Spécialité : Modélisation d'un microscope

Bac S 2007 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Avec la relation de conjugaison appliquée à L_1, déterminer la position de l'image intermédiaire A_1B_1. Avec quel point particulier de L_2 le point A_1 est-il confondu ?

Données utiles $\overline{O_1A} = -12{,}5$ cm ; $f'_1 = 10{,}0$ cm ; $f'_2 = 20{,}0$ cm ; $\Delta = \overline{F'_1F_2} = 40{,}0$ cm

Relation de conjugaison pour L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f'_1}$, d'où

$$\overline{O_1A_1} = \frac{f'_1 \times \overline{O_1A}}{\overline{O_1A} + f'_1} = \frac{10{,}0 \times (-12{,}5)}{-12{,}5 + 10{,}0} = \frac{-125}{-2{,}5} = 50{,}0 \text{ cm}$$

L'image se forme 50,0 cm après L_1 : la mesure des élèves (50,3 cm) est correcte à la précision du banc près.

Position du foyer objet de L_2 : $\overline{O_1F_2} = \overline{O_1F'_1} + \overline{F'_1F_2} = 10{,}0 + 40{,}0 = 50{,}0$ cm $= \overline{O_1A_1}$.

$\overline{O_1A_1} = 50{,}0$ cm : A_1 est confondu avec F_2, foyer objet de l'oculaire.

PIÈGE
L'objet est avant la lentille : $\overline{O_1A} = -12{,}5$ cm. Avec $+12{,}5$ cm, on trouve une image à 5,6 cm, sans rapport avec la mesure.

COMPRENDRE
Calculatrice interdite : on garde des fractions simples, $125 \div 2{,}5 = 50$. Trois chiffres significatifs, comme les données. Le programme actuel étudie la lunette afocale ; le microscope se traite avec les mêmes outils.

1.2 Déterminer le grandissement théorique γ_1 de l'objectif.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 50{,}0$ cm (1.1) ; $\overline{O_1A} = -12{,}5$ cm

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{50{,}0}{-12{,}5}$$

$\gamma_1 = -4{,}00$

COMPRENDRE
Un grandissement n'a pas d'unité. $|\gamma_1| > 1$: l'image est agrandie ; $\gamma_1 < 0$: elle est renversée.

1.3 Calculer la hauteur de l'image A_1B_1.

Données utiles $\overline{AB} = 0{,}50$ cm ; $\gamma_1 = -4{,}00$ (1.2)

Le grandissement s'écrit aussi $\gamma_1 = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$, donc

$$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -4{,}00 \times 0{,}50 = -2{,}0 \text{ cm}$$

L'image mesure 2,0 cm de haut ($\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm), en accord avec les 2,1 cm mesurés.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : $AB = 0{,}50$ cm est la donnée la moins précise.

1.4 Quel est le sens de cette image ?

$\overline{A_1B_1}$ et $\overline{AB}$ sont de signes contraires ($\gamma_1 < 0$).

L'image A_1B_1 est renversée : la flèche pointe vers le bas, comme l'ont observé les élèves.

2.1 Sur le schéma 1 de l'annexe, placer le point B_1, puis tracer la marche de deux rayons lumineux issus de B_1.

Données utiles $\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm (1.3) ; échelles : 1/1 verticalement, 1/10 horizontalement ; $f'_2 = 20{,}0$ cm

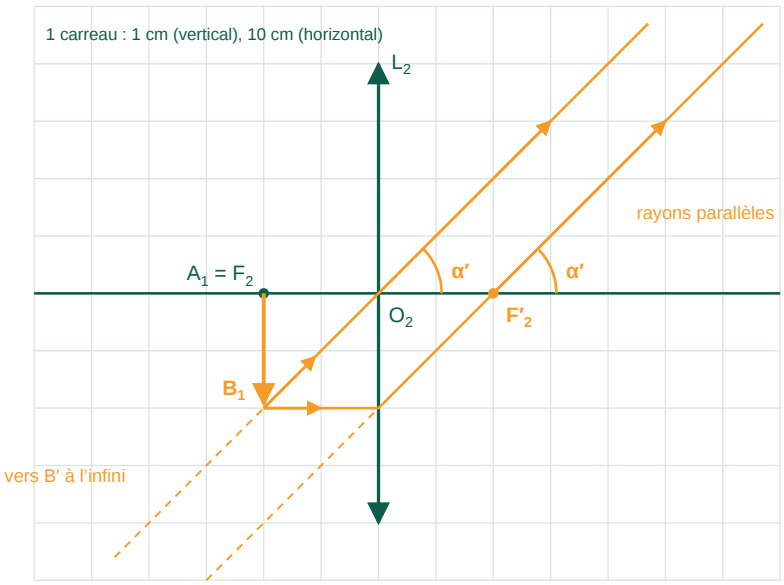
B_1 est placé 2,0 cm sous A_1 (échelle 1/1). Le foyer image F'_2 est à 2,0 cm à droite de O_2 sur le schéma (échelle 1/10).

Rayons tracés à partir de B_1 :

- celui qui passe par le centre optique O_2 n'est pas dévié ;
- celui qui arrive parallèlement à l'axe optique ressort en passant par F'_2.

Les deux rayons émergent de L_2 parallèles entre eux.

MÉTHODE
Trois rayons particuliers pour une lentille convergente : par O, non dévié ; parallèle à l'axe, émerge par F' ; passant par F, émerge parallèle à l'axe. Deux suffisent, tracés à la règle et fléchés.



2.1 · Schéma 1 complété : image intermédiaire dans le plan focal objet de l'oculaire, rayons émergents parallèles

2.2 Quelle est la position de l'image définitive $A'B'$?

A_1B_1 est dans le plan focal objet de l'oculaire : les rayons issus de B_1 ressortent parallèles et ne se coupent pas à distance finie.

L'image définitive $A'B'$ est rejetée à l'infini.

COMPRENDRE
Un œil normal voit sans accommoder un objet à l'infini : ce réglage permet d'observer longtemps sans fatigue.

3.1 Calculer l'angle α sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu.

Données utiles $AB = 0{,}50$ cm ; $d_m = 25{,}0$ cm

L'objet est vu à la distance d_m : $\tan\alpha = \dfrac{AB}{d_m}$. L'angle est petit, donc $\tan\alpha \approx \alpha$ (en radians) :

$$\alpha = \frac{AB}{d_m} = \frac{0{,}50}{25{,}0}$$

$\alpha = 0{,}020$ rad $= 2{,}0 \times 10^{-2}$ rad

PIÈGE
L'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ donne un angle en radians, pas en degrés. Les deux longueurs doivent être dans la même unité.

3.2 Sur le schéma 1 de l'annexe, indiquer l'angle α' puis calculer sa valeur.

Données utiles $A_1B_1 = 2{,}0$ cm (1.3) ; $O_2F_2 = f'_2 = 20{,}0$ cm

α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents (voir le schéma 1 complété, question 2.1).

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec A_1 confondu avec F_2 :

$$\tan\alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} \approx \alpha' \qquad \alpha' = \frac{2{,}0}{20{,}0}$$

$\alpha' = 0{,}10$ rad

PIÈGE
Ne pas mesurer α' au rapporteur : les deux échelles du schéma sont différentes, l'angle dessiné (45°) n'est pas l'angle réel (environ 6°).

3.3 Calculer le grossissement du microscope.

Données utiles $\alpha = 0{,}020$ rad (3.1) ; $\alpha' = 0{,}10$ rad (3.2)

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{0{,}10}{0{,}020} = \frac{10}{2{,}0}$$

$G = 5{,}0$

COMPRENDRE
Sans unité. À travers ce microscope modélisé, l'objet paraît cinq fois plus grand qu'à l'œil nu placé à 25 cm.

4.1 Donner la définition du cercle oculaire.

Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif L_1 donnée par l'oculaire L_2.

4.2 Sur le schéma 2 de l'annexe, déterminer par une construction graphique la position du cercle oculaire et son diamètre.

Données utiles diamètre des lentilles : 8,0 cm ; $\overline{O_1O_2} = 10{,}0 + 40{,}0 + 20{,}0 = 70{,}0$ cm ; $f'_2 = 20{,}0$ cm ; échelles : 1/1 verticalement, 1/10 horizontalement

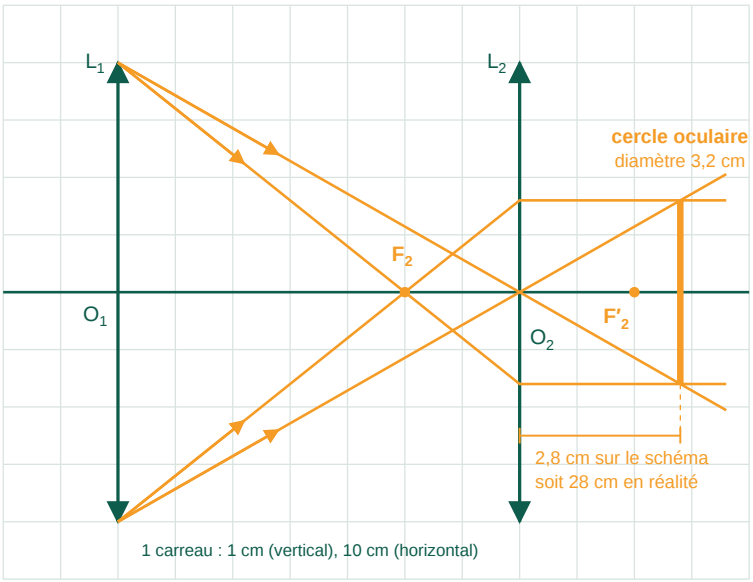
On place F_2 et F'_2 à 2,0 cm de part et d'autre de O_2 sur le schéma. On cherche l'image par L_2 de chaque bord de l'objectif, avec deux rayons :

- celui qui passe par O_2 n'est pas dévié ;
- celui qui passe par F_2 ressort parallèle à l'axe optique.

Leur intersection donne l'image du bord. On lit sur le schéma : 2,8 cm à droite de O_2, soit 28 cm en réalité (échelle 1/10), et 3,2 cm entre les deux images des bords (échelle 1/1).

Le cercle oculaire est situé 28 cm après l'oculaire ; son diamètre vaut 3,2 cm.

COMPRENDRE
Vérification par le calcul : $\frac{1}{\overline{O_2C}} = \frac{1}{20{,}0} + \frac{1}{-70{,}0}$ donne $\overline{O_2C} = 28{,}0$ cm ; grandissement $\frac{28{,}0}{-70{,}0} = -0{,}400$, soit un diamètre de $0{,}400 \times 8{,}0 = 3{,}2$ cm.



4.2 · Schéma 2 complété : image de l'objectif donnée par l'oculaire

4.3 Quel est l'intérêt pratique du cercle oculaire ?

Toute la lumière qui a traversé l'objectif puis l'oculaire passe par le cercle oculaire.

En plaçant la pupille de l'œil à cet endroit, on reçoit le maximum de lumière : l'image observée est la plus lumineuse possible.

COMPRENDRE

Ici le cercle (3,2 cm) est bien plus large qu'une pupille : seule une partie de la lumière entre dans l'œil. Dans un vrai microscope, il ne mesure que quelques millimètres.