Spécialité : Lunette astronomique

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A (étude de la lentille L_2). Calculer la vergence de la lentille L_2.

Données utiles $f'_2 = 10\ \text{cm} = 0{,}10\ \text{m}$

La vergence est l'inverse de la distance focale image exprimée en mètre :

$$C_2 = \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{0{,}10}$$

$C_2 = 10\ \delta$

PIÈGE
Laisser f'_2 en centimètre donnerait $0{,}10$ au lieu de 10. La dioptrie est un m^{-1} : la distance focale se convertit toujours en mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée $f'_2 = 10$ cm. La calculatrice est interdite : toutes les valeurs du sujet sont choisies pour des calculs de tête.

2 Partie A. Compléter les figures 1.a, 1.b et 1.c de l'annexe : foyers de la lentille L_2 et construction de l'image A_2B_2 de l'objet A_1B_1.

Données utiles $f'_2 = 10$ cm ; échelle horizontale 1/5, échelle verticale 1/1

À l'échelle 1/5, les foyers F_2 et F'_2 sont placés à $\frac{10}{5} = 2{,}0$ cm de O_2 sur l'annexe, de part et d'autre de la lentille.

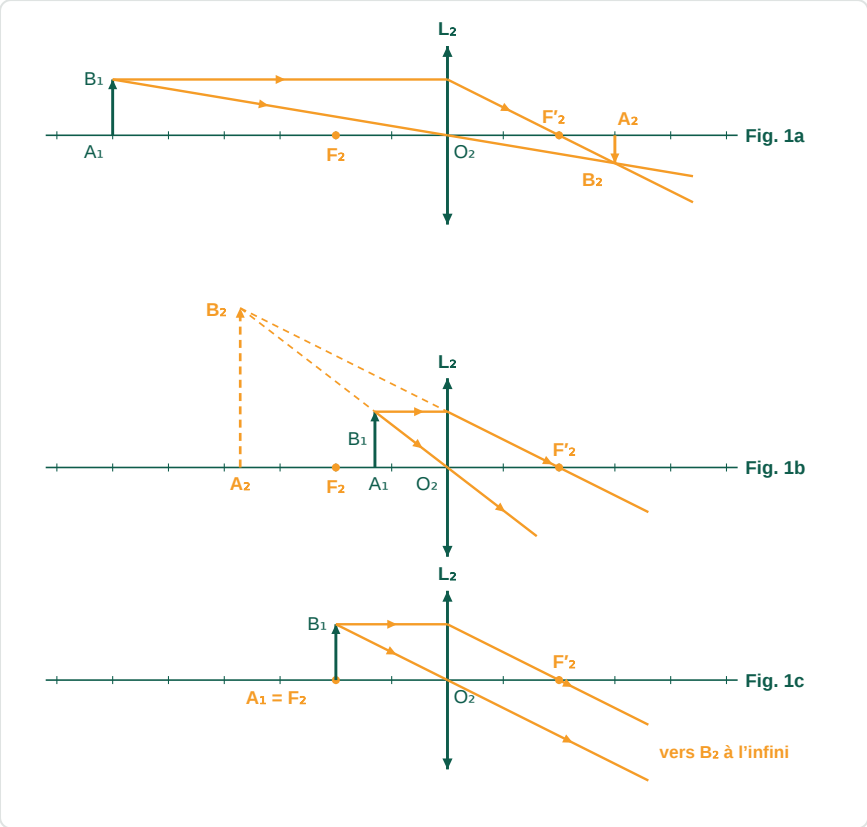
Dans chaque cas, deux rayons issus de B_1 sont tracés : celui qui passe par O_2 n'est pas dévié ; celui qui arrive parallèlement à l'axe optique émerge en passant par F'_2.

- Figure 1.a : les rayons émergents se coupent en B_2, après la lentille. L'image est réelle et renversée.
- Figure 1.b : les rayons émergents divergent ; leurs prolongements (en pointillés) se coupent en B_2, avant la lentille. L'image est virtuelle, droite et agrandie.
- Figure 1.c : A_1 est sur le foyer objet F_2. Les rayons émergents sont parallèles.

1.a : image réelle renversée ; 1.b : image virtuelle droite ; 1.c : image à l'infini.

PIÈGE
Les deux échelles diffèrent. Les distances le long de l'axe sont divisées par 5, les hauteurs sont en vraie grandeur : l'objet de 1 cm reste dessiné avec 1 cm.

MÉTHODE
Un troisième rayon sert de contrôle : celui qui passe par F_2 avant la lentille émerge parallèlement à l'axe optique. Il doit passer lui aussi par B_2.



2 · Figure 1 complétée (1 graduation = 1 cm sur l'annexe, soit 5 cm réels) : foyers, rayons et images en orange

3 Partie A. Dans le cas de la figure 1.a, retrouver par le calcul la position de l'image.

Données utiles $f'_2 = 10$ cm ; sur l'annexe, A_1 est à $6{,}0$ cm avant O_2 (échelle 1/5)

Position réelle de l'objet : $\overline{O_2A_1} = -6{,}0 \times 5 = -30$ cm.

Relation de conjugaison : $\dfrac{1}{\overline{O_2A_2}} - \dfrac{1}{\overline{O_2A_1}} = \dfrac{1}{f'_2}$

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{f'_2} + \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15}$$

$\overline{O_2A_2} = +15$ cm : l'image est à 15 cm après L_2, soit $3{,}0$ cm sur l'annexe, en accord avec la construction.

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_2A_1}$. L'objet est avant la lentille, sa position algébrique est négative : avec $+30$ on obtiendrait 7,5 cm, ce que la construction dément.

COMPRENDRE
Le grandissement vaut $\gamma = \dfrac{\overline{O_2A_2}}{\overline{O_2A_1}} = \dfrac{15}{-30} = -0{,}50$: l'image est renversée et mesure $0{,}50$ cm, comme sur la figure 1.a.

1 Partie B (modèle de lunette astronomique). Quel rôle joue A_1B_1 pour la lentille L_2 ?

A_1B_1 est l'image que la lentille L_1 donne de l'objet AB. La lumière qui en provient traverse ensuite L_2.

A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille L_2.

2 Partie B. Comment nomme-t-on les lentilles L_1 et L_2 dans ce système optique ?

L_1 est tournée vers l'objet observé et reçoit sa lumière en premier ; l'œil se place derrière L_2.

L_1 est l'objectif, L_2 est l'oculaire.

COMPRENDRE
L'objectif est toujours la lentille de plus grande distance focale (60 cm ici), l'oculaire celle de plus petite distance focale (10 cm).

3 Partie B. Compléter la figure 2 de l'annexe : lentille L_1 et centre optique O_1, foyers des deux lentilles, image intermédiaire A_1B_1 de hauteur 1 cm, deux rayons traversant les deux lentilles en passant par B_1.

Données utiles $f'_1 = 60$ cm ; $f'_2 = 10$ cm ; $O_1O_2 = 70$ cm ; échelle horizontale 1/10, échelle verticale 1/1

Distances sur l'annexe (échelle 1/10) : O_1 est à 7,0 cm avant O_2 ; F_1 et F'_1 sont à 6,0 cm de O_1 ; F_2 et F'_2 sont à 1,0 cm de O_2.

A_1B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : A_1 est en F_2, à 1,0 cm avant O_2. Comme $O_1F_2 = 70 - 10 = 60$ cm $= f'_1$, le point F_2 est confondu avec F'_1.

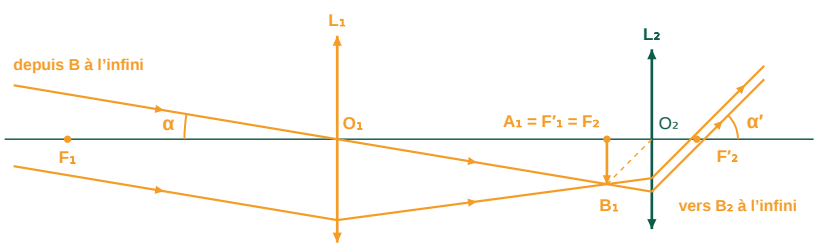
Rayons passant par B_1 :

- le rayon qui passe par O_1 n'est pas dévié par L_1 ;
- un second rayon incident, parallèle au premier, est dévié par L_1 vers B_1 ;
- après L_2, les deux rayons émergent parallèlement à la droite (B_1O_2), tracée en pointillés.

A_1 est confondu avec F'_1 et F_2 ; les rayons qui passent par B_1 entrent parallèles entre eux et ressortent parallèles entre eux.

PIÈGE
Dessiner B_1 du même côté de l'axe que les rayons incidents. Le rayon passant par O_1 traverse l'axe : B_1 se trouve de l'autre côté.

MÉTHODE
B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : tous les rayons qui en partent émergent parallèles. Leur direction commune est celle du rayon non dévié, qui irait de B_1 à O_2.



3 · Figure 2 complétée : lentille L_1, foyers, image intermédiaire, deux rayons passant par B_1, angles α et α'

4 Partie B. D'après la construction, où se trouve l'objet AB ? Où se trouve l'image définitive A_2B_2 ?

L'image A_1B_1 donnée par L_1 se forme dans son plan focal image (A_1 en F'_1) : l'objet AB est donc à l'infini. Les rayons issus de B arrivent parallèles entre eux sur L_1.

A_1B_1 est dans le plan focal objet de L_2 (A_1 en F_2) : les rayons émergent de L_2 parallèles entre eux.

L'objet AB est à l'infini et l'image définitive A_2B_2 est à l'infini.

COMPRENDRE
Un tel système est dit afocal. L'œil voit sans accommoder une image située à l'infini : l'observation se fait sans fatigue.

5 Partie B. Grossissement $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$. a) Définir les diamètres apparents α et α'. b) Les indiquer sur la figure 2. c) Exprimer G en fonction des distances focales, puis le calculer. d) En déduire un moyen d'augmenter le grossissement.

Données utiles $f'_1 = 60$ cm ; $f'_2 = 10$ cm ; figure 2 complétée (Q3 de la partie B)

a) α est l'angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu. α' est l'angle sous lequel l'image définitive A_2B_2 est vue à travers la lunette.

b) Sur la figure 2, α est l'angle entre l'axe optique et le rayon incident passant par O_1 ; α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents.

c) Les angles sont petits : $\tan\alpha \approx \alpha$ et $\tan\alpha' \approx \alpha'$ (en radian).

Dans le triangle $O_1A_1B_1$ rectangle en A_1 : $\alpha \approx \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ rectangle en A_1 (les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2)) : $\alpha' \approx \dfrac{A_1B_1}{O_2A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{60}{10}$$

d) G augmente si f'_1 augmente ou si f'_2 diminue : on choisit un objectif de plus grande distance focale ou un oculaire de plus courte distance focale.

$G = \dfrac{f'_1}{f'_2} = 6{,}0$; pour l'augmenter : objectif plus long en focale, ou oculaire plus court.

PIÈGE

Inverser le rapport et écrire $G = \dfrac{f'_2}{f'_1}$. Contrôle : une lunette grossit, donc G est supérieur à 1 et la plus grande distance focale est au numérateur.

COMPRENDRE

G est un rapport de deux longueurs de même unité : il n'a pas d'unité, et les centimètres peuvent être gardés. En pratique, on change d'oculaire, plus simple à remplacer que l'objectif.