

L'objectif est de modéliser une lunette astronomique sur le banc d'optique et de mesurer la distance focale du capteur photo de son smartphone.

Matériel mis à disposition

Banc d'optique gradué
 Source + objet trou
 Écran
 Diaphragme
 Boîte de lentilles (à 2 %) + miroir plan
 Large pince sur poterne

Partie A. Lunette astronomique

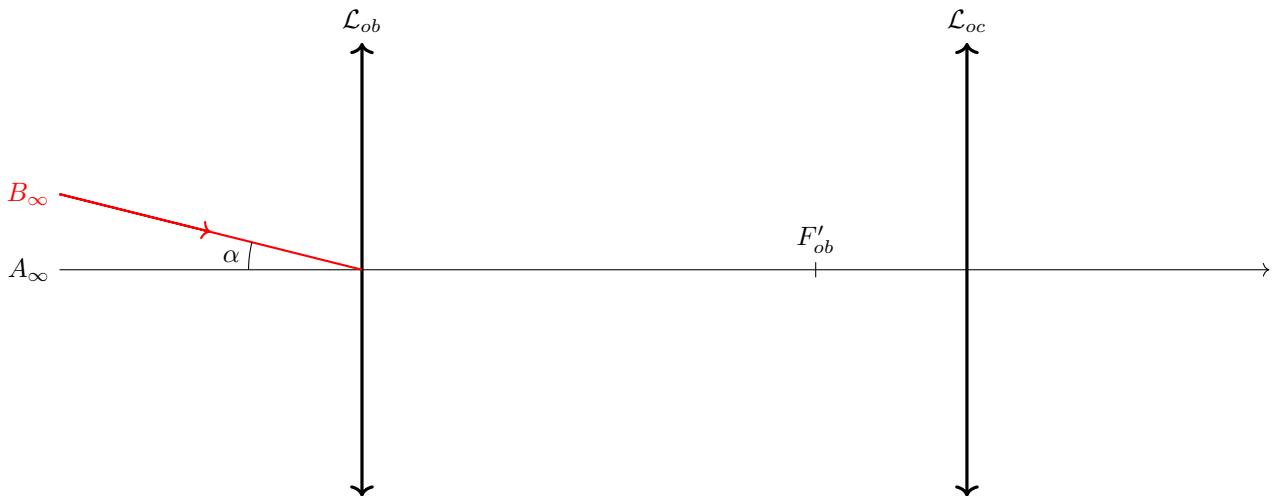
La lunette astronomique est un instrument d'optique afocal permettant de grossir des objets lumineux infiniment lointains. Elle est constitué d'un objectif modélisé par une lentille mince convergente \mathcal{L}_{ob} de distance focale f'_{ob} et d'un oculaire modélisé par une lentille mince convergente \mathcal{L}_{oc} de distance focale f'_{oc} .

Pour une observation sans accommodation par un œil emmétrope, l'image définitive doit être envoyée à l'infini : la lunette est afocale.

- (*) Comment doivent être placées les lentilles l'une par rapport à l'autre ? Quelle distance sépare les lentilles ? Placer les foyers de l'oculaire sur le schéma ci-dessous.
- (*) Compléter le schéma suivant en dessinant l'image intermédiaire A_1B_1 d'un objet AB situé à l'infini et vu sous un diamètre angulaire α . Prolonger le rayon issu de B et indiquer l'angle α' sous lequel on voit l'image définitive.

On rappelle que le grossissement, défini comme le rapport des angles sous lesquels on voit l'image et l'objet à l'infini, vérifie :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$



L'objectif est de simuler le fonctionnement d'une lunette astronomique sur le banc d'optique et de vérifier ses caractéristiques. Pour commencer il faut simuler l'objet observé ainsi que l'œil qui l'observe.

Simulation d'une planète

On souhaite observer un objet situé à l'infini, de forme circulaire. On doit le fabriquer à partir d'un objet situé sur le banc.

- Par quelle méthode expérimentale utilisant une lentille convergente peut-on obtenir un objet à l'infini à partir de cet objet ?
- Réaliser l'expérience avec pour objet de départ une lame percée d'un trou circulaire placée juste après la lampe, et avec une lentille \mathcal{L}_1 de distance focale $f'_1 = 200$ mm.

Simulation de l'œil

On modélise l'œil par l'association d'un diaphragme, d'une lentille et d'un écran.

- (*) À quelle distance est placé l'écran pour faire une image nette de l'objet à l'infini ? Compléter le rayon sur le schéma ci-dessous pour identifier l'image.

(*) Donner la relation entre le diamètre angulaire α et le diamètre d de l'image sur l'écran. On fera l'hypothèse des petits angles.

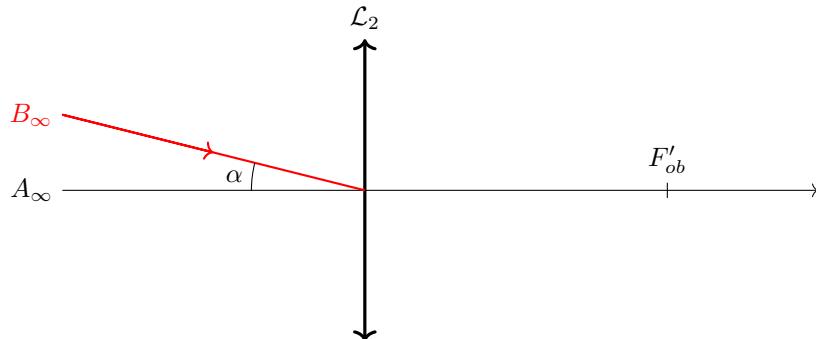
On simule l'œil sur le banc avec une lentille convergente \mathcal{L}_2 de distance focale $f'_2 = 200$ mm. Il observe la planète simulée.

Placer \mathcal{L}_2 à environ 70 cm de la lentille \mathcal{L}_1 . Ajouter le diaphragme devant. Attention à l'alignement vertical.

Chercher l'image de la planète sur un écran. La distance lentille-écran est-elle conforme à la théorie ?

Étudier l'effet du diamètre du diaphragme sur l'image : luminosité, profondeur de champ.

Mesurer le diamètre de l'image sur l'écran modélisant l'œil. En déduire l'angle α sous lequel on voit la planète « à l'œil nu ».



Fabrication de la lunette

On fabrique maintenant la lunette que l'on entrepose entre l'objet à l'infini et l'œil. On utilise les lentilles de distances focales $f'_{ob} = 300$ mm et $f'_{oc} = 100$ mm.

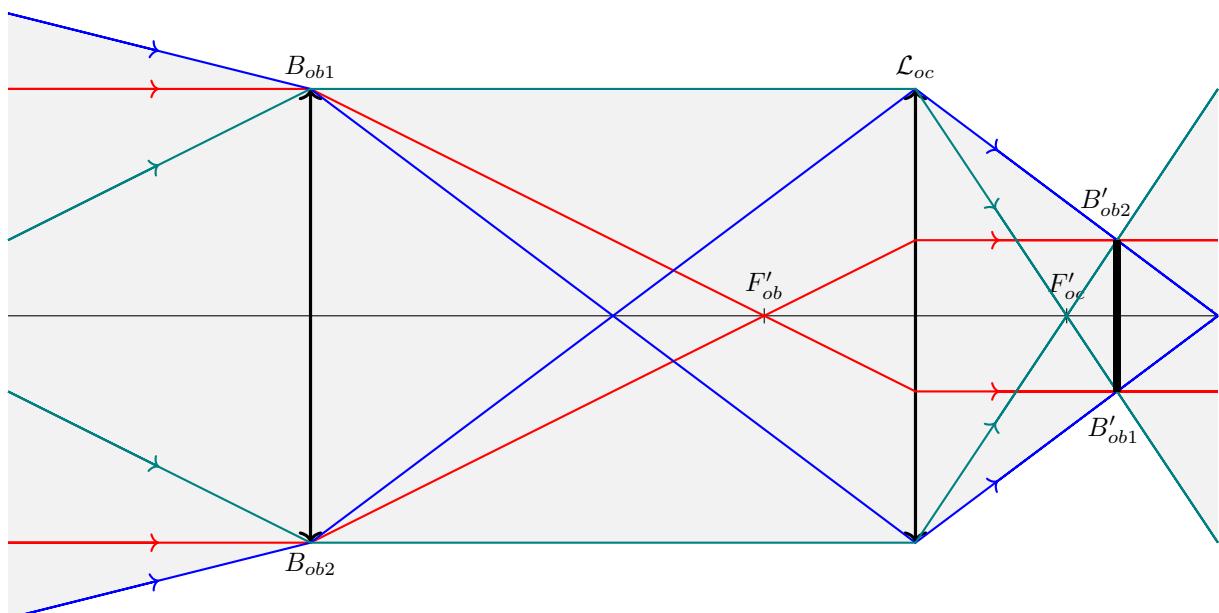
Sans toucher aux lentilles déjà présentes, disposer la lentille de l'objectif juste derrière la lentille \mathcal{L}_1 , puis placer la lentille de l'oculaire entre l'objectif et l'œil. Déplacer l'oculaire jusqu'à ce que l'image vue sur l'écran soit nette. La distance entre l'objectif et l'oculaire est-elle conforme à la théorie ?

Mesurer le diamètre sur l'écran de l'image de la planète. En déduire l'angle α' sous lequel l'image est vue par l'œil à travers la lunette.

Calculer le grossissement expérimental de la lunette. Est-il conforme à la théorie ?

Cercle oculaire

Le cercle oculaire d'un instrument d'optique est l'image par l'oculaire de la monture de l'objectif. Comme le montre le schéma ci-dessous, c'est le plus petit cercle par lequel passent tous les rayons ayant traversé l'instrument, c'est là qu'il faut placer l'œil pour avoir la meilleure luminosité.



(*) Calculer la valeur théorique de la distance entre l'oculaire et le cercle oculaire.

Toucher la lentille de l'objectif avec la mine d'un crayon, localiser le cercle oculaire en cherchant sur un écran l'image de cette mine par l'oculaire. Sa position est-elle conforme à la théorie ?

Vérifier en déplaçant l'écran que c'est l'endroit où le faisceau est le plus concentré.

Partie B. Capteur photo d'un smartphone

B.1) Distance focale d'un smartphone

L'appareil photo d'un smartphone est équipé d'un objectif assimilable à une lentille convergente et d'un capteur CCD constitué d'une matrice de pixels.

Pour déterminer la distance focale d'une lentille, on mesure habituellement les positions relatives de l'objet, de la lentille et de l'image puis on utilise la relation de conjugaison.

Ici c'est impossible car on ne sait pas où se trouve le capteur CCD, et de plus la distance lentille-CCD varie très peu. On utilise alors une autre méthode, basée sur la mesure du grandissement.

(*) Déterminer la taille des pixels du capteur photo de votre appareil (qui est de l'ordre du μm). Pour les téléphones Android, on peut utiliser l'application *Device Info HW*, ou bien sur internet par exemple sur <https://www.appareilsmobiles.fr/fr/caracteristiques/>.

(*) La distance focale f' de l'objectif est faible devant sa distance d aux objets photographiés. En déduire une relation simplifiée entre le grandissement (en valeur absolue) $|\gamma|$, d et f' .

- Choisir un petit objet plat (carte Région par exemple) et mesurer sa taille AB . Fixer le smartphone grâce à une pince face à l'objet.
- Prendre une photo de l'objet pour plusieurs valeurs de la distance d comprises entre 10 cm et 40 cm environ. Transférer les photos sur l'ordinateur.
- À l'aide du logiciel *ImageJ*, mesurer la taille de l'image en pixels sur chaque photo. En déduire sa taille réelle sur le capteur et en déduire le grandissement $|\gamma|$.
- Représenter dans un tableur le grandissement en fonction de la distance d . Modéliser le graphe obtenu.
- En déduire la distance focale du capteur photo.

B.2) Microscope avec un smartphone

Pour faire un zoom « optique », il faut augmenter la distance focale de l'appareil photo. Or celle-ci est fixe sur un smartphone. On peut néanmoins le faire en lui adjoignant une lentille convergente externe. Cela peut se faire tout simplement grâce à une goutte d'eau déposée sur le capteur photo : elle se comporte comme une lentille plan-convexe de distance focale $f' = \frac{R}{n - 1}$ où R est le rayon de la goutte et $n = 1,33$ l'indice optique de l'eau.

- Effectuer l'expérience et calculer la nouvelle distance focale de l'appareil photo.
- En déduire le rayon de la goutte déposée (on rappelle que deux lentilles accolées sont équivalentes à une lentille unique de vergence la somme des vergences des lentilles).