

Compétence : Réaliser une lunette astronomique pour déterminer le grossissement. Vérifier la position de l'image intermédiaire en la projetant sur un écran.

TP : Réalisation de lunette astronomique de Kepler

Document 1 Rappels

- Relation entre la vergence C et la distance focale f' d'une lentille mince : $C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{OF'}$. La vergence s'exprime en dioptrie δ (m^{-1}) si la distance focale f' est en mètre.
- L'œil réduit est une modélisation simplifiée de l'œil humain : on le représente par une seule lentille convergente (le cristallin) et un écran placé au plan focal image (la rétine) pour étudier la formation des images.

Document 2 Vision d'un objet à l'infini

- Pour un objet situé à l'infini, comme une planète ou une étoile observée avec la lunette astronomique, tous les rayons lumineux qui nous parviennent semblent venir de la même direction ; on peut donc les considérer comme parallèles.
- 👁 Définition : un œil **au repos** est un œil dont le cristallin n'est pas bombé : il n'**accommode** pas et donc ne fournit aucun effort.
- 🌍 Les rayons lumineux provenant d'un objet très lointain arrivent parallèles dans l'œil. Le cristallin, sans effort, focalise ces rayons directement sur la rétine. La rétine se situe alors dans le plan focal image du cristallin.
- ✨ À retenir : L'œil voit net les objets situés à l'infini sans se fatiguer, car aucune accommodation n'est nécessaire.

Document 3 Mesure d'une distance focale avec la méthode d'auto collimation

Un miroir réfléchit la lumière. L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence (Snell-Descartes)

🔍 Méthode d'auto collimation

On place un miroir plan contre la face de sortie de la lentille et l'on déplace l'ensemble (lentille + miroir) jusqu'au moment où l'image $A'B'$ de AB apparaît nette sur la diapositive objet, mais inversée ($\overline{A'B'} = -\overline{AB}$).

L'objet se trouve alors au foyer objet de la lentille : $\overline{AO} = \overline{FO} = f'$.

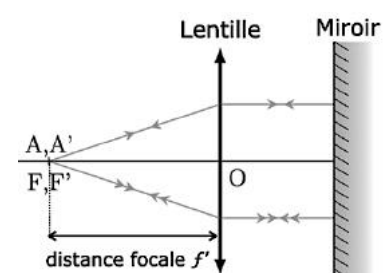
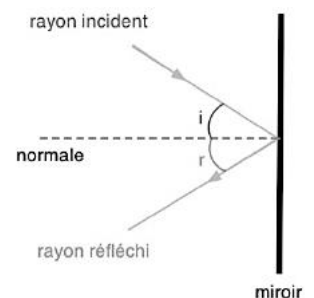
Document 4 Lunette astronomique de Kepler

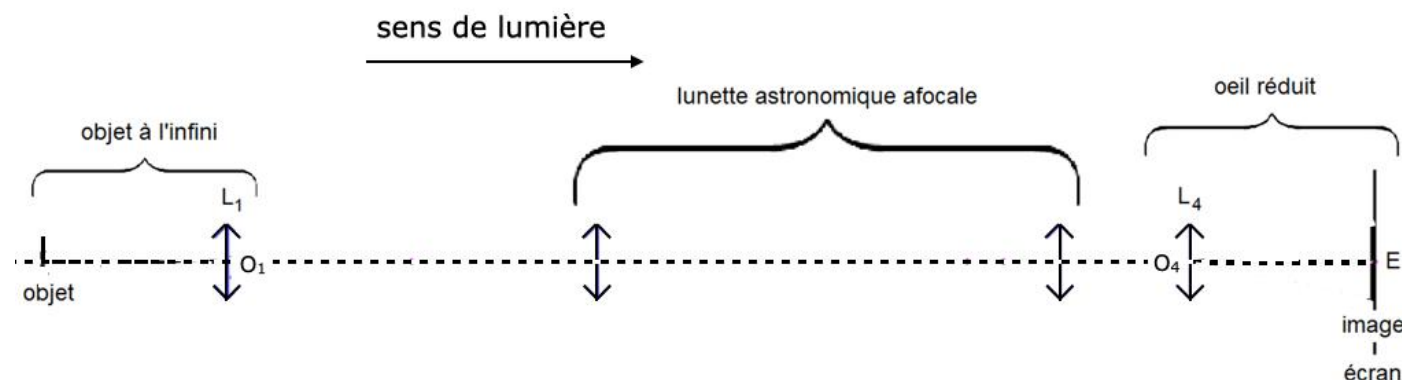
La lunette astronomique de Kepler est composée de deux lentilles convexes disposées de manière à former une lunette afocale.

Une lunette afocale est un instrument qui transforme les rayons parallèles provenant d'un objet à l'infini en rayons parallèles à la sortie : l'image finale est donc formée à l'infini.

Pour que cela soit réalisé, il faut que le foyer image de l'objectif coïncide avec le foyer objet de l'oculaire (voir cours).

Le grossissement théorique d'une lunette afocale s'exprime par la relation : $G = \frac{f'_{\text{objectif}}}{f'_{\text{oculaire}}}$ (voir cours)





Travail à effectuer

L'objectif est de réaliser expérimentalement une lunette astronomique et d'observer l'image d'un objet à l'infini à travers cette lunette.

Matériels :

- Une lentille L_1 de distance focale $f'_1 = 12,5$ cm
- Deux lentilles L_2 et L_3 de distances focales 5 cm et 20 cm
- Une lentille L_4 de distance focale $f'_4 = 25$ cm
- Une lampe + un objet (un « A »)
- Un miroir

Q1. À partir des indications fournies sur les supports, identifier les lentilles.

Q2. À l'aide de la formule du grossissement donnée ci-dessus, indiquer et justifier le choix de la lentille jouant le rôle de l'objectif (L_2) puis celle qui jouera le rôle de l'oculaire (L_3). Estimer le grossissement de la lunette.

I. Modélisation de l'objet lumineux à l'infini

Placer l'objet à droite de la lampe en position 0 sur le banc optique.

Q3. A quelle distance faut-il placer la lentille L_1 de la source lumineuse pour modéliser un objet situé à l'infini (rayons arrivant parallèle sur la lentille) ?

La mesure précise de la distance focale de la lentille L_1 est indispensable car la valeur indiquée par le constructeur et marquée sur la lentille peut manquer de précision. Une bonne qualité de réglage est nécessaire pour représenter correctement un objet lumineux situé à l'infini.

Q4. Montrer, à l'aide de la relation de conjugaison, que l'image d'un objet placé au foyer objet d'une lentille convergente se forme à l'infini (expérimentalement, on considérera une distance image supérieure à 2 m).

En déduire une méthode permettant de déterminer la distance focale d'une lentille convergente.

Mettre en œuvre cette méthode afin de mesurer précisément la distance focale de la lentille L_1 .

Q5. Confirmer par la méthode d'auto collimation (document 2), la distance focale de la lentille L_1 .

$$f'(L_1) = f'_1 = \dots\dots\dots \text{ cm}$$

Positionner L_1 à la distance mesurée f'_1 . Ne plus déplacer L_1 jusqu'à la fin du TP.

II. Consigne : Alignement des lentilles sur le banc optique

Vous allez aligner quatre lentilles sur le banc optique, comme indiqué sur le schéma ci-dessus, afin de constituer un système optique complet :

- un objet lumineux à l'infini,
- une lunette astronomique de Kepler,
- et l'œil réduit qui observe l'objet lumineux à l'infini.

⚠ Important : toutes les lentilles doivent être placées sur le même axe optique pour obtenir des images nettes et lumineuses, et pour éviter les aberrations.

💡 Astuce : pour contrôler si chaque lentille est correctement centrée sur le faisceau lumineux et à la bonne hauteur, utilisez une feuille de papier blanc : placez-la sur le trajet du faisceau et suivez ce dernier tout au long de son parcours.

Protocole d'alignement

- A. Placer une feuille de papier blanc derrière la première lentille.
- Observer la tache lumineuse : elle doit être centrée et circulaire.
 - Si elle est décalée ou déformée, déplacer ou redresser la lentille jusqu'à ce que le faisceau traverse son centre.
- B. Éloigner légèrement la feuille de la lentille.
- Le spot lumineux ne doit pas se déplacer latéralement.
 - S'il se déplace, la lentille est inclinée ou mal réglée en hauteur : corriger son orientation ou sa position.
- C. Vérifier lentille par lentille sur toute la longueur du banc.
- Lorsque toutes les taches lumineuses restent centrées, les lentilles sont coaxiales et alignées.

III. Protocole de réalisation de la lunette

- A. Installer l'objectif L_2
- Positionner la lentille identifiée comme objectif (question 2) au plus près de L_1 sur le banc optique.
- B. Former l'image intermédiaire
- Déterminer la position de l'écran pour obtenir une image nette formée par l'objectif.
 - Cette image, formée par l'objectif, est l'image intermédiaire A_1B_1 .
- C. Mesures
- Q6.** Mesurer la position de l'image intermédiaire : cm
- Q7.** Mesurer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 : cm
- Q8.** Décrire les caractéristiques de l'image intermédiaire :
- D. Installer l'oculaire L_3
- Placer l'oculaire sur le banc optique, juste après l'objectif.
 - Éloigner L_3 de L_2 jusqu'à obtenir une image nette en observant à travers l'oculaire.
 - Coller l'œil à la lentille L_3 comme un observateur utilisant la lunette astronomique.
- ⚠ Sécurité – Observation à travers l'oculaire
- ⚠ Ne regardez jamais directement la lumière de la lampe : cela peut provoquer un éblouissement.
- 💡 Pour réduire l'intensité lumineuse, placez un sopalin autour de la lampe ; cela diffuse la lumière et permet de voir l'image sans être ébloui par une lumière intense.
- 6) Mesurer et commenter
- Q9.** Relever la distance entre l'objectif et l'oculaire : objectif–oculaire = cm
- Q10.** Commenter la distance objectif–oculaire obtenue.

IV. Réalisation de modèle de l'œil réduit

L'œil peut être modélisé par la lentille L_4 (le cristallin) et un écran (la rétine).

Placer sur le banc d'optique la lentille L_4 et un écran après l'oculaire. Trouver la position de l'écran pour avoir une image nette agrandie.

QCM – TP : Lunette astronomique de Kepler

- Q1.** La lunette astronomique de Kepler est constituée :
- A. de deux lentilles convergentes
 - B. d'une lentille convergente et d'une lentille divergente
 - C. de deux lentilles divergentes
- Q2.** Une lunette est dite afocale lorsque :
- A. elle donne d'un objet à l'infini une image à l'infini
 - B. elle n'a pas de foyers
 - C. elle ne forme jamais d'image
- Q3.** Pour qu'une lunette de Kepler soit afocale, il faut :
- A. que le foyer image de l'objectif coïncide avec le foyer objet de l'oculaire
 - B. que les deux foyers soient confondus avec le centre optique
 - C. que les deux lentilles aient la même distance focale
- Q4.** Le grossissement théorique d'une lunette afocale est donné par :
- A. $G = f'_{\text{objectif}} / f'_{\text{oculaire}}$
 - B. $G = f'_{\text{oculaire}} / f'_{\text{objectif}}$
 - C. $G = f'_{\text{objectif}} \times f'_{\text{oculaire}}$
- Q5.** Un objet lumineux à l'infini envoie sur la lentille :
- A. des rayons parallèles
 - B. des rayons divergents
 - C. des rayons convergents
- Q6.** La lentille L_1 utilisée en amont dans le TP sert à :
- A. simuler un objet à l'infini
 - B. focaliser la lumière sur l'oculaire
 - C. modéliser la rétine
- Q7.** L'image intermédiaire A_1B_1 formée par l'objectif est :
- A. réelle et renversée
 - B. virtuelle et droite
 - C. imaginaire et droite
- Q8.** L'oculaire d'une lunette de Kepler sert à :
- A. agrandir l'image intermédiaire pour l'œil
 - B. produire la lumière
 - C. corriger les aberrations
- Q9.** Dans l'alignement du banc optique, les lentilles doivent être :
- A. centrées sur le même axe optique
 - B. inclinées légèrement vers le haut
 - C. placées à des hauteurs différentes
- Q10.** Un faisceau est bien centré si :
- A. la tache lumineuse est circulaire et reste centrée quand on déplace l'écran
 - B. le spot se déplace latéralement
 - C. la tache est déformée
- Q11.** L'œil réduit est modélisé par :
- A. une lentille et un écran
 - B. deux lentilles convergentes
 - C. un miroir et un écran
- Q12.** Un œil au repos voit net :
- A. les objets très proches
 - B. les objets à l'infini
 - C. uniquement les images virtuelles
- Q13.** La rétine se situe :
- A. au foyer image du cristallin
 - B. au foyer objet du cristallin
 - C. sur l'axe optique mais hors foyer
- Q14.** L'angle apparent d'un objet observé à travers la lunette est :
- A. plus grand qu'à l'œil nu
 - B. plus petit qu'à l'œil nu
 - C. identique à celui à l'œil nu