

TP 5 LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

- Une lunette astronomique sert à observer les astres (planètes, étoiles, objet du ciel profond). Ces objets sont très éloignés et sont alors considérés comme situés à l'infini.

I. Principe

Dans une lunette astronomique, on regarde à la loupe (oculaire) l'image formée par une lentille convergente (objectif) d'un objet très éloigné.

- Une lunette astronomique se présente comme un tube possédant deux systèmes optiques constitués par des ensembles de lentilles

- *L'objectif* : système convergent de grande distance focale (pouvant atteindre 20 m dans les lunettes d'observatoire).

- *L'oculaire joue le rôle de loupe*. C'est une lentille de petite focale (distance focale de l'ordre du cm).

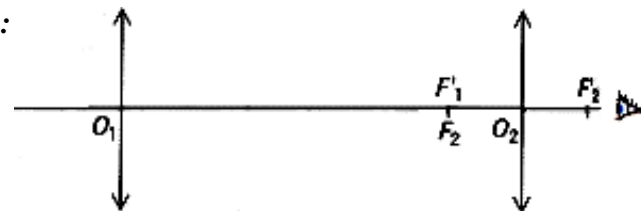
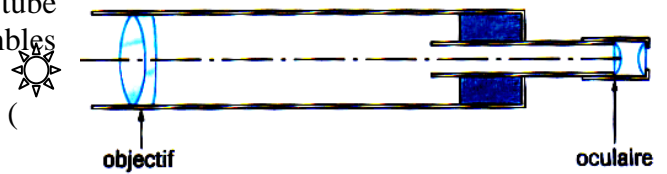
* Lunette de l'observatoire de Meudon : focale de l'objectif : 16,2 m - diamètre de l'objectif: 83 cm

* Lunette de l'observatoire Yerkes près de Chicago, la plus grande lunette jamais construite :
focale de l'objectif : 21 m - diamètre de l'objectif : 102 cm

* Lunette vendue dans le commerce: focale de l'objectif : 800 mm - diamètre de l'objectif: 60 mm -
focale de l'oculaire: 6 mm

- *Nous limiterons notre étude au cas de la lunette afocale :*
Dans ce cas, le foyer principal image de l'objectif et le foyer principal objet de l'oculaire sont confondus.

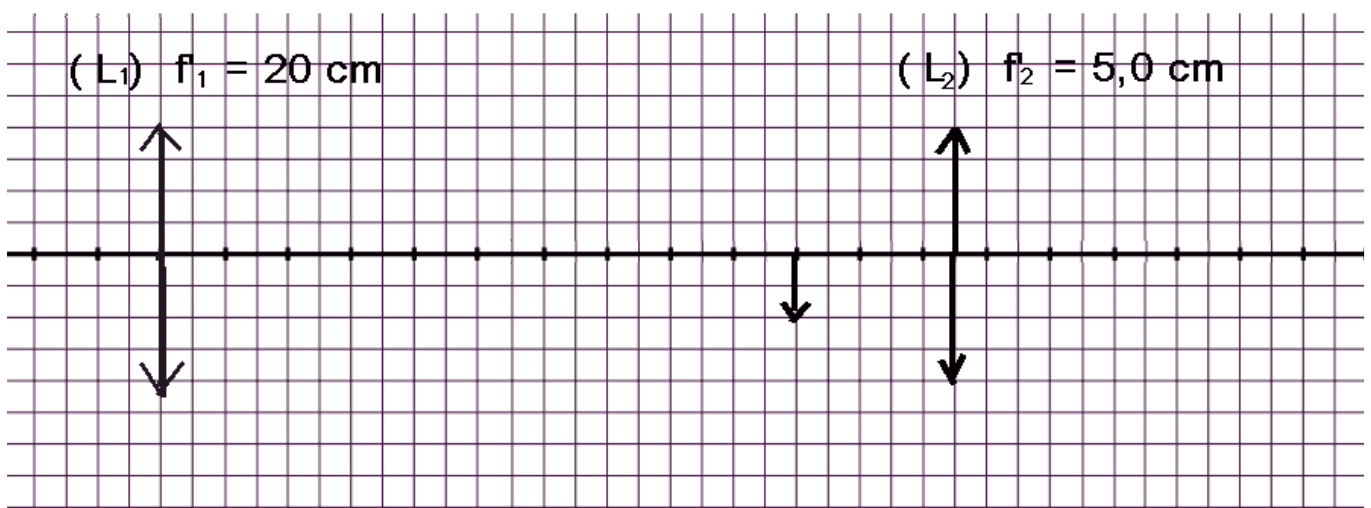
Dans une lunette astronomique, l'œil observe sans fatigue. L'image qu'il voit doit se former à l'infini.

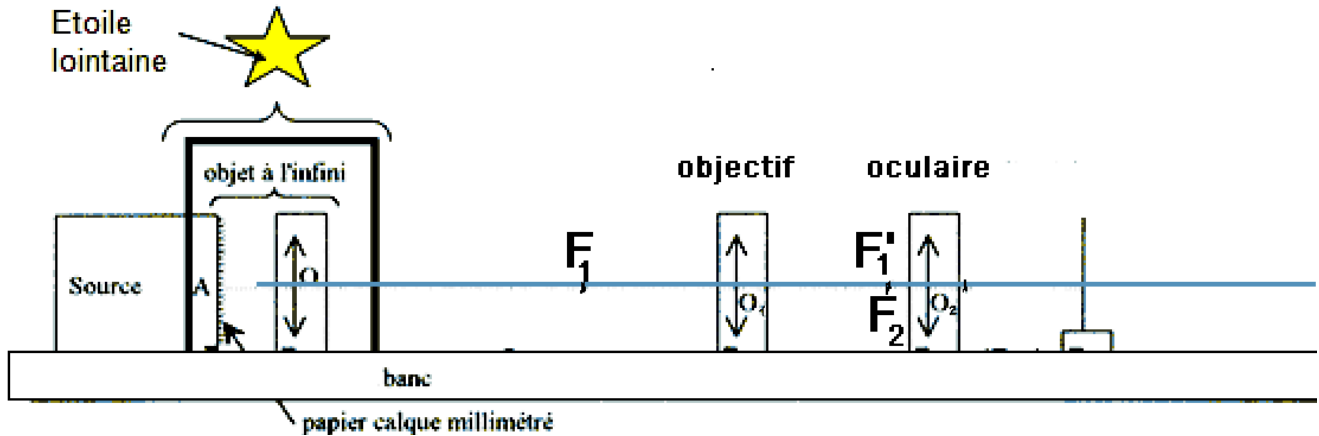


II. Découverte d'une lunette astronomique

Tracé des rayons :

- 1) A quelle distance de l'observateur se situent les objets AB que l'on regarde dans une lunette astronomique ?
 - 2) En conséquence, dans quel plan particulier de l'objectif, leur image A_1B_1 , se forme-t-elle ? Indiquer si cette image est réelle ou virtuelle ? Droite ou renversée ?
 - 3) Pour éviter la fatigue, il est souhaitable que l'œil de l'observateur n'accomode pas : dans quel plan particulier de l'oculaire faut-il que A_1B_1 , se forme pour qu'il en soit ainsi ?
 - 4) Dans ces conditions, quelles sont les positions relatives du plan focal image de l'objectif et du plan focal objet de l'oculaire ?
 - 5) En tenant compte des réponses aux questions précédentes, des données et des échelles, placer l'oculaire sur le schéma ci-dessous et tracer la marche du faisceau incident passant par le centre optique O_1 de l'objectif à travers de la lunette. Indiquer la « direction » des points A, B, A' et B' sur le schéma
- **Données** : $f'_{\text{objectif}} = 20,0 \text{ cm}$ et $f'_{\text{oculaire}} = 5,0 \text{ cm}$; $A_1B_1 = 1,0 \text{ cm}$;
échelle horizontale : 1 cm pour 2 cm réels (échelle au $\frac{1}{2}$) ; échelle verticale : 1cm pour 1cm



III. Réalisation sur un banc d'optique d'une lunette afocale

- Une lunette est dite afocale lorsque celle-ci donne d'un objet situé à l'infini une image également située à l'infini. Le foyer principal image de l'objectif doit coïncider avec le foyer principal objet de l'oculaire.
- Une lentille auxiliaire L_0 de vergence $C_0 = + 8 \delta$ ($f'_0 = 12,5 \text{ cm}$) sera placée de façon à faire une image rejetée à l'infini. C'est une image (servant alors d'objet) qui sera observée par la lunette.
- La lunette est constituée :
 - D'une lentille L_1 de vergence $C_1 = + 5 \delta$ qui servira d'objectif. Cette lentille sera placée juste après la lentille auxiliaire.
 - D'une lentille L_2 de vergence $C_2 = + 20 \delta$ qui servira d'oculaire.

- 1) Calculer les distances focales associées à L_1 et L_2 .
- 2) Quelle doit être la distance D entre les 2 lentilles pour que la lunette soit afocale ?
- 3) Observer l'image intermédiaire A_1B_1 sur un écran. Quelle est sa nature ?
- 4) Observer l'image finale $A'B'$. Quelle est sa nature ?

Appel du professeur pour vérification

- 5) Quel est le rôle de l'objectif ? De l'oculaire ?

IV. Grossissement d'une lunette

- 1) Sur le schéma, placer l'angle α' sous lequel l'œil voit l'image $A'B'$ de l'objet à travers la lunette.
 - 2) Sur le schéma, placer l'angle α sous lequel l'œil voit directement AB (vision à l'œil nu).
- Remarque : Vue depuis la terre, par exemple, la lune a un diamètre apparent moyen de $9,0 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$
- 3) Ecrire l'expression définissant le grossissement G de la lunette astronomique.
 - 4) Exprimer le grossissement G de la lunette afocale en fonction de la distance focale f_1 de l'objectif et de la distance focale f_2 de l'oculaire. **Données** : Les angles sont petits donc $\tan \alpha \approx \alpha$ et $\tan \alpha' \approx \alpha'$.

Appel du professeur pour vérification

- 5) A partir de cette dernière relation, justifier clairement le fait que dans une lunette astronomique, l'objectif soit très peu convergent alors que l'oculaire est très convergent.

6) Calculer le grossissement de la lunette utilisée précédemment.

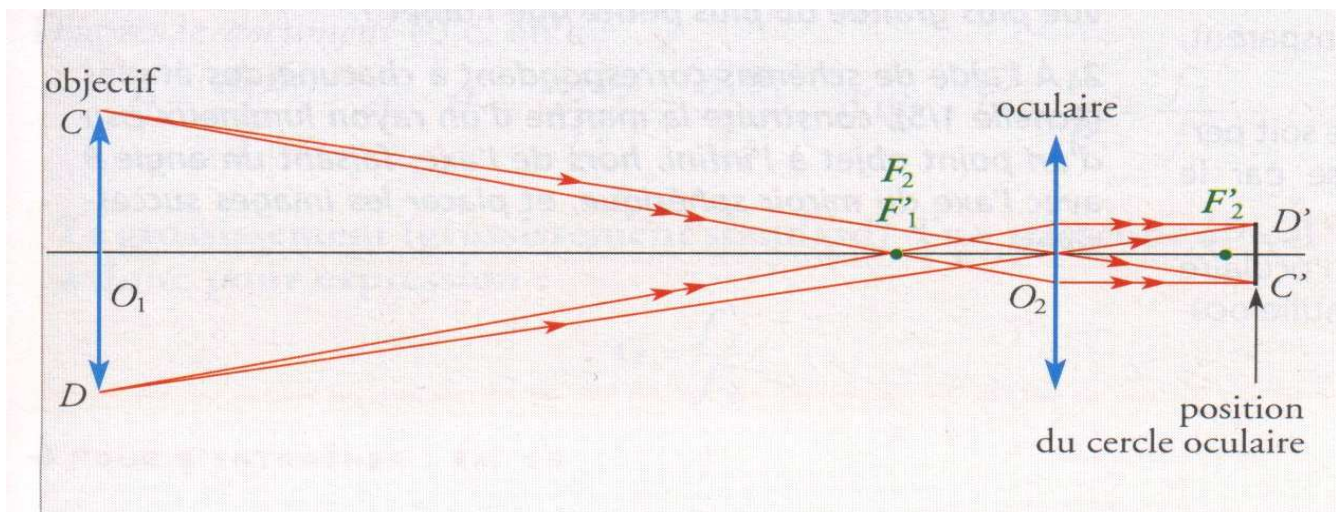
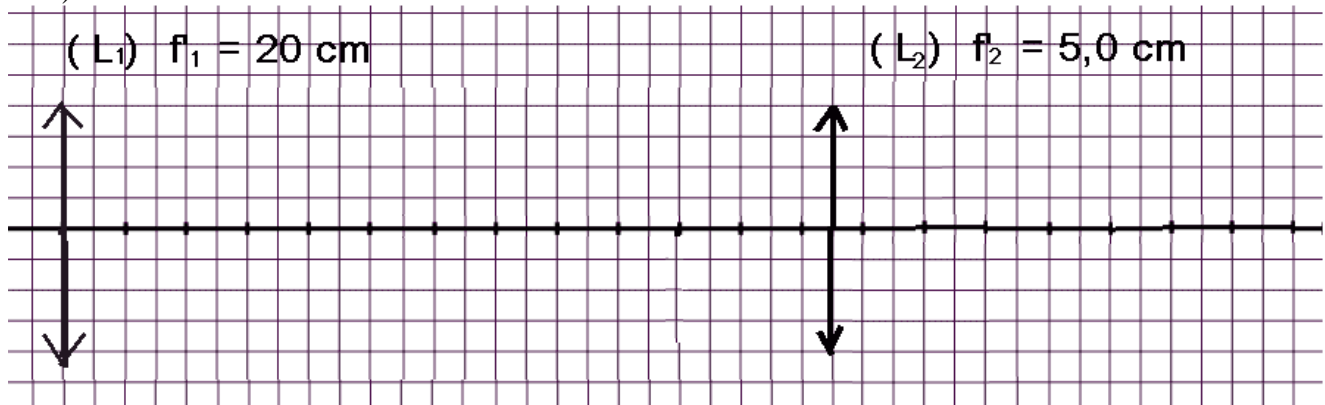
V. Cercle oculaire

a) Définition

- Par définition, on appelle cercle oculaire, l'image de l'objectif à travers l'oculaire. Soit O'_1 le centre de ce cercle.

b) Construction

7) Construire sur le schéma le cercle oculaire de cette lunette.



♣ Appel du professeur pour vérification expérimentale

8) Retrouver la position C du cercle oculaire à partir de la relation de conjugaison ainsi que le diamètre d du cercle oculaire.

c) Intérêt du Cercle oculaire

Le cercle oculaire correspond à la section la plus étroite du faisceau qui sort de la lunette.

C'est à cet endroit qu'il faut placer la pupille de l'œil pour recevoir le maximum de lumière provenant de l'objet.

Le diamètre de la pupille de l'observateur est généralement supérieur au diamètre du cercle oculaire: en plaçant son œil

VI. Quelles sont les qualités essentielles que l'on attend d'une lunette astronomique ?

- Une lunette astronomique est conçue pour observer les astres. Ils ne sont guère lumineux. Il faut donc que la lunette recueille le maximum de lumière. Plus le diamètre de l'objectif est grand, plus il recueille de lumière.
- Une lunette permet d'observer les détails d'un astre.
- La deuxième qualité d'une lunette est son pouvoir séparateur. On admet qu'une lunette permet de séparer des objets dont le diamètre apparent est $\alpha > \frac{1,2 \lambda}{D_{ob}}$ (D_{ob} est le diamètre de l'objectif et λ la longueur d'onde de la lumière reçue).
- Plus le diamètre de l'objectif est grand, plus le pouvoir séparateur de la lunette est meilleur.
- La partie la plus importante de la lunette est son objectif. Mais il est difficile de fabriquer des lentilles d'objectif de diamètre important, sans imperfections (bulles d'air). La plus grande des lunettes actuelles n'a un diamètre que d'environ 1 m. On préfère utiliser des télescopes constitués de miroirs.