La «Grande Lunette» de Meudon

Bac 2021 Polynésie · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1 À l'aide du document réponse, nommer la lentille L_1 et la lentille L_2 en justifiant.

La lumière venant de l'objet observé traverse d'abord L_1 : cette lentille, placée du côté de l'objet, est l'**objectif**.

La lentille L_2 est placée à la sortie, là où l'observateur met son œil : c'est l'**oculaire**.

L_1 : objectif ; L_2 : oculaire.

COMPRENDRE
Les distances focales confirment ces noms : l'objectif d'une lunette a une grande distance focale ($f'_1 = 16$ m), l'oculaire une petite ($f'_2 = 4$ cm).

2 Donner la définition du terme « afocal ».

Un système optique afocal forme, d'un objet situé à l'infini, une image elle aussi située à l'infini : un faisceau de rayons parallèles à l'entrée ressort en faisceau de rayons parallèles.

Afocal : objet à l'infini et image finale à l'infini.

COMPRENDRE
L'œil regarde alors l'image sans accommoder, donc sans fatigue. Le système n'a pas de foyer, d'où son nom.

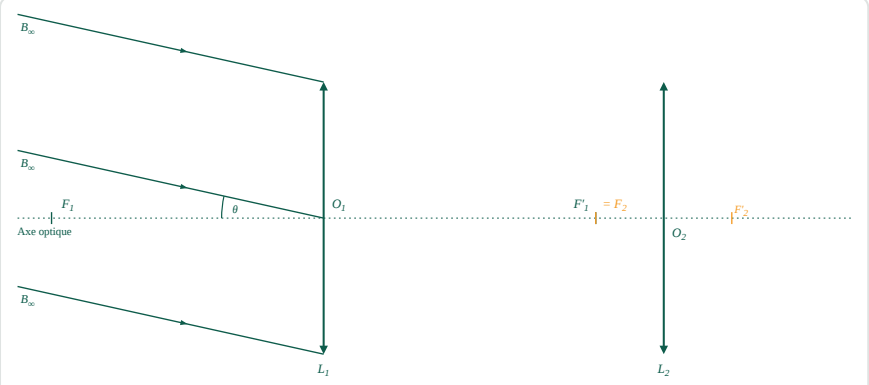
3 Sur le document réponse, placer les foyers objet F_2 et image F'_2 de la lentille L_2, sans souci d'échelle.

La lunette est afocale : le foyer objet F_2 de l'oculaire est confondu avec le foyer image F'_1 de l'objectif.

Le foyer image F'_2 est le symétrique de F_2 par rapport à O_2 : $O_2F'_2 = F_2O_2$.

F_2 est placé sur F'_1 ; F'_2 est à la même distance de O_2, de l'autre côté de L_2.

PIÈGE
Inverser les deux foyers. Pour une lentille convergente, le foyer objet est avant la lentille (côté lumière incidente), le foyer image après.



3 · Document réponse : foyers de la lentille L_2

4 Tracer le rayon issu de B qui passe par le centre optique O_1 jusqu'à sa sortie de L_2. Noter la position de l'image intermédiaire B_1.

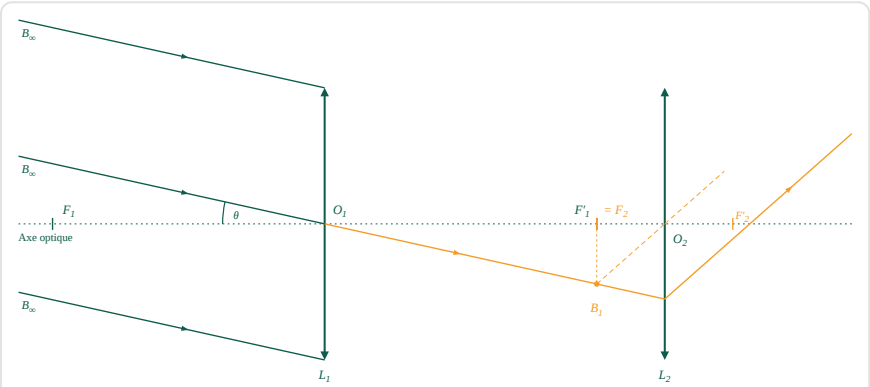
Le rayon passant par O_1 n'est pas dévié : on le prolonge en ligne droite.

B est à l'infini, donc son image B_1 est dans le plan focal image de L_1 : B_1 est le point où ce rayon coupe la perpendiculaire à l'axe passant par F_1'.

B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : les rayons qui en partent ressortent de L_2 parallèles entre eux, dans la direction de la droite (B_1O_2), tracée en pointillés.

B_1 est à la verticale de F_1' ; le rayon émerge de L_2 parallèlement à (B_1O_2).

MÉTHODE
Pour un rayon quelconque arrivant sur une lentille : trouver le point du plan focal objet par lequel il passe, puis tracer le rayon fictif joignant ce point au centre optique. Le rayon émergent lui est parallèle.



4 · Document réponse : rayon passant par O_1, image intermédiaire B_1

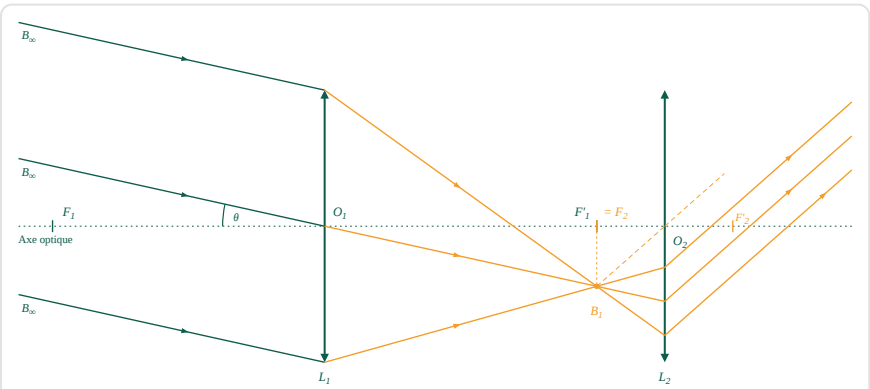
5 Représenter le faisceau émergent en poursuivant les rayons qui s'appuient sur les bords de L_1 jusqu'à leur sortie de L_2.

Les rayons incidents sont parallèles : après L_1, ils passent tous par B_1 . On relie donc chaque bord de L_1 à B_1, puis on prolonge jusqu'à L_2.

Ces rayons viennent de B_1, situé dans le plan focal objet de L_2 : ils ressortent parallèles à (B_1O_2), comme le rayon de la question 4.

Le faisceau émergent est un faisceau de rayons parallèles à (B_1O_2) : l'image définitive est à l'infini.

PIÈGE
Faire passer les rayons émergents par F_2'. Seul un rayon arrivant parallèlement à l'axe optique ressort par le foyer image, ce qui n'est le cas d'aucun rayon ici.



5 · Document réponse : faisceau émergent

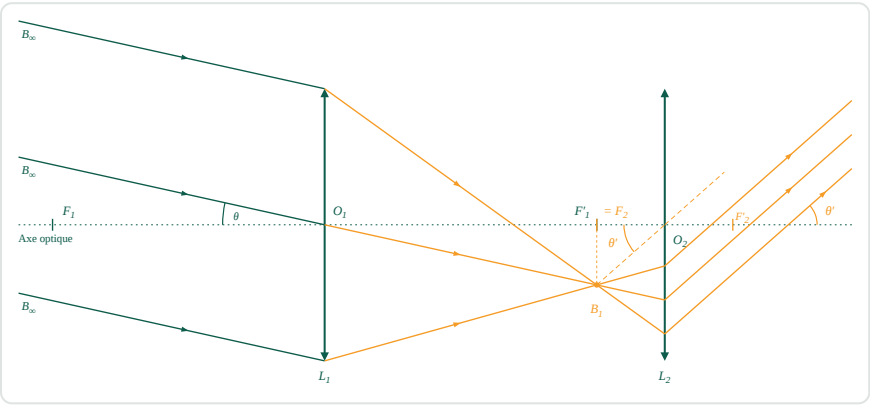
6 Représenter sur le document réponse l'angle θ' sous lequel l'image définitive est vue à travers la lunette.

L'image définitive est à l'infini, dans la direction des rayons émergents. L'angle θ' est l'angle entre l'axe optique et un rayon émergent.

Comme ces rayons sont parallèles à (B_1O_2), on retrouve le même angle en O_2, entre l'axe optique et la droite (B_1O_2).

θ' : angle entre l'axe optique et la direction du faisceau émergent.

COMPRENDRE
Sur le schéma, θ' est nettement plus grand que θ : la lunette agrandit l'angle sous lequel l'objet est vu, c'est son rôle.



6 · Document réponse complété : angle θ'

7 Retrouver, par des considérations géométriques, l'expression du grossissement $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$ en fonction de f'_1 et f'_2.

Données utiles $\tan\theta = \theta$ et $\tan\theta' = \theta'$ (petits angles en radian)

Dans le triangle $O_1F'_1B_1$, rectangle en F'_1, l'angle en O_1 vaut θ (opposé par le sommet à l'angle d'entrée) :

$$\tan\theta = \frac{F'_1B_1}{O_1F'_1} = \frac{F'_1B_1}{f'_1} \quad \text{donc} \quad \theta = \frac{F'_1B_1}{f'_1}$$

Dans le triangle $O_2F_2B_1$, rectangle en $F_2 = F'_1$, l'angle en O_2 vaut θ' :

$$\tan\theta' = \frac{F'_1B_1}{O_2F_2} = \frac{F'_1B_1}{f'_2} \quad \text{donc} \quad \theta' = \frac{F'_1B_1}{f'_2}$$

Alors $G = \dfrac{\theta'}{\theta} = \dfrac{F'_1B_1}{f'_2} \times \dfrac{f'_1}{F'_1B_1}$

$$\boxed{G = \frac{f'_1}{f'_2}}$$

PIÈGE
Écrire $G = f'_2/f'_1$. Un grossissement de lunette est supérieur à 1 : la grande distance focale, celle de l'objectif, est au numérateur.

MÉTHODE
Les deux triangles rectangles ont le même côté F'_1B_1, la taille de l'image intermédiaire. Exprimer chaque angle avec ce côté, puis faire le rapport : il se simplifie.

8 Calculer le grossissement G_{GL} de la « Grande Lunette » de Meudon.

Données utiles $f'_1 = 16$ m ; $f'_2 = 4$ cm ; $G = \dfrac{f'_1}{f'_2}$ (Q7)

Les deux distances focales sont exprimées en mètre : $f'_2 = 4\ \text{cm} = 0{,}04\ \text{m}$.

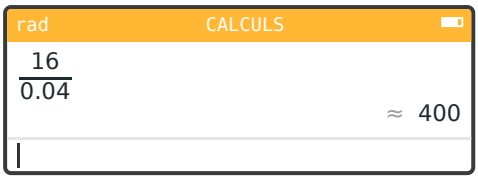
$$G_{GL} = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{16}{0{,}04} = 400$$

$$\boxed{G_{GL} = 400 \text{ (sans unité)}}$$

PIÈGE
Diviser 16 par 4 sans convertir : on trouve 4 au lieu de 400. Un rapport n'a de sens qu'entre deux longueurs de même unité.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : $f'_2 = 4$ cm n'en a qu'un, le résultat s'écrit en toute rigueur 4×10^2. La valeur 400 est conservée pour la suite du calcul.

À LA CALCULATRICE



9 Calculer, en degrés, l'angle θ' sous lequel l'image du cratère Albategnius est observée à travers la « Grande Lunette ».

Données utiles $\theta = 1'$; $1^\circ = 60'$; $G_{GL} = 400$ (Q8)

D'après la définition du grossissement : $\theta' = G_{GL} \times \theta$.

$$\theta' = 400 \times 1' = 400'$$

Conversion en degrés : $\theta' = \dfrac{400}{60} = 6{,}7^\circ$

$\theta' \approx 6{,}7^\circ$, soit environ 7°

PIÈGE

Confondre la notation $1'$ (minute d'arc, soit un soixantième de degré) avec le prime de θ' ou de f', ou multiplier par 60 au lieu de diviser.

COMPRENDRE

Le grossissement est un rapport d'angles : il s'applique quelle que soit l'unité, inutile de passer par le radian. Avec un seul chiffre significatif sur θ et f'_2, la réponse rigoureuse est 7°.

À LA CALCULATRICE

