

## Comment observer un objet lointain ?

### ✔ Objectifs

- Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents. Grossissement.
- Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergents ; identifier l'objectif et l'oculaire.
- Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.
- Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement.
- Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.

### 👤 Classe

Terminale Spé

### 🕒 Durée

2 h

### 🔧 Sur la paillasse

- Deux bancs optiques gradués en millimètre,
- Une source de lumière et son alimentation (générateur réglé sur 12V),
- Un objet (lettre F) obstruée par du papier calque,
- Un écran avec feuille de papier millimétré,
- Trois lentilles de vergences  $10\delta$ ,  $5\delta$  et  $20\delta$ .

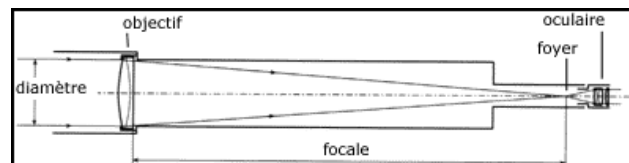
Ce TP a pour objectif d'étudier un système optique composé de deux lentilles, à avoir la lunette astronomique. Nous mettrons ici en œuvre la construction d'une telle lunette, afin d'agrandir la taille d'un objet à l'infini.

### 📄 Document 1: Rappels des relations d'intérêt

- Définition de la vergence :  $C = \frac{1}{f'}$
- Relation de conjugaison :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$

### 📄 Document 2: La lunette astronomique

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 centimètre).

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.

### 📄 Document 3: Modélisation d'un objet à l'infini

Pour modéliser un objet à l'infini, il y a deux possibilités :

- Viser un objet lointain par la fenêtre (méthode limitée dans notre cas par la situation de la salle).
- Placer l'objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente pour obtenir une image à l'infini qui joue le rôle d'objet pour la lunette astronomique.

**Document 4: Montage expérimental**

- 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  $C_0 = 10\delta$  sera placée de façon à faire une image rejetée à l'infini. C'est cette image (servant alors d'objet) qui sera observée par la lunette.
- Une lentille  $\mathcal{L}_1$  de vergence  $C_1 = 5,0\delta$ .
- Une lentille  $\mathcal{L}_2$  de vergence  $C_2 = 20\delta$ .
- Tracés - échelle horizontale : 1 cm pour 2 cm réels (échelle au 1/2) ; échelle verticale : 1 cm pour 1 cm.

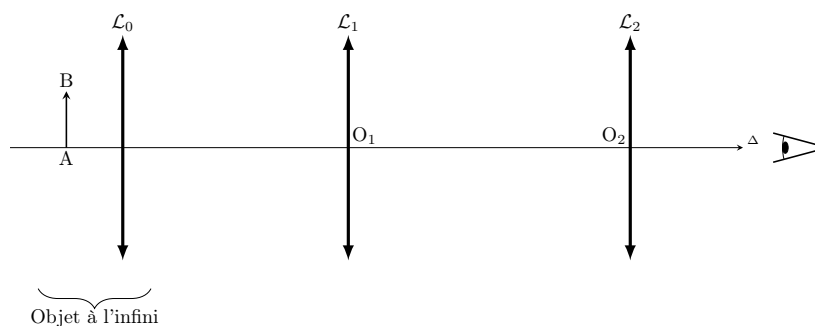


FIGURE 1 – Montage expérimental de la lunette astronomique.

## 1 Découverte de la lunette astronomique

1. Calculer les distances focales associées à  $L_0$ ,  $L_1$  et  $L_2$ .

.....  
 .....  
 .....

2. À quelle distance de l'observateur se situent les objets AB que l'on regarde dans une lunette astronomique ?

.....  
 .....



- Créer l'objet à l'infini grâce au matériel mis à disposition. Pour vérifier que l'objet est bien à l'infini, obtenir une image **nette** sur un mur lointain.
- Placer les lentilles convergentes  $L_1$  et  $L_2$  comme sur le schéma. Régler la distance entre les deux lentilles pour observer une image nette à l'œil nu en regardant à travers le dispositif. On pourra diminuer la tension appliquée à la lampe pour diminuer l'intensité lumineuse.
- Inverser la position de  $L_1$  et  $L_2$ . Observer à nouveau l'image obtenue à l'œil nu.

3. Quelle lentille doit être utilisée comme objectif ? Quelle lentille doit être utilisée comme oculaire ?

.....  
 .....

4. Où se situe l'image  $A'B'$  donnée par la lunette ?



- Placer les lentilles dans le bon ordre et mesurer la distance  $\overline{O_1O_2}$ .
- Déplacer l'ensemble  $L_1L_2$  et observer l'image obtenue à l'œil nu.

5. Noter la distance  $\overline{O_1O_2}$ . La position de la lunette sur le banc optique a-t-elle une importance ?

.....

.....

6. Quelle doit être la distance  $\overline{O_1O_2}$  entre les 2 lentilles pour que la lunette soit afocale ?

.....

.....

.....



- Placer un écran entre l'objectif et l'oculaire pour observer l'image intermédiaire  $A_1B_1$ .

7. Si l'objet est situé à l'infini, 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 ?

.....

.....

.....

8. Pour éviter la fatigue, il est souhaitable que l'œil de l'observateur n'accommode pas : dans quel plan particulier de l'oculaire faut-il que  $A_1B_1$ , se forme pour qu'il en soit ainsi ?

.....

.....

.....

9. Dans ces conditions, quelles sont les positions relatives du plan focal image de l'objectif et du plan focal objet de l'oculaire ?

.....

.....

.....

10. Voir annexe.

11. Observer l'image finale  $A'B'$ . Quelle est sa nature ?

.....

.....

.....

12. Quel est le rôle de l'objectif ? De l'oculaire ?

.....  
 .....  
 .....

## 2 Grossissement d'une lunette

En classe de première, vous avez défini le grandissement d'une lentille. Cette caractéristique n'est pas toujours la plus appropriée pour décrire un système optique. Ici nous n'avons pas accès aux tailles de l'objet (à l'infini) et de l'image (à l'infini) ni aux positions de ceux-ci.

### Document 5: Grossissement d'une lunette

Le grossissement  $G$  d'une lunette astronomique est une grandeur sans unité liée aux angles sous lesquels on observe l'objet à l'œil nu et son image à travers l'instrument. Il est défini par :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \tag{1}$$

avec

- $G$  le grossissement (sans unité) ;
- $\theta$  angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu en  $^\circ$  ;
- $\theta'$  angle sous lequel est vu l'image à travers la lunette astronomique en  $^\circ$ .

### Document 6: Exemples de lunettes astronomiques

	Focale de l'objectif	Diamètre de l'objectif	Focale de l'oculaire
Lunette de l'observatoire de Meudon	16,16 m	83 cm	4,0 cm
Lunette de l'observatoire Yerkes près de Chicago, la plus grande lunette jamais construite	19 m	102 cm	10 cm
Lunette vendue dans le commerce	800 mm	60 mm	6 mm

13. Sur le schéma, placer l'angle  $\alpha$  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  $9,0 \times 10^{-3}$  rad.
14. Sur le schéma de l'annexe, placer l'angle  $\alpha'$  sous lequel l'œil voit l'image  $A'B'$  de l'objet à travers la lunette.
15. Montrer, en appliquant les relations trigonométriques et en utilisant l'approximation des petits angles (les angles sont petits donc  $\tan(\alpha) \approx \alpha$  et  $\tan(\alpha') \approx \alpha'$ ), que le grossissement  $G$  de la lunette afocale s'exprime en fonction de la distance focale  $f_1$  de l'objectif et de la distance focale  $f_2$  de l'oculaire selon :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1'}{f_2'} \tag{2}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

16. À 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.

.....

.....

.....

17. Calculer le grossissement de la lunette utilisée précédemment.

.....

.....

.....

18. Calculer le grossissement des lunettes présentées dans le document 6.

.....

.....

.....

19. Calculer la longueur des lunettes présentées dans le document 6.

.....

.....

.....

## Annexe

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 rayon incident passant par le centre optique  $O_1$  de l'objectif à travers de la lunette. Construire l'image intermédiaire  $A_1B_1$ . Indiquer la « direction » des points  $A'$  et  $B'$  sur le schéma.

