

LUNETTE ASTRONOMIQUE

PLAN

- Rappels théoriques {
- 1°) But et principe
 - 2°) Marche des rayons - Images
 - 3°) Grossissement
 - 4°) Clarté
 - 5°) Aberrations
- Réalisation pratique {
- 6°) Construction d'une lunette astronomique simple à réaliser soi-même
 - 7°) Remarques et conclusions

1°) BUT ET PRINCIPE DE LA LUNETTE

* But: observation d'objets éloignés

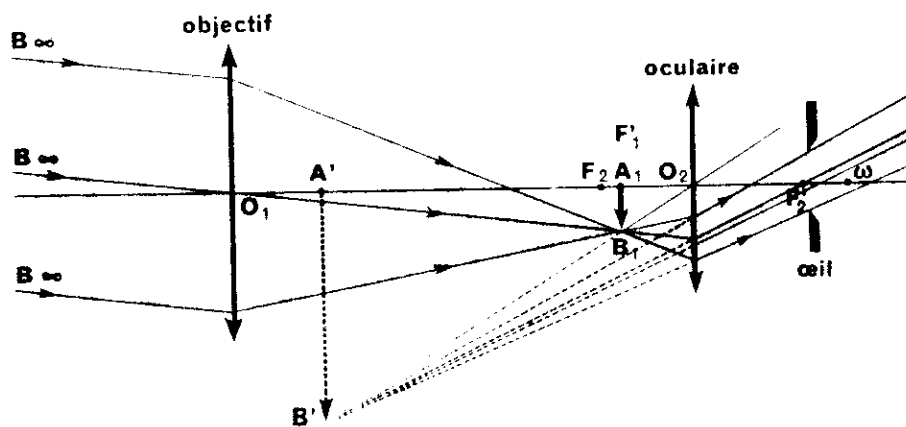
* Principe: - un objectif, système convergent de grande distance focale (de 1m pour les lunettes d'amateur jusqu'à 10 ou 20 m pour les lunettes d'observatoire) donne d'un objet très éloigné une image réelle dans son plan focal image.

- un oculaire, système convergent de faible distance focale (quelques cm) permet d'observer l'image formée par l'objectif.

2°) MARCHE DES RAYONS - IMAGES

On assimile objectif et oculaire à des lentilles minces.

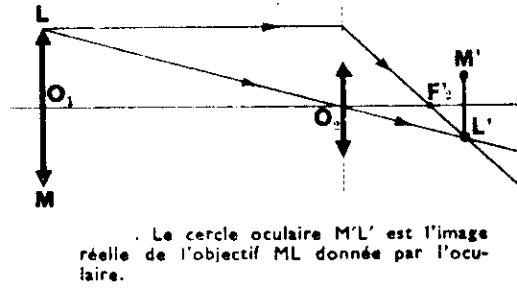
a) Marche des rayons:



Marche des rayons lumineux dans la lunette astronomique.

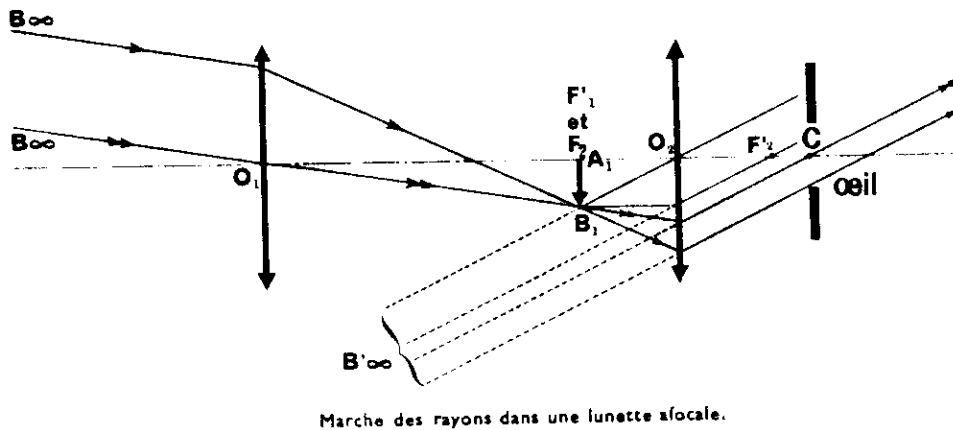
b) Cercle oculaire:

A leur sortie de l'oculaire, tous les rayons passent à l'intérieur du cercle oculaire image de l'objectif à travers l'oculaire. C'est là que l'observateur place la pupille d'entrée de son oeil pour se mettre dans les meilleures conditions.



c) Lunette afocale:

Pour les observations de longue durée, l'observateur place A'B' à son punctum remotum. L'oeil normal rejette donc A'B' à l'infini. La lunette astronomique forme alors un système afocal.



3°) GROSSISSEMENT

a) Définition:

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

α' → diamètre apparent de l'image A'B'
 α → diamètre apparent de l'objet AB

définition sans intérêt pour les objets sans diamètre apparent sensible (étoiles)

b) Calcul:

$$G = F_1' \times p_2$$

F_1' → puissance de l'oculaire
 p_2 → distance focale de l'objectif

Dans le cas particulier où la lunette est afocale, on obtient le grossissement intrinsèque G_i .

$$G_i = \frac{F'_1}{f'_2} \begin{array}{l} \longrightarrow \text{distance focale de l'objectif} \\ \longrightarrow \text{distance focale de l'oculaire} \end{array}$$

c) Pouvoir séparateur théorique. Grossissement optimum.

Le pouvoir séparateur est mesuré par la distance angulaire minimale de deux étoiles dont l'instrument donne deux images distinctes. Des calculs montrent qu'il est indispensable que la pupille de sortie (cercle oculaire) ait un diamètre de l'ordre de 0,5 mm pour que l'on atteigne le pouvoir séparateur théorique défini par la diffraction. On définit ainsi un grossissement optimum G_0 de l'instrument:

$$G_0 = \frac{\Omega \text{ mm}}{0,5} \longrightarrow \text{diamètre de l'objectif}$$

Le pouvoir séparateur ε est alors: $\varepsilon = \frac{1,22 \lambda}{\Omega}$ exprimé en radian.

Pour que le pouvoir séparateur soit faible, il faut utiliser des objectifs de grand diamètre.

4°) CLARTE

C'est une des qualités fondamentales de la lunette astronomique.

a) Cas des étoiles:

$$C' = \frac{\Phi'}{\Phi} \begin{array}{l} \nearrow \text{flux lumineux entrant dans l'oeil armé de la lunette} \\ \searrow \text{flux lumineux entrant dans l'oeil nu} \end{array}$$

On suppose que l'anneau oculaire a un rayon inférieur au rayon de la pupille de l'oeil. Le calcul montre que:

$$C' = \tau G_n^2$$

où τ est le facteur de transmission de l'instrument

G_n est le grossissement normal ou équipupillaire obtenu quand le rayon de l'anneau oculaire est égal à celui de la pupille de l'oeil.

b) Cas des objets à diamètre apparent (planètes, fond du ciel...):

$$C = \frac{E'}{E} = \text{rapport des éclaircissements des images rétiniennes de l'objet examiné à travers l'instrument et à l'oeil nu.}$$

Les calculs aboutissent au résultat:

$$C = \tau (\rho'/a)^2 \quad \text{où } \rho' = \text{rayon du cercle oculaire}$$

$$a = \text{rayon de la pupille de l'oeil}$$

Examinons une étoile avec une lunette:

pour le fond du ciel $C \leq \tau$

pour l'étoile $C' = \tau G_n^2$ est très grand

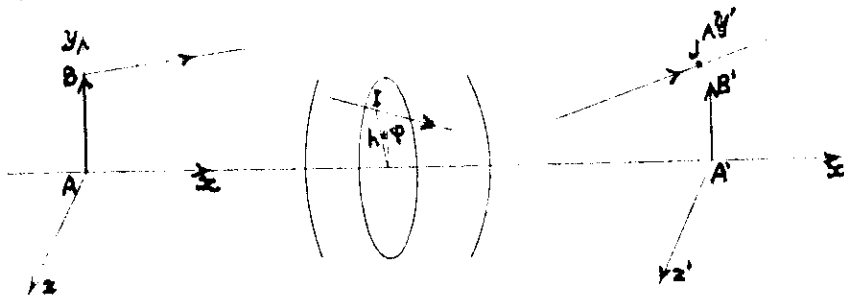
Donc l'étoile semble plus brillante qu'à l'oeil nu: elle se détache beaucoup mieux sur le fond du ciel.

5°) ABERRATIONS

Si l'instrument optique était parfait, il donnerait d'un point objet B une image ponctuelle B'. En fait, on observe un certain nombre de défauts que l'on va classer et essayer de minimiser.

a) Aberrations géométriques:

Système optique centré de révolution autour de xx'



diaphragme d'ouverture

AB : objet perpendiculaire à l'axe $\overline{AB} = y$

A'B' : image idéale de AB obtenue dans les conditions de Gauss (tous les rayons lumineux peu inclinés sur l'axe du système) $\overline{A'B'} = y'$

Considérons un rayon issu de B en dehors des conditions de Gauss. En sortant du système, il coupe le plan $y'A'z'$ en J.

$$B'J = \text{aberration transversale} \quad \begin{cases} dy' \\ dz' \end{cases}$$

Soit I le point où le rayon étudié a percé le diaphragme d'ouverture ($h = HI$)
 Les composantes dy' et dz' peuvent être calculées en fonction de y' et h . Ce sont des fonctions impaires. Les termes de degré 1 sont nuls. Les termes de degré 3 constituent les aberrations dites du troisième ordre et chacune porte un nom.

- le terme en h^3 caractérise l'aberration sphérique
- " " $h^2 y'$ " la coma
- " " $h y'^2$ " l'astigmatisme ou la courbure de champ
- " " y'^3 " la distorsion

Pour réduire ces aberrations, on a intérêt à réduire h , donc à travailler avec la seule région centrale de l'objectif de la lunette astronomique.

b) Aberrations chromatiques:

On va étudier l'effet de la dispersion des verres sur la position et la grandeur des images. Pour étudier les verres, on utilise fréquemment les radiations:

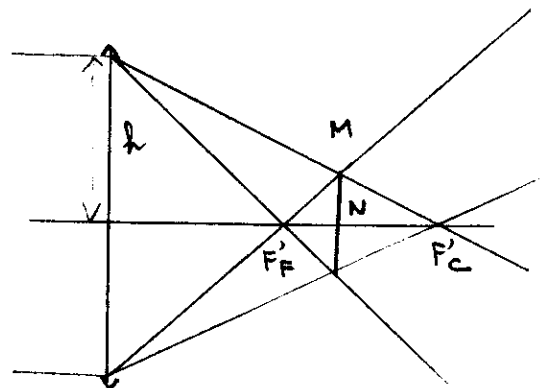
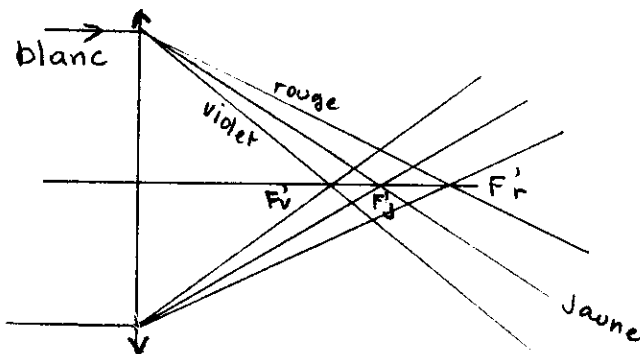
C	$\lambda = 0,656 \mu\text{m}$	rouge dans le spectre hydrogène
D	$\lambda = 0,589 \mu\text{m}$	jaune dans le spectre sodium
F	$\lambda = 0,486 \mu\text{m}$	bleu-vert dans le spectre hydrogène

On appelle pouvoir dispersif d'un verre:

$$\frac{1}{\nu} = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

Examinons le cas très simple de la lentille mince formant l'image d'un point objet à l'infini sur l'axe.

Il y a sur l'axe une dispersion des foyers: F'_V foyer violet
 F'_r foyer rouge
 F'_j foyer jaune



* $F'_C F'_V$ = aberration chromatique longitudinale principale = $-\frac{f'}{\nu}$

Cette aberration est indépendante du diamètre d'ouverture de la lentille

* NM = aberration chromatique transversale principale = $\frac{h}{2\nu}$

Pour réduire ce défaut il faut réduire le rayon d'ouverture h de la lentille.

6°) CONSTRUCTION D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE SIMPLE A REALISER SOI-MEME.

Voir la notice ci-jointe.

Nous venons de voir que, pour la construction d'une lunette, il faut établir des compromis. En effet, un objectif de grande ouverture présente un bon pouvoir séparateur et une grande clarté mais donne de fortes aberrations géométriques et chromatiques. Nous devons, de plus, tenir compte d'un facteur important: le prix de revient.

Nous avons construit, pour 70 francs tout compris, une lunette simple. Le matériel fourni comporte:

- * un objectif simple
- * un oculaire
- * deux tubes de carton coulissant l'un dans l'autre
- * du bois pour la monture.

Si on possède un pied photo, la construction est très rapide. Sinon, on s'attaque, scie en main, à la construction de la monture azimuthale.

La notice est claire, et nous sommes soutenus par les conseils de Christian Canard durant tout l'atelier. Nous avons même, pour éviter les temps morts, réinventé le travail à la chaîne pour la fabrication de la monture.

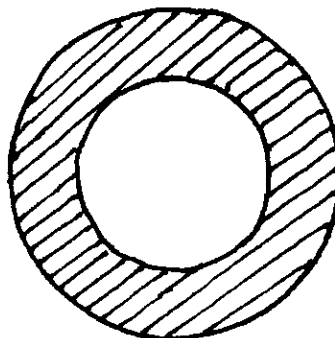
7°) REMARQUES ET CONCLUSIONS

- On peut observer, au bout d'un certain temps d'utilisation, un glissement des tubes de carton au cours de l'observation. Ce petit défaut peut facilement être corrigé en plaçant du scotch à l'intérieur du tube externe.

- Les images à pleine ouverture de l'objectif présentent de fortes aberrations géométriques et chromatiques. On peut les réduire très notablement en découpant des diaphragmes circulaires dans du contreplaqué. Ces diaphragmes sont posés sur l'objectif.

Plus le diamètre du cercle intérieur est petit, plus l'image est nette, mais évidemment elle perd en luminosité.

Les résultats semblent toutefois meilleurs pour des objets étendus (observations terrestres, planètes) que pour des objets ponctuels (étoiles).



Depuis la correction de ces aberrations, il ne m'a pas été possible de faire d'observations de Saturne ou de Jupiter. J'attends leur réapparition pour les admirer. J'ai, par contre, pu facilement observer les cratères de la Lune.

Je pense qu'il serait souhaitable d'observer avec cette lunette avant d'en entreprendre la construction. Il ne faut pas s'attendre à obtenir des performances comparables à celles des "gros" instruments.

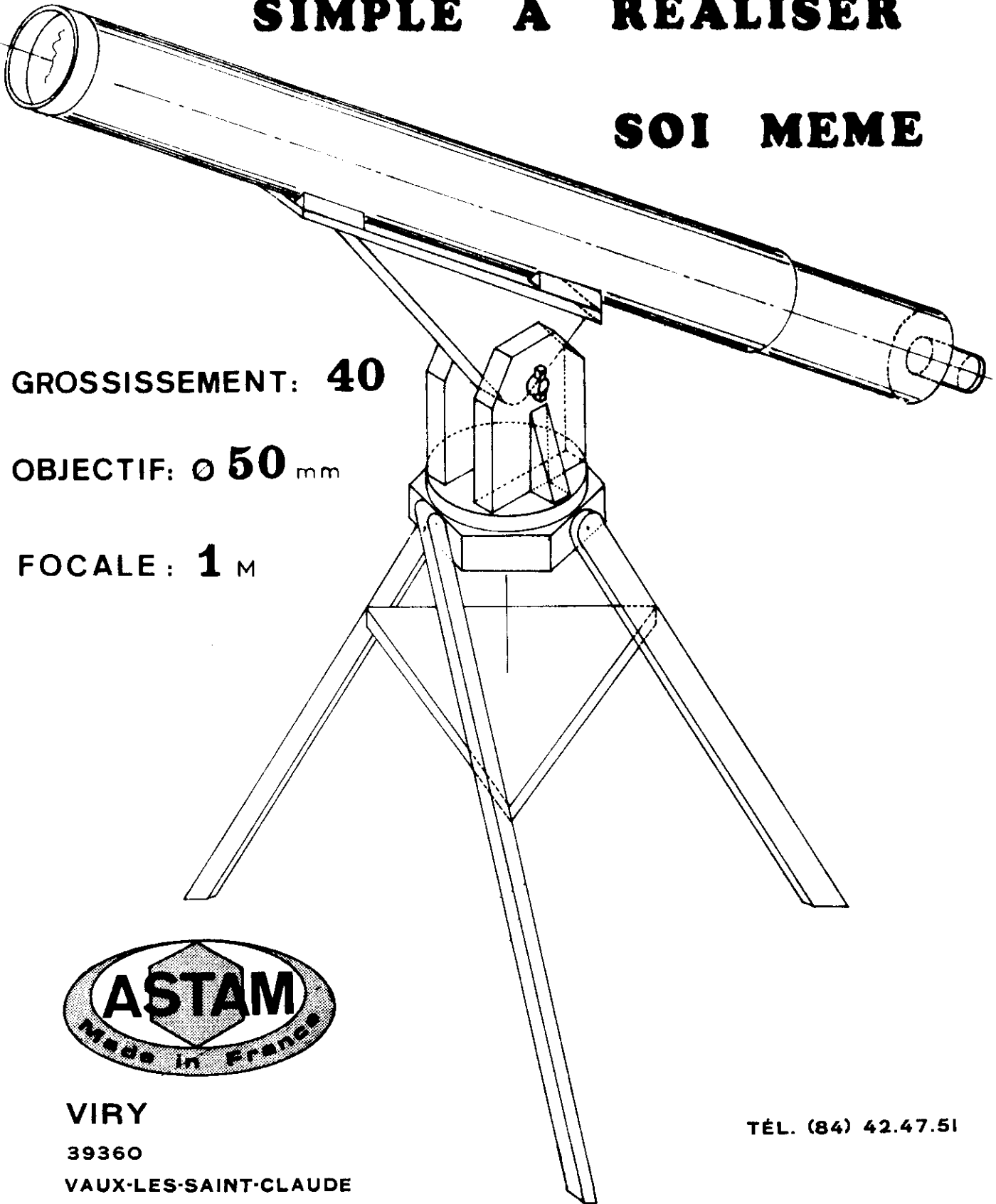
Pour conclure, je dirais que le rapport qualité-prix de l'instrument est bon et que sa construction donne envie d'aller plus loin dans l'observation astronomique.

Annick TREBERN-ETIENNE

LUNETTE ASTRONOMIQUE

SIMPLE A REALISER

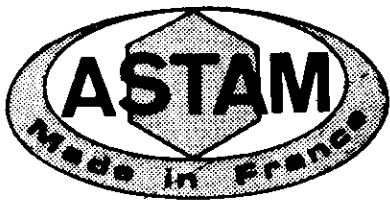
SOI MEME



GROSSISSEMENT: **40**

OBJECTIF: Ø **50** mm

FOCALE: **1** M



VIRY

39360

VAUX-LES-SAINT-CLAUDE

TÉL. (84) 42.47.51

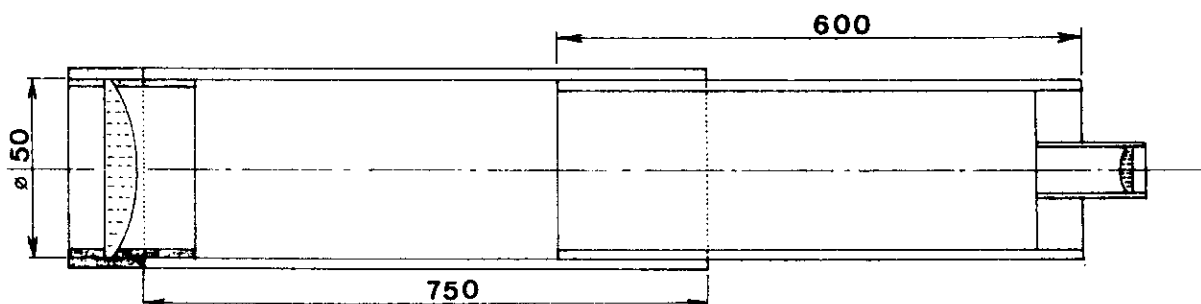
I LA MONTURE

Pièces en contre plaqué à découper suivant le plan ci-contre, mesures en millimètres.

- Marche à suivre pour le montage:

- a) Coller 1, 2 et 3.
- b) Coller 4 (les deux pièces) sur 7.
Veiller à ce que l'écartement soit symétrique et soit de la même épaisseur que 3.
- c) Coller 5 sur 7 et 4, puis 8 dessous 7.
- d) Visser trois tiges filetées $\varnothing 8$ dans la base 9, de façon qu'il en reste 30 à 35 mm à l'extérieur.
(Percer un avant trou $\varnothing 7,5$, puis visser et coller)
- e) Monter l'ensemble 4,5,7,8, sur 9.
8 doit tourner facilement mais sans trop de jeu dans le trou $\varnothing 60$ de 9. Coller ou visser 12 sous 8 en rajoutant au besoin des rondelles de papier entre 8 et 12 de façon à laisser une libre rotation de l'ensemble dans 9.
- f) Monter les trois pieds 11.
- g) Pour augmenter la stabilité et la rigidité de l'ensemble, fixer le triangle 13 avec des vis à bois.
Ajuster au mieux ce triangle en limant partiellement les angles afin de l'adapter au mieux entre les trois pieds. Procéder par tâtonnements.

II LA LUNETTE



- La focale de l'objectif est de 1 m, et celle de l'oculaire de 25 mm les deux lentilles sont donc distante de 1025 mm.
- La fixation de la lunette sur la monture est effectuée à l'aide de gros élastiques enserrant le tube de longueur 750 mm et les pièces repérées 1 et 2.

QUE PEUT ON OBSERVER AVEC CETTE LUNETTE ?

- La Lune et ses cratères.
- Les planètes: Vénus et ses phases, Jupiter et ses satellites, Saturne avec son anneau.
- Des étoiles doubles et multiples.
- Objets divers: M 42, M 31, M 13,..... (voir une carte).
- Le Soleil et ses taches. ATTENTION: ne jamais observer le Soleil directement. Procéder par projection, mettre un écran blanc (feuille de carton blanc) à environ 10 cm derrière l'oculaire, le Soleil se projet~~era~~ dessus.

UTILISATION DE LA LUNETTE

- Cette lunette est à monture dite monture azimutale: un axe vertical $y y'$ et un axe horizontal $x x'$.
Ces deux axes doivent tourner librement avec un léger frottement. La mise au point de l'oculaire se fait en poussant ou en tirant le petit tube en carton.
Pour reperer plus facilement l'objet à observer, viser en gardant les deux yeux ouvert.

CONCLUSION

- Cette lunette très simple et très facile à réaliser, ne donne pas des images de bonne qualité en raison du non achromatisme de l'objectif; mais cette lunette aura une grande valeur pédagogique pour les enseignants , animateurs de clubs, moniteurs de camp de vacances.

Miroirs paraboliques de Télescope.

Abrasifs et produits à polir.

Disques bruts.

Tubes pour Télescopes, etc...

Documentation sur demande.



Vous venez de rater, d'un rien,
la comète qui ne passe que tous les

143 ans

