Ce petit cercle est l'image, du miroir illuminé, donné par l'oculaire. C'est à cet endroit que doit être placé l'œil pour l'observation.

A la sortie de l'oculaire la base, du cône de lumière reçue par l'oculaire en ressort suivant un faisceau cylindrique. C'est la largeur de ce faisceau cylindrique qui constitue le diamètre du cercle oculaire (ou pupille de sortie de l'instrument)



$$\frac{d/2}{f} = \frac{D/2}{F} \Rightarrow \frac{d}{f} = \frac{D}{F} \Rightarrow d = \frac{Df}{F} = \frac{D}{F/f}$$

$$\Rightarrow d = \frac{D}{G}$$

Ainsi le diamètre du cercle oculaire est le rapport du diamètre du grand miroir au grossissement du télescope. Pour percevoir tous les détails, que véhicule ce faisceau de lumière, il faudrait que le diamètre de la pupille de l'œil de l'observateur soit supérieur ou égal au diamètre du cercle oculaire sinon beaucoup de détails seraient tronqués, car, c'est par ce cercle que passent tous les détails collectés par l'objectif et l'on ne percevrait qu'une partie de l'objet à observer.

La pupille de l'œil humain peut atteindre 7 mm dans l'obscurité, le grossissement minimum sera donc égal au diamètre de l'objectif, divisé par 7

$$d = \frac{D}{G} = 7 \Rightarrow G_{\min} = \frac{D}{7}$$

Donc pour notre télescope le grossissement minimum sera $G_{\min} = \frac{150}{7} = 21,4$. $G_{\min} = 21$

On appelle le rapport $\frac{D}{7}$ le grossissement équivalent pupillaire.

$$G = \frac{F}{f} = \frac{D}{7} \Rightarrow f = \frac{7F}{D} = \frac{7 \times 1219}{150} = 56,9$$

$$f_{\text{oculaire}}^{\max} = 57 \text{ mm.}$$

LE GROSSISSEMENT RESOLVANT G_r

Le grossissement résolvant est le plus petit grossissement permettant à l'œil de discerner tous les détails

d'une image. Le pouvoir séparateur est dans les meilleures conditions, voisin de 1 mn, d'arc soit 60 secondes. Le grossissement résolvant est donc atteint lorsqu'un angle égal au pouvoir séparateur de l'objectif prend après avoir traversé l'oculaire une dimension angulaire égale au pouvoir séparateur de l'œil soit 60 secondes.

Le pouvoir séparateur est défini par le rapport $p = \frac{12}{D(\text{cm})}$, D étant le diamètre du grand miroir exprimé en centimètre. Le grossissement résolvant a donc pour valeur $G_r = \frac{60}{p}$

$$G_r = \frac{60}{120/D(\text{mm})} = 60 \times \frac{D(\text{mm})}{120} = \frac{D(\text{mm})}{2} = R(\text{mm})$$

Le grossissement résolvant, a donc pour valeur le rayon du miroir exprimé en millimètre.

- Signalons que le grossissement résolvant vaut trois fois le grossissement équipupillaire. Le grossissement G_r de notre télescope est de 75

$$G_r = \frac{60}{120/150} = 75 = \frac{F}{f} \Rightarrow f = \frac{F}{75} = 16.25$$

Avoir un oculaire ayant une distance focale de 16mm nous donnerait tous les détails d'une image.

LE GROSSISSEMENT MAXIMUM UTILE G_{max}

L'expérience a montré qu'un grossissement égal au plus au double du diamètre du grand miroir exprimé en millimètre, est un maximum au delà duquel l'image devient floue, empâtée et ne révèle plus de détails supplémentaires. En fait dans la plupart des cas, un grossissement égal au diamètre du miroir, en millimètre, donne les meilleures images lunaires et planétaires.

Le grossissement maximum utile que nous pourrions attendre de notre télescope est 300

$$G_{max} = \frac{F}{f_{min}} = 300 \Rightarrow f_{min} = \frac{F}{300} = \frac{1219}{300} = 4 \text{ mm}$$
$$f_{min} = 4 \text{ mm}$$

Donc pour mener à bien nos observations il nous faut une gamme d'oculaires dont les distances focales sont comprises entre 4 mm et 57 mm.

$f = 4 \text{ mm} \Rightarrow$ le grossissement maximum est atteint

$f = 16 \text{ mm} \Rightarrow$ le grossissement est résolvant

$f = 57 \text{ mm} \Rightarrow$ le plus faible grossissement est atteint

Pour une efficacité d'une bonne observation, il faudra retenir les idées directrices suivantes:

- 1) Les objets étendus peu lumineux doivent être observés avec des grossissements assez faibles, égaux ou un peu

supérieur au grossissement équipupillaire et sans jamais dépasser le grossissement résolvant

2) Les planètes, doivent dans la plupart des cas, être observées, avec un grossissement compris entre G_r et $2G_r$ et parfois $3G_r$ ($G_r =$ grossissement résolvant) pour les planètes représentant des détails de contraste 'élevé' observés dans de très bonnes conditions.

$$G = G_r \Rightarrow f = 16 \text{ mm}$$

$$G = 2G_r \Rightarrow f = 8 \text{ mm}$$

$$G = 3G_r \Rightarrow f = 5 \text{ mm}$$

3) La Lune pourra être observée, avec un grossissement de $4G_r$

$$G = 4G_r \Rightarrow f = 4 \text{ mm}.$$

Comme nous disposons, d'un oculaire de longueur focale $f = 5 \text{ mm}$, nous pourrions faire de bonnes observations des planètes.

Les oculaires dont nous disposons sont dans la gamme des oculaires utilisables pour de bonnes observations avec notre télescope.

Nous ne disposons pas, d'un oculaire de longueur focale $f = 4 \text{ mm}$, mais néanmoins nous pourrions faire de bonnes observations lunaires avec l'oculaire de longueur focale 5 mm .

MODE D'UTILISATION DU TELESCOPE

En dehors des périodes d'observation, il est recommandé de démonter le télescope et de le protéger des poussières et des risques de détérioration. Donc pour l'utiliser il faut nécessairement le remonter.

MISE EN STATION DU TREPIED

Faire sortir les pieds coulissants à une hauteur acceptable par rapport à l'observateur. Ensuite bloquer les pieds pour empêcher toute sorte de déplacement.

FIXATION DE LA MONTURE

Fixer la base de la monture puis sa partie supérieure

FIXATION DU TUBE

Faire coulisser le tube dans la rangée métallique et le fixer à la partie supérieure de la monture

Un bon opérateur de télescope se reconnaît par sa capacité à bien ajuster son instrument. Lorsqu'il est en face d'un télescope d'égale, il prend la peine de faire les ajustages nécessaires avant de mettre l'œil à l'oculaire

L'ajustage optique d'un télescope de type Newton comprend quatre étapes qui doivent être faites dans l'ordre suivant :

- 1) Positionnement du miroir diagonal
- 2) Orientation du miroir diagonal
- 3) Orientation du Grand miroir
- 4) Alignement du Chercheur

POSITIONNEMENT DU MIROIR DIAGONAL

Cette opération consiste à vérifier si le miroir secondaire est bien au centre du porte-oculaire. Pour ce faire, il nous faut enlever l'oculaire et regarder de loin, dans le porte-oculaire en nous plaçant bien droit vis-à-vis, de celui-ci et en regardant d'un seul œil. Si le miroir diagonal est bien au centre du porte-oculaire, nous passons à l'opération suivante. Dans le cas échéant, nous devons le déplacer

en agissant sur sa vis de positionnement jusqu'à ce qu'il soit bien centré.

ORIENTATION DU MIROIR DIAGONAL

Il faut s'assurer que le centre du grand miroir coïncide avec le centre du miroir diagonal. Si tel est le cas, les trois griffes de sécurité devront apparaître en même temps. Si le grand miroir n'est pas au bon endroit, il faudra actionner les trois vis de réglage qui sont derrière la cellule du miroir diagonal jusqu'à ce que le grand miroir apparaisse comme voulu.

ORIENTATION DU GRAND MIROIR

Cette opération se base sur le positionnement de l'image du miroir diagonal sur le grand miroir. Approchons notre œil à quelques centimètres du porte-oculaire (2cm par exemple), nous pouvons voir l'image du miroir diagonal se reflétant dans le grand miroir et nous voyons même notre œil au milieu de cette image. Si l'image se trouve exactement au centre du grand miroir, ce dernier est bien ajusté. Si tel n'est pas le cas, nous devons actionner

les vis de réglage, qui sont à l'extérieur du cercle en bois de 305 mm de diamètre jusqu'à obtenir la position adéquate.

Le problème qui se pose, est que nous ne savons pas a priori laquelle des vis tourner (faut-il visser ou dévisser?). La procédure consiste à bien observer la position de l'image. Si elle est située près du bord du grand miroir, il faudra activer la vis qui se trouve au côté opposé ou dévisser celle qui est du même côté. Il faudra continuer cette opération jusqu'à ce que l'image soit bien centrée.

ALIGNEMENT DU CHERCHEUR

Mettons l'oculaire le plus puissant dont nous disposons, c'est à dire celui de distance focale de 23 mm (est plus puissant au point de vue clarté) et pointons le télescope vers une cible très éloignée (les baobabs de l'école peuvent faire l'affaire). Essayons maintenant de repérer le détail qui se trouve en plein centre de notre champ de vision, et ajustons le chercheur avec ses vis de réglage - pour que les réticules, coïncident avec ce détail. La stabilité de notre télescope nous facilite cette opération.

Un chercheur bien aligné fait toute la différence entre un télescope agréable à utiliser et un télescope d'utilisation, difficile.

Une fois cette opération terminée, le télescope est prêt à être utilisé. Maintenant avant l'observation il faut s'assurer que les conditions atmosphériques permettent une bonne manipulation.

L'observation d'un corps dont on connaît les coordonnées polaires est plus facile. Pour trouver une étoile, dont nous connaissons l'angle de déclinaison, il faut donc caler notre axe de déclinaison dans cette direction et chercher l'étoile et la suivre par rotation autour de l'axe horaire.

Conclusion

Comme la prochaine séance n'aura lieu, qu'en 2062 (21^{ème} siècle), et comme la possibilité d'étudier ce corps nébuleux ne se présente, qu'une fois, dans une vie, nous avons voulu, donner, aux élèves, ingénieurs polytechniciens les moyens pour ne pas rater celle-ci, d'autant plus, que la comète nous est bien, connue qu'à travers la presse, les livres et les revues scientifiques, où des auteurs témoins, du dernier passage, de 1910 nous révèlent ses secrets.

Ce corps nébuleux, passe sous nos cieux tous les soixante-seize (76) ans. Sa périodicité a été établie par SIR EDMUND HALLEY, mais malheureusement, ce dernier n'a pas pu le vérifier lors de son passage suivant.

Cette année là, comète a attiré beaucoup de monde et a fait beaucoup de bruit. Un grand rush, des touristes, a été noté, au mois d'Avril, dans l'Hémisphère sud où la comète était supposée être plus visible.

Malheureusement jusqu'à date, nous n'avons pas pu voir la comète avec notre télescope. D'aucuns penseront, que cette opération, a été un échec, mais pour ceux, qui savent que pour

voir la comète l'agence spatiale européenne a lancé la SONDE GIOTTO et aussi que la "National aeronautics and space administration" (NASA), avait mis des équipements plus perfectionnés, en l'occurrence la navette spatiale qui devait aller prendre, des photos de la comète de Halley et que cette opération s'est soldée par la catastrophe de CHALLENGER, ils soutiendraient le contraire et diront, que cette étude, constitue, déjà un grand bond pour nous autres africains, qui voudrions nous, aventurer dans les recherches, de la physique optique, voire même l'astronomie.

Mais néanmoins, avec ce télescope, nous pourrions observer, d'autres astres, d'autres planètes et pratiquement la plupart des corps célestes, qui sont des constituants, du système solaire.

Nous avons pu faire, durant cette étude la confrontation entre la théorie et la pratique. Ayant fait dans un premier temps la conception, nous nous sommes rendus compte, que ce qui se conçoit sur la base théorique, acquise durant notre formation d'ingénieur n'est pas toujours ce que l'on peut réaliser et ceci souvent par faute de moyens (Notre atelier n'est pas

trop bien fourni en Equipements). L'expérience aidant, nos techniciens ont eu, à proposer des modifications ou des montages qui étaient conçus autrement.

Ceci est d'autant plus logique que l'on peut se permettre de dire que la connaissance est nécessairement conceptuelle, mais qu'il n'y a pas de connaissance qui ne tire son origine première de l'expérience.

Nous pensons, que cette étude aura intéressé nos cadets et qu'ils essaieront de parfaire l'instrument ainsi conçu qui leur permettra de s'orienter vers cette science.

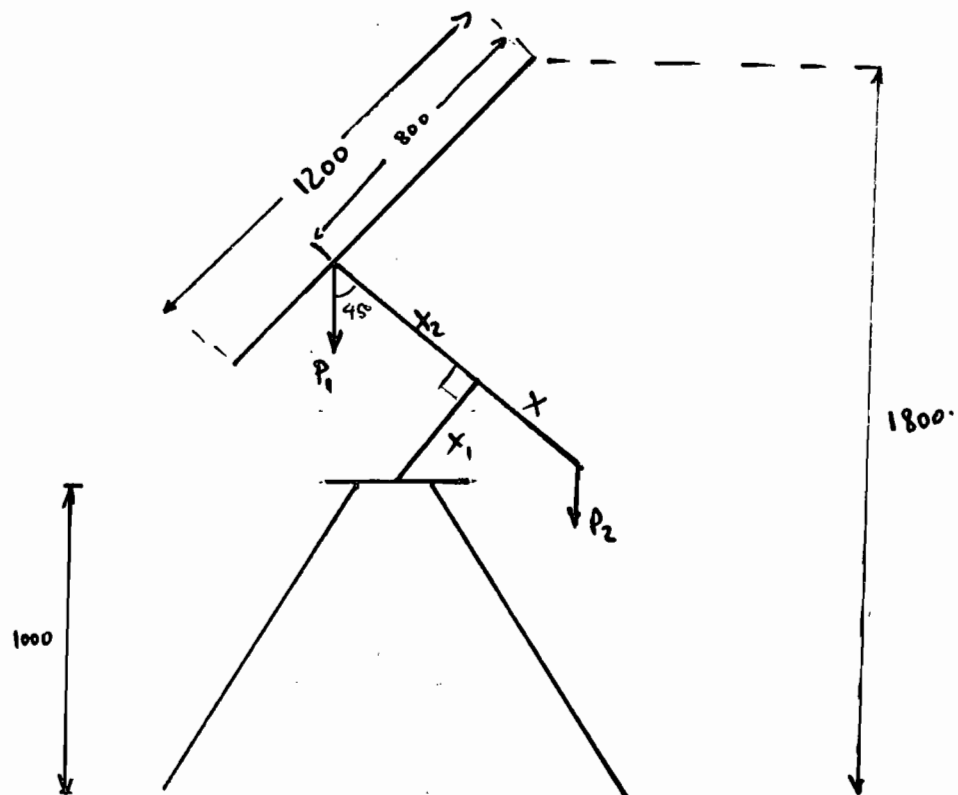
Bien que l'astronomie soit peut-être la science la plus antique, les progrès de la physique et la perspective, des voyages spatiaux contribuent à lui conférer tous les caractères d'une science jeune et active en plein essor.

Nous nous permettons, de baptiser notre télescope ainsi, construit sous le nom de "JAHSCOPE"

Annexes

DETERMINATION DES DIMENSIONS DE LA MONTURE ET DU TREPIED.

Nous avons jugé que pour des raisons de commodités le télescope ne devrait pas être en taille plus haut que l'homme de taille moyenne c'est à dire 1800mm, et qu'une hauteur de 1000mm serait raisonnable pour le trépied



$$(x_1 + x_2) \cos \frac{\pi}{4} = (1800 - 1000 - 800 \cos \frac{\pi}{4}) = 234.13$$

$$\Rightarrow x_1 + x_2 = \frac{234.13}{\cos \frac{\pi}{4}} = 331.4 \text{ mm}$$

Fixons $x_2 = 200 \text{ mm} \Rightarrow x_1 = 131.4 \text{ mm} \approx 132 \text{ mm}$

Calcul du contrepois et de son bras de levier

$$P_1 x_2 = P_2 x$$

P_1 = Poids pondéré du télescope

P_2 = Poids du contrepois

x = bras de levier du contrepois

Supposons $x = 150 \text{ mm}$

$$\Rightarrow P_2 = P_1 \frac{x_2}{x_1} = P_1 \frac{200}{150} = 1.33 P_1$$

$$P_1 = 15 \text{ kg} \times 9.81 \text{ N/kg} \times 1.5$$

= Poids du tube \times facteur de pondération

$$P_1 = 221 \text{ N} \Rightarrow P_2 = 290 \text{ N}$$

Comme le poids du système d'entraînement de l'axe horaire n'est pas à négliger nous l'incluons dans le poids du contrepois

Ainsi au poids de ce système nous ajoutons une masse de 10 kg. La masse des tubes et la masse du système d'entraînement aidant

nous pourrions ainsi balancer le tube.

Les longueurs des pieds du trépied seront déterminées par l'appréciation de l'observateur étant donné, que les pieds sont coulissants.

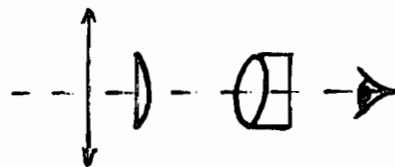
CHOIX DES OCULAIRES

Voici quelques caractéristiques pour différents oculaires

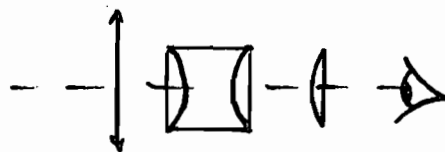
HUYGENS : Deux éléments de lentilles, Champ de vue 25° à 40°



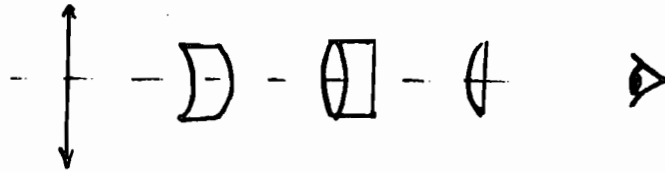
KELLNER : Les plus populaires, d'usage général, aplanétique. Trois éléments, angle de vue 40° à 50°



ORTHOSCOPIQUE : Excellent correcteur de couleur, meilleur pour le grossissement, minimise l'astigmatisme et le coma du champ, angle de vue environ 45°



ERFLE : Grand angulaire, meilleure définition de champ

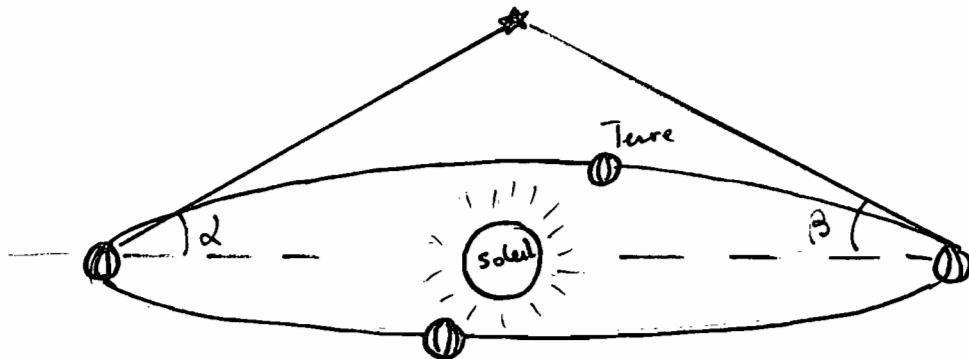


sur toute la largeur, meilleur à faible grossissement, grand confort de vision, angle de vue 60° à 70°

BARLOW : Il s'agit d'une lentille qui, ajoutée à l'oculaire, en double ou triple la puissance de grossissement. Le Barlow se trouve à allonger la distance focale du télescope

PLOSSLS : quatre éléments réunis en deux doublets
- qualité supérieure, allie la précision de l'orthoscopique et le grand angle, bonne résolution sur toute la surface
Angle de vue d'environ 50°

DETERMINATION DE LA DISTANCE ENTRE LA TERRE ET UNE ETOILE



— Supposons, que l'on veuille connaître lors d'une observation, d'une étoile, la distance Terre-étoile. Il faudra procéder comme suit;

- 1) Noter l'angle α sous lequel l'étoile est vue et la date exacte, de l'observation (mois, jour, heure, etc)
- 2) Six (6) mois, après (pour cela il faut se baser sur le calendrier sidéral) refaire la même observation et noter à nouveau l'angle β de vue.

Ainsi le problème se ramène à un simple calcul géométrique :

En 6 mois, la Terre passe sur son orbite, à une position diamétralement opposée. Connaissant les dimensions, de l'orbite de la Terre, le problème revient à trouver les longueurs, des deux côtés, d'un triangle connaissant deux angles et un côté

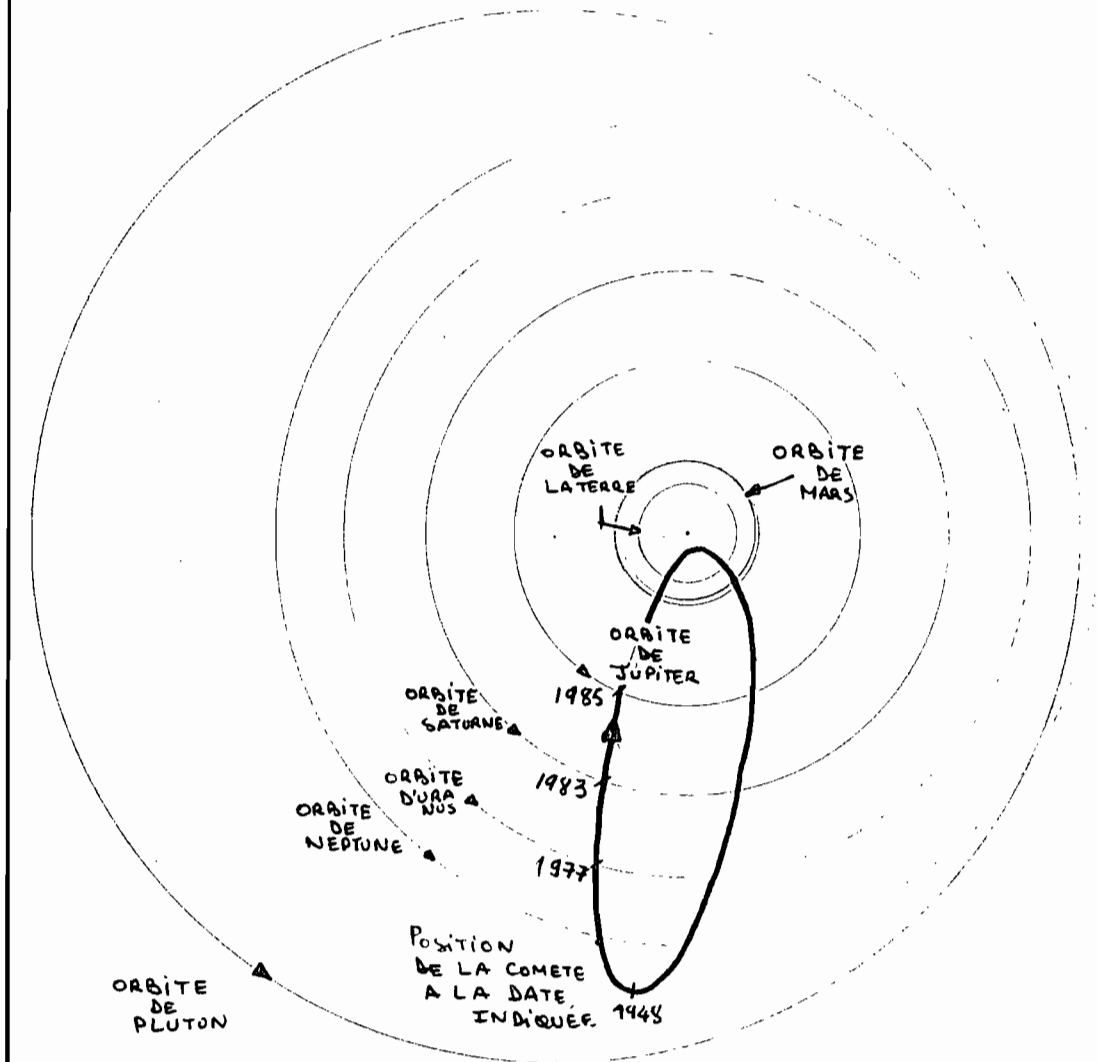
POSITIONNEMENT DE L'AXE DE DECLINAISON

L'axe de déclinaison nous permet de maintenir le parallélisme entre l'axe horaire du Telescope et l'axe de rotation de la Terre.

Ainsi suivant la latitude du lieu où l'on est l'orientation change. Pour l'observation il faut orienter l'axe de déclinaison vers le nord sous un angle égal à $(\frac{\pi}{2} - \alpha)$, α étant la latitude du lieu d'observation.

Ici à Thies, nous sommes, à 15° latitude Nord, il nous faudra donc prendre un angle de déclinaison de 75° .

La trajectoire orbitale de la comete de Halley



BIBLIOGRAPHIE

- Mon télescope et mon observatoire ... Pourquoi pas ?

Pierre Bourge - Jean-Marc Becker.

- How to make a telescope - Jean Tekereau

- L'optique astronomique - Collection Que sais-je ? J. Terrien

- Les Radiotélescopes - Collection Que sais-je ? E. Jacques Dum.

- L'astronomie sans télescope - collection que sais-je ? P. Rousseau

- Science & Vie N°s 676 - 754 - 808 - 819

- La construction d'un télescope d'amateur R. GAGNON

- ASTRONOMY N° 2 (Vol 14)

- Sky And Telescope N° 6 (Vol 70)

- FONDAMENTS DE LA PHYSIQUE collection A. CROS

- Handbook of Chemistry and Physics 53rd EDITION CRC PRESS