

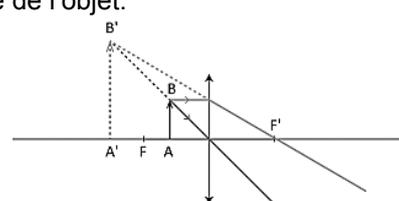
But du TP : Modéliser une lunette astronomique

La mise au point d'instruments d'optiques à la fin du XVIème siècle (en particulier par Galilée à partir de 1609) a permis une observation systématique du ciel et une description précise de nombreux mouvements astronomiques. L'objectif de l'activité est de modéliser une lunette astronomique afocale (ou lunette de Kepler) et d'en mesurer le grossissement.

Document 1 : Quelques modèles optiques

Plusieurs objets d'optique peuvent être modélisés simplement grâce à une lentille. Voici quelques exemples.

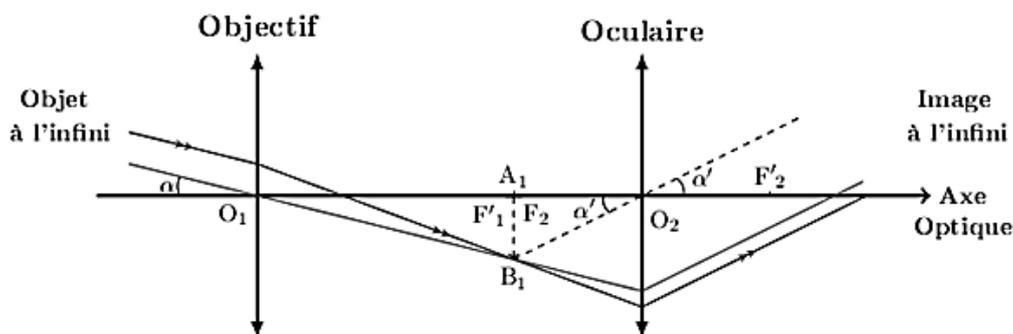
- Un projecteur : La lentille d'un projecteur permet de former l'image réelle agrandie d'un objet sur un écran.
- L'œil : Le cristallin de l'œil permet de former l'image réelle réduite d'un objet sur la rétine. Cette image est inversée : c'est le cerveau qui analyse le signal et qui « renverse » l'image. Les muscles ciliaires permettent au cristallin de se déformer pour accommoder l'image en fonction de la distance de l'objet.
- Une loupe : La loupe est une lentille convergente permettant de former une image virtuelle, c'est-à-dire une image dans l'espace objet obtenue en prolongeant les rayons émergents qui « semblent » provenir de la lentille. Cette image est alors droite et agrandie.



Document 2 : La lunette afocale

La lunette astronomique de Kepler est une lunette afocale, qui donne d'un objet situé « à l'infini » une image « à l'infini ». Elle est constituée des éléments suivants :

- L'objectif est une lentille convergente \mathcal{L}_1 (centre optique O_1 , foyers objet F_1 et image F'_1 , distance focale f_1). L'objectif est placé du côté de l'objet observé. Il donne d'un objet AB à l'infini une image intermédiaire A_1B_1 situé dans le plan focal image de \mathcal{L}_1 (perpendiculaire à l'axe optique passant par F'_1). Cette image A_1B_1 joue le rôle d'objet pour l'oculaire.
- L'oculaire est une lentille convergente \mathcal{L}_2 (centre optique O_2 , foyers objet F_2 et image F'_2 , distance focale f_2). L'oculaire donne de l'objet A_1B_1 une image $A'B'$ à l'infini.



La distance focale de l'oculaire est plus petite que celle de l'objectif ($f_2 < f_1$).

Le grossissement théorique G d'une lunette astronomique afocale se calcule par la relation :

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

α' est l'angle sous lequel est vu l'image définitive de l'objet (en rad) et α est l'angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu (en rad). La valeur du grossissement correspond alors au rapport de la taille de l'image observée avec la lunette sur la taille de l'image observée sans la lunette.

Partie I : Différents comportements d'une lentille

On considère une lentille de distance focale 25 cm, et un objet AB situé à une distance de la lentille :

- a. $\overline{OA} = -100$ cm b. $\overline{OA} = -50$ cm c. $\overline{OA} = -30$ cm d. $\overline{OA} = -10$ cm

1. En utilisant la relation de conjugaison des lentilles minces et le grandissement γ (voir feuille de rappels), déterminer où se trouve l'image de l'objet dans chacun des cas, ainsi que ses caractéristiques (agrandie/réduite ; droite/inversée).

2. Identifier les situations qui modélisent : un œil, un projecteur, une loupe. Justifier.

Appeler le professeur pour évaluer les résultats

Partie II : Modélisation et mesure du grossissement d'une lunette afocale

On veut schématiser une lunette afocale comportant :

- Un dispositif modélisant un objet à l'infini (utilisant une lentille \mathcal{L}_0 de distance focale 25 cm)
- Un dispositif modélisant une lunette afocale (utilisant une lentille \mathcal{L}_1 de distance focale 50 cm pour l'objectif et une lentille \mathcal{L}_2 de distance focale 12,5 cm pour l'oculaire)
- Un dispositif modélisant un œil (utilisant une lentille \mathcal{L}_3 de distance focale 25 cm)

3. Justifier clairement que pour le dispositif « lunette afocale » on a nécessairement $F'_1 = F_2$.

Aide : une réponse en liste à point peut être plus pratique

4. Calculer la valeur théorique du grossissement pour la lunette étudiée.

Appeler le professeur pour évaluer les résultats

La maquette de lunette astronomique que nous allons construire associe les lentilles définies précédemment et l'objet lumineux « T » qui modélise l'objet AB à observer. Pour cela :

- construire l'objet à l'infini en plaçant le « T » au niveau du foyer objet de la lentille \mathcal{L}_0
- placer l'objectif à 10 cm de \mathcal{L}_0 et chercher avec un écran la position de l'image intermédiaire A_1B_1
- placer l'oculaire de telle sorte à ce que l'image intermédiaire soit au niveau du foyer objet de l'oculaire.
- Placer l'œil réduit à 25 cm de l'oculaire puis placer un écran modélisant la rétine, de façon à obtenir une image A_3B_3 nette.

5. Déterminer théoriquement, et en justifiant clairement, quelles sont les valeurs attendues pour les distance objet- \mathcal{L}_0 et $\mathcal{L}_1\mathcal{L}_2$.

6. En utilisant les valeurs calculées précédemment, dessiner à l'échelle 1/10 suivant l'axe optique le modèle du dispositif complet, avec les 4 lentilles et leurs foyers (sur une feuille séparée en format paysage). A l'aide de DEUX rayons bien choisis, représenter l'image $A'B'$ à travers le dispositif de l'objet, en utilisant $\overline{AB} = 1$ cm.

Aide : Pensez à tracer en pointillés les rayons de construction nécessaires (en continuation de rayons réels ou parallèles à des rayons existants). Et pensez aux centres optiques.

Rappels : Tous rayons incidents parallèles entre eux croisent le plan focal image en un même point, et vice-versa. Tous rayons émergents parallèles entre eux croisent le plan focal objet en un même point, et vice-versa.

7. Justifier alors pourquoi l'écran doit être situé au foyer image de \mathcal{L}_3 .

Appeler le professeur pour évaluer les résultats

8. Faire le montage et mesurer les différentes distances entre les lentilles puis :

- Mesurer et noter les différentes distances du montage.
- Mesurer sur l'écran la dimension $\overline{A_3B_3}$ de l'image observée à travers la lunette.

Ces valeurs sont-elles en accord avec les valeurs théoriques calculées précédemment ?

Appeler le professeur pour vérifier le montage

9. Enlever l'objectif et l'oculaire (sans toucher à l'objet à l'infini et à l'œil réduit) et mesurer sur l'écran la dimension $\overline{A_0B_0}$ de l'image observée sans la lunette.

Définir le grossissement expérimental $G_{\text{expé}}$ à partir de $\overline{A_0B_0}$ et $\overline{A_3B_3}$ puis déterminer sa valeur. Comparer cette valeur à celle du grossissement théorique.