

LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

Objectifs : expliquer le fonctionnement d'une lunette astronomique



Problématique : La lunette astronomique permet d'observer l'image agrandie d'objets lointains. Galilée présente en 1609 sa première lunette astronomique, formée par l'association d'une lentille convergente et d'une lentille divergente. Quelques années plus tard, Kepler perfectionne son principe, en utilisant deux lentilles convergentes. Comment modéliser une lunette astronomique en laboratoire ?

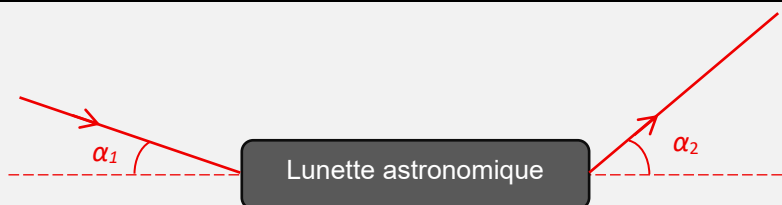


Lunette astronomique et grossissement



On appelle *diamètre apparent* d'un objet l'angle α sous lequel cet objet est vu par un observateur.

Pour obtenir une grande image de l'objet observé, la lunette doit permettre de voir cette image avec un angle α_2 plus grand que α_1 .



Une lunette astronomique est composée de deux lentilles convergentes :

- L'objectif, de distance focale f_1' , située du côté de l'objet ;
- L'oculaire, de distance focale f_2' , située du côté de l'œil.

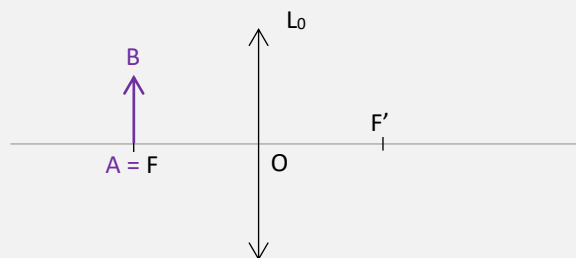
Une lunette est *afocale* lorsqu'elle forme, d'un objet à l'infini, une image à l'infini. Cela n'est possible que si la distance entre l'objectif et l'oculaire est égale à la somme des deux distances focales.

Le grossissement de la lunette est alors donné par le quotient $G = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{f_1'}{f_2'}$.

Simuler un objet à l'infini



Lorsqu'un objet est très loin d'une lunette astronomique, il est dit « à l'infini ». C'est le cas si la distance entre la lunette et lui est très grande par rapport à toutes les autres longueurs de la situation (notamment les distances focales). Les rayons lumineux en provenance d'un même point de cet objet voyagent alors jusqu'à la lentille en étant parallèles entre eux.



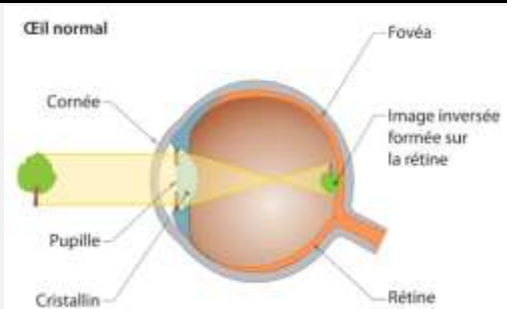
Pour simuler qu'un objet est placé à l'infini, il est disposé dans le plan focal d'une lentille convergente.

Modèle de l'œil humain



Le cristallin de l'œil humain (et tous ses milieux transparents) peut être modélisé par une lentille mince convergente et la rétine par un écran.

L'image d'un objet formée par un œil sain se situe sur la rétine, quelle que soit la position de l'objet : c'est le phénomène d'*accommodation*. Un œil sain observe un objet sans fatiguer, c'est-à-dire sans accommoder, si les rayons incidents en provenance de l'objet regardé sont parallèles entre eux. Cet objet est donc situé à l'infini.



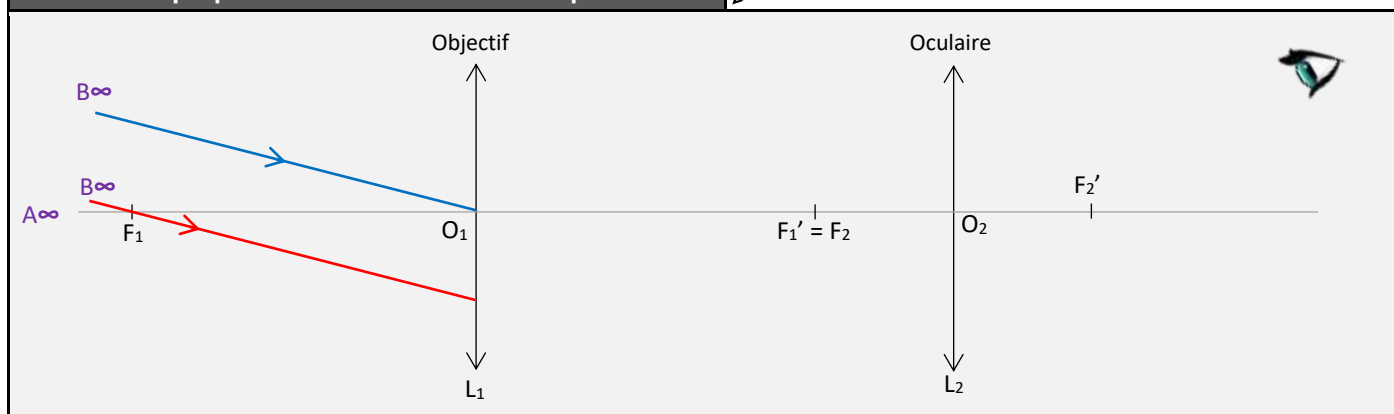
S'APPROPRIER

Raisonner sur les unités des grandeurs

A B C D

1. Compléter le schéma du deuxième document à l'aide des rayons issus de A et vérifier que « pour simuler un objet placé à l'infini, il peut être placé dans le plan focal d'une lentille convergente ».
2. Préciser l'intérêt, pour un observateur, que l'image formée par une lunette astronomique soit située à l'infini.
3. À l'aide d'un schéma d'optique, observer où se forme l'image d'un objet à l'infini à travers une lentille convergente. En déduire la distance entre le cristallin et la rétine lorsque l'œil normal observe un objet sans accommodation.

Schéma d'optique d'une lunette astronomique afocale



4. Sur le schéma ci-dessus, tracer le parcours des rayons traversant l'objectif et former A_1B_1 , l'image intermédiaire de AB obtenue avec L_1 . Tracer ensuite le parcours des rayons traversant l'oculaire et préciser où se forme l'image finale A_2B_2 .
5. Expliquer que, pour avoir une lunette afocale, « la distance entre l'objectif et l'oculaire doit être égale à la somme des distances focales ».

Protocole



- Placer la lanterne et l'objet à l'extrémité du banc optique ;
- simuler que cet objet est à l'infini à l'aide de la lentille L_0 ;
- placer la lentille L_1 sur le banc à environ 15 cm de L_0 ;
- rechercher à l'aide d'un écran la position de l'image intermédiaire donnée par cette lentille, vérifier qu'elle est bien localisée au niveau du plan focal de L_1 ;
- placer la lentille L_2 de sorte que la lunette soit afocale ;
- à l'aide d'une lentille L_3 et d'un écran, modéliser un œil et vérifier qu'il s'y forme une image sans avoir besoin d'accomoder.

Liste du matériel



- banc optique ;
- lentilles convergentes
 - L_0 de distance focale 12,5 cm
 - L_1 de distance focale 50 cm
 - L_2 de distance focale 10 cm
 - L_3 de distance focale 12,5 cm
- supports pour lentilles
- lanterne et objet
- écran

RÉALISER

Mettre en œuvre un protocole

A B C D

6. Réaliser le protocole et vérifier que l'image formée est en effet plus grosse que l'objet.
7. Retirer l'objet à l'infini et le modèle de l'œil. Orienter ensuite le banc pour viser une maison éloignée dans le voisinage puis l'observer à travers la lunette.

ANALYSER

Identifier l'influence des paramètres d'un problème

A B C D

8. Indiquer pourquoi une lunette astronomique n'est pas employée pour observer des objets terrestres.
9. Calculer le grossissement de la lunette ainsi formée.
10. Indiquer comment augmenter le grossissement de la lunette, et la précaution à prendre pour qu'elle demeure afocale.

VALIDER

Reproduire une démonstration

A B C D

1. L'approximation des petits angles indique que si $\theta \ll 1$ rad, alors $\tan(\theta) \approx \theta$. À l'aide de raisonnements géométriques menés dans le schéma d'optique de la lunette afocale, redémontrer que

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$