

TP Lunette astronomique

Document 1 : intérêt de la lunette astronomique

La lunette astronomique est un instrument optique dont le but est d'observer des objets de faible diamètre apparent α

Elle donne de cet objet une image également située à l'infini mais sous un angle apparent α' que l'on cherche à avoir plus grand que α de façon à :

- distinguer les détails les plus fins possibles sur les objets observés
- repérer l'image d'objets peu lumineux (étoiles lointaines) en recevant le maximum de lumière grâce à des objectifs largement dimensionnés.



Document 2 : Composition de la lunette astronomique

La lunette afocale

La lunette astronomique afocale est composée de deux lentilles convergentes : l'objectif, par lequel la lumière entre dans l'appareil et l'oculaire à travers lequel on regarde. Cette lunette est construite de manière à faire coïncider le foyer image F'_{obj} de l'objectif et le foyer objet F_{oc} de l'oculaire.

Le grossissement G de la lunette est défini par la relation : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

avec : α' , l'angle sous lequel l'objet est vu à travers la lunette

α , l'angle sous lequel l'objet est vu à l'œil nu

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

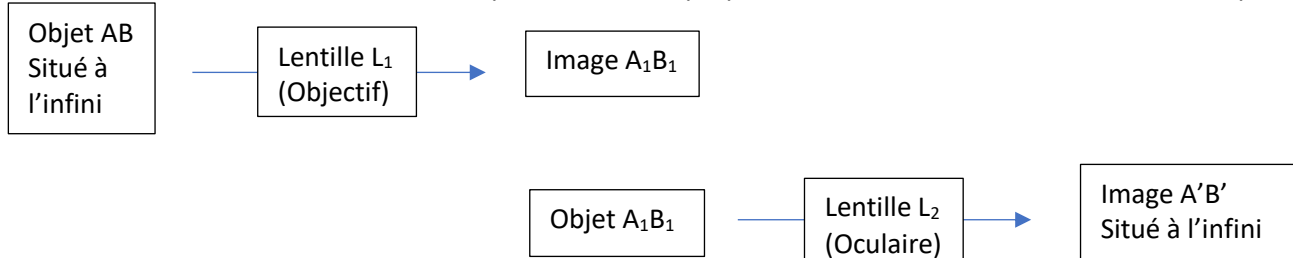
Le but de ce TP est de modéliser une lunette astronomique et de calculer la valeur de son grossissement.

I. Modélisation de la lunette astronomique

1. Problème posé

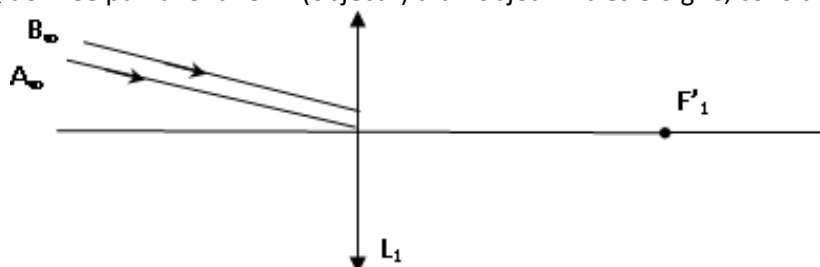
Une lunette astronomique permet de voir une image grossie d'un objet éloigné.

Vous devez simuler une lunette astronomique sur le banc optique en utilisant les deux lentilles à votre disposition :



Rappeler les conditions d'observation sans fatigue pour l'œil.

Construire l'image A_1B_1 donnée par la lentille L_1 (objectif) d'un objet AB très éloigné, considéré comme à l'infini.



Où se forme-t-elle ? Est-elle droite ou renversée ?

Quelle est celle des deux lentilles L_1 ($f_1' = 200$ mm) et L_2 ($f_2' = 50$ mm) qui permet d'obtenir l'image intermédiaire la plus grande ? En déduire la lentille qui sera utilisée en objectif.

.....

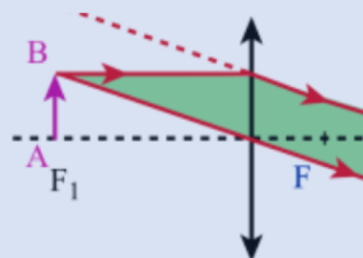
.....

2. Manipulation

2.1. 1^{ère} étape : Formation d'un objet à l'infini

Modélisation d'un objet lointain (objet à l'infini)

Les lunettes astronomiques sont souvent utilisées pour l'observation d'objets très éloignés, comme les étoiles ou les planètes du système solaire. On considérera que les rayons lumineux qui proviennent d'un astre sont parallèles. Pour modéliser un tel objet AB à l'infini (lointain), il faut donc placer l'objet au foyer objet d'une lentille convergente.

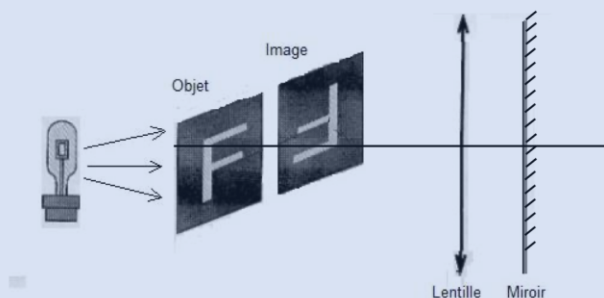


Principe de détermination des distances focales par autocollimation

L'**autocollimation** est une méthode permettant de déterminer la position du foyer d'un système optique. Elle nécessite, en plus du système, l'utilisation d'un **miroir plan** et d'une source de lumière.

Dans le cas d'une lentille convergente, celle-ci est placée entre le miroir et la source de lumière. On obtient donc, par réflexion, une image de la source de lumière du côté de celle-ci. **Déplacer l'ensemble « lentille-miroir » de façon à observer une image A'B' dans le même plan que l'objet AB et de même taille.**

La distance « objet-lentille » est alors égale à la distance focale de la lentille.



Protocole :

- Disposer une source lumineuse et un objet AB (lettre F) à l'extrémité du banc d'optique.
- Placer la lentille L_0 de distance focale $f_0' = 100$ mm devant l'objet et un miroir plan M juste derrière la lentille.
- Déplacer l'ensemble « lentille-miroir » de façon à observer une image A'B' (lettre F renversée) dans le même plan que l'objet et de même taille.
- Vérifier que la distance « objet-lentille » est bien égale à la distance focale de la lentille.

2.2. 2^{ème} étape : construction de la lunette astronomique

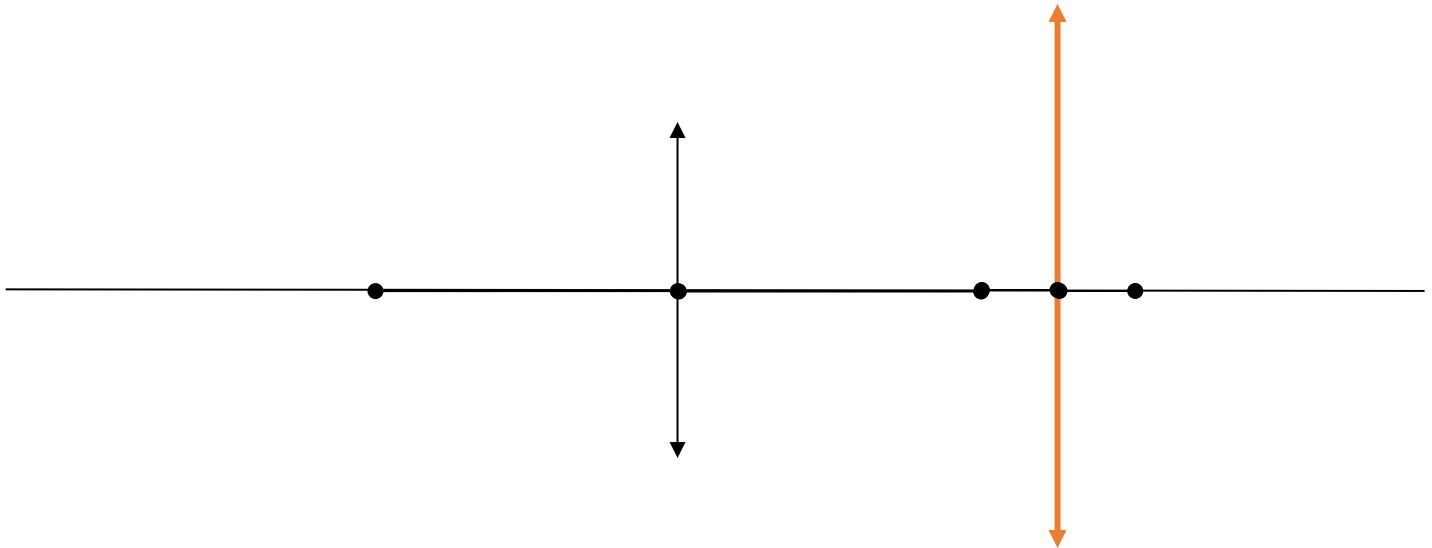
Protocole :

- Placer L_{objectif} ($f_1' = 200$ mm) sur le banc à environ 40 cm de la lentille L_0 .
- Placer un écran derrière L_{objectif} afin de récupérer l'image intermédiaire A_1B_1 sur cet écran.
- A quelle distance se situe l'écran de L_{objectif} ? Est-ce cohérent ?
.....
- Mesurer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 : $A_1B_1 = \dots\dots\dots$ (utile pour la dernière partie du TP)
- Remplacer l'écran par la lentille qui joue le rôle d'oculaire L_{oculaire} ($f_2' = 50$ mm) et éloigner l'écran sur le banc optique
- Eloigner progressivement L_{oculaire} de A_1B_1 pour observer une image nette sur l'écran.
- Mesurer alors la distance entre L_{objectif} et L_{oculaire} : $\dots\dots\dots$
- Que remarquez-vous ? $\dots\dots\dots$

II. Construction à l'échelle et calcul du grossissement

1. Construction graphique

Représenter le schéma correspondant au montage réalisé.



Conseils :

L'objet AB étant à l'infini, trouver les caractéristiques de A_1B_1 (image pour L_{objectif})

$A'B'$ est à l'infini (les rayons émergents de la lunette sont parallèles) ; où doit se trouver A_1B_1 (objet pour L_{oculaire}) ?

2. Grossissement d'une lunette afocale

Soit α l'angle sous lequel on voit l'objet situé à l'infini sans instrument.

Soit α' l'angle sous lequel on voit l'objet à travers l'instrument.

Le grossissement de la lunette astronomique est donné par la relation : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

- Faire figurer sur le schéma ci-dessus ces 2 angles.
- Exprimer le grossissement de la lunette simulée en fonction des distances focales des lentilles L_{objectif} et L_{oculaire} sachant que pour un angle petit on peut écrire $\tan \alpha \approx \alpha$

- Calculer le grossissement de cette lunette.

G =

- Comment pourrait-on améliorer ce grossissement ?

.....
.....

- Quels sont les inconvénients d'une augmentation de la distance focale de l'objectif ?

.....
.....

- Quelle autre grandeur caractéristique doit-on prendre en considération pour avoir une lunette de bonne qualité (image suffisamment lumineuse) ?

.....
.....

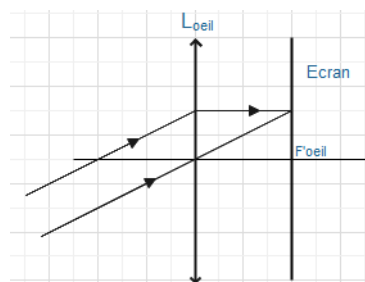
Remarque : une lunette portant les nombres (400 × 70) indique un grossissement $G = 400$ et un diamètre de l'objectif de 70 mm.

III. Pour aller plus loin : modélisation de l'œil

1. Modélisation de l'œil et schéma du dispositif

Modélisation d'un œil

Un œil regardant un objet lointain peut être modélisé par une lentille convergente (qui représente entre autres le cristallin) et un écran (qui représente la rétine), placé dans le plan focal image de la lentille.

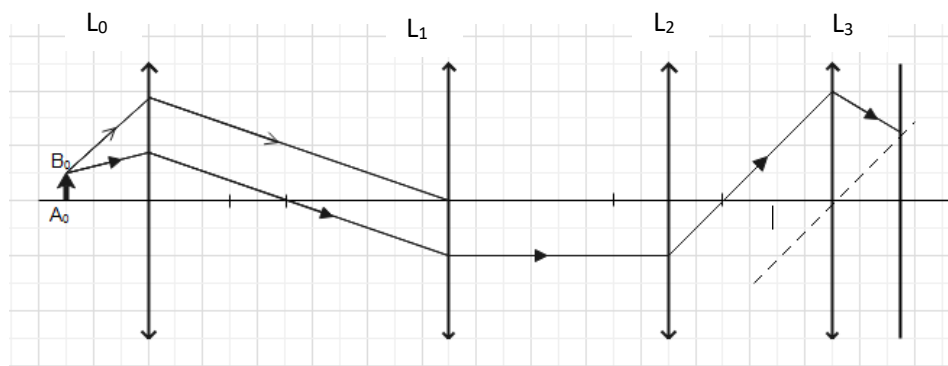


Le schéma ci-dessous représente un montage comportant :

- un dispositif modélisant un objet lointain ;
- un dispositif modélisant une lunette afocale ;
- un dispositif modélisant un œil.

Sur ce schéma :

- Identifier les trois dispositifs cités ci-dessus.
- Placer les foyers objet et image de l'objectif (F_{objectif} et F'_{objectif}) et de l'oculaire (F_{oculaire} et F'_{oculaire}).
- Prolonger le trajet du rayon lumineux initié en trait continu jusqu'à L_2
- Construire l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet formée par l'objectif.
- Construire l'image A_2B_2 formée sur la rétine.
- Repérer les angles α et α' .



2. Manipulation

Protocole :

- Placer la lentille L_{oeil} modélisant le cristallin de l'œil de distance focale $f'_{\text{oeil}} = 100 \text{ mm}$ à 60 mm environ de L_{oculaire} .
- Placer l'écran à 10 cm de la lentille L_{oeil} .
- Mesurer précisément la taille A_2B_2 de l'image sur l'écran modélisant la rétine de l'œil : $A_2B_2 = \dots\dots\dots$

3. Calcul du grossissement de la lunette (2^{ème} méthode)

On admettra qu'avec le montage utilisé, on peut déterminer les valeurs des angles α et α' à l'aide des relations :

$$\tan(\alpha) = \frac{A_1B_1}{f_{\text{objectif}}} \approx \alpha \qquad \tan(\alpha') = \frac{A_2B_2}{f_{\text{oeil}}} \approx \alpha'$$

où :

- A_1B_1 est la taille de l'image formée sur l'écran représentant la rétine et f_{objectif} la distance focale de la lentille modélisant l'objectif utilisé pour construire la lunette.
- A_2B_2 est la taille de l'image formée sur l'écran représentant la rétine et f_{oeil} la distance focale de la lentille modélisant le cristallin.

Déduire l'expression du grossissement $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ à partir de ce qui précède.

Indiquer les valeurs des 4 grandeurs utiles pour le calcul de G :

$$A_1B_1 = \dots\dots\dots \text{ (mesurée partie I. 2.2.)}$$

$$A_2B_2 = \dots\dots\dots$$

$$f_{\text{objectif}} = \dots\dots\dots$$

$$f_{\text{oeil}} = \dots\dots\dots$$

En déduire la valeur du grossissement G de la lunette ainsi constituée : $G = \dots\dots\dots$