Spécialité : Microscope

Bac S 2009 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

3.1.1 Calculer les distances focales f'_1 et f'_2 de l'objectif et de l'oculaire.

Données utiles $C_1 = 250\ \delta$; $C_2 = 40\ \delta$

La distance focale est l'inverse de la vergence : $f' = \dfrac{1}{C}$.

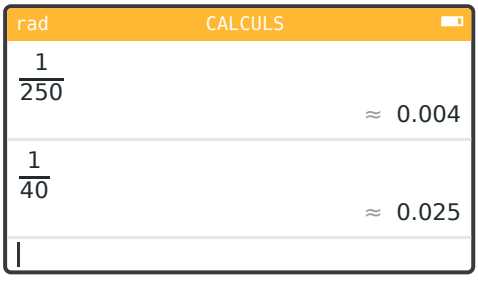
$f'_1 = \dfrac{1}{250} = 4{,}00 \times 10^{-3}$ m $\qquad f'_2 = \dfrac{1}{40} = 2{,}5 \times 10^{-2}$ m

$f'_1 = 4{,}00$ mm et $f'_2 = 2{,}5$ cm

COMPRENDRE
Une dioptrie vaut $1\ \text{m}^{-1}$: le calcul donne des mètres. Autant de chiffres significatifs que la vergence : trois pour f'_1, deux pour f'_2.

COMPRENDRE
Le programme actuel de terminale étudie la lunette astronomique ; le microscope se traite avec les mêmes outils : relation de conjugaison, grandissement, diamètre apparent.

À LA CALCULATRICE



3.1.2 Faire un schéma permettant de déterminer le diamètre apparent α de la spore observée à l'œil nu à la distance d_m, puis calculer α.

Données utiles $AB = 2\ \mu$m ; $d_m = 25$ cm

Le diamètre apparent est l'angle sous lequel l'œil voit l'objet (schéma ci-dessous).

Dans le triangle rectangle en A : $\tan\alpha = \dfrac{AB}{d_m}$, et comme l'angle est très petit, $\alpha \approx \tan\alpha$:

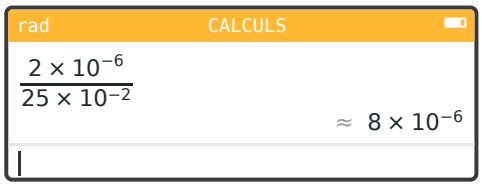
$$\alpha = \frac{AB}{d_m} = \frac{2 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-2}}$$

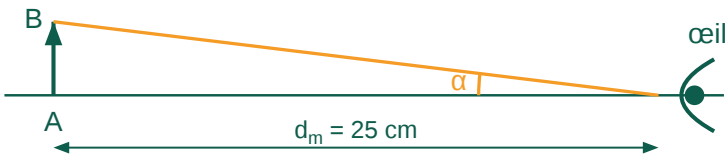
$\alpha = 8 \times 10^{-6}$ rad

PIÈGE
Convertir les deux longueurs en mètres. Le résultat est un angle en radians, l'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ n'étant valable que dans cette unité.

COMPRENDRE
Un seul chiffre significatif, comme AB. L'œil ne sépare que des détails vus sous environ 3×10^{-4} rad : la spore est invisible à l'œil nu.

À LA CALCULATRICE





3.1.2 · La spore AB vue à l'œil nu sous l'angle α (schéma sans échelle)

3.2.1 Construire sur le schéma 1 l'image A_1B_1 de AB à travers l'objectif (L_1).

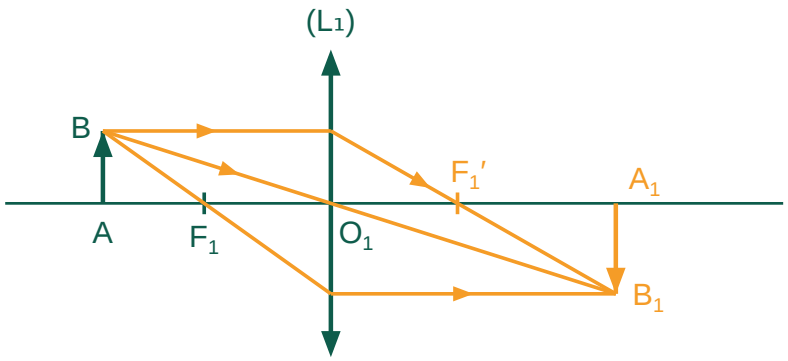
On place d'abord F_1', symétrique de F_1 par rapport à O_1, puis on trace deux rayons issus de B (un troisième sert de vérification) :

- le rayon passant par O_1 n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à l'axe optique émerge en passant par F_1' ;
- le rayon passant par F_1 émerge parallèlement à l'axe.

Ces rayons se coupent en B_1 ; A_1 est le projeté de B_1 sur l'axe.

L'image A_1B_1 est réelle, renversée et plus grande que l'objet.

PIÈGE
Les rayons changent de direction sur le trait de la lentille, pas avant. Ils portent une flèche et sont tracés à la règle.



3.2.1 · Schéma 1 : construction de l'image intermédiaire A_1B_1 (en orange)

3.2.2 Où l'image A_1B_1 doit-elle se trouver pour l'oculaire si l'on veut que l'image définitive A_2B_2 soit à l'infini ?

A_1B_1 joue le rôle d'objet pour l'oculaire. Une lentille convergente donne une image à l'infini d'un objet situé dans son plan focal objet.

A_1B_1 doit être dans le plan focal objet de l'oculaire : A_1 est confondu avec F_2.

COMPRENDRE
Image à l'infini : l'œil l'observe sans accommoder, donc sans fatigue. C'est le réglage habituel d'un instrument d'optique.

3.2.3 Représenter l'oculaire sur le schéma, sans souci d'échelle.

On note F_2 au point A_1. L'oculaire (L_2) est une lentille convergente (double flèche pointes vers l'extérieur) placée à droite de A_1, perpendiculairement à l'axe, de centre optique O_2.

On place ensuite F_2', symétrique de F_2 par rapport à O_2.

Oculaire tracé à droite de A_1, avec $O_2F_2 = O_2F_2'$ (voir le schéma de la question 3.2.4).

3.2.4 Construire l'image définitive A_2B_2 et indiquer sur le schéma l'angle α', diamètre apparent de A_2B_2.

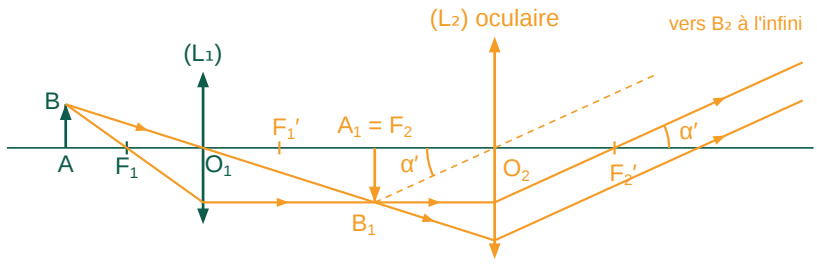
On prolonge jusqu'à l'oculaire deux rayons issus de B et passant par B_1 :

- celui qui arrive parallèlement à l'axe émerge en passant par F_2' ;
- l'autre émerge parallèlement au premier, car B_1 est dans le plan focal objet.

Tous les rayons émergents sont parallèles à la droite (B_1O_2), tracée en pointillés : B_2 est à l'infini dans cette direction, A_2 à l'infini sur l'axe.

α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents, c'est-à-dire l'angle $\widehat{A_1O_2B_1}$.

PIÈGE
Tracer des rayons émergents qui se croisent : l'image serait à distance finie. Ils doivent être parallèles entre eux.



3.2.4 · Schéma 1 complété : oculaire, rayons émergents parallèles et angle α' (en orange)

3.3.1 Calculer la distance entre l'objectif et l'image A_1B_1.

Données utiles $f_1' = 0{,}400$ cm (3.1.1) ; $F_1'F_2 = 16$ cm

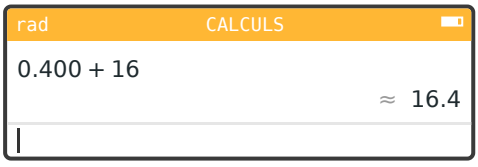
A_1 est confondu avec F_2 (3.2.2), donc :

$$O_1A_1 = O_1F_1' + F_1'F_2 = f_1' + F_1'F_2 = 0{,}400 + 16$$

$O_1A_1 = 16{,}4$ cm

COMPRENDRE
Sur le microscope réel, l'intervalle optique vaut 40 fois f_1' : le schéma 1, où les deux longueurs sont voisines, n'est pas à l'échelle.

À LA CALCULATRICE



3.3.2 En déduire la distance entre l'objet observé et l'objectif.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 16{,}4$ cm (3.3.1) ; $C_1 = 250\ \delta$

Relation de conjugaison pour l'objectif : $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f_1'} = C_1$

donc $\dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - C_1 = \dfrac{1}{16{,}4 \times 10^{-2}} - 250 = -244\ \text{m}^{-1}$

$\overline{O_1A} = -4{,}1 \times 10^{-3}$ m : valeur négative, l'objet est avant la lentille.

L'objet est à $4{,}1$ mm de l'objectif.

PIÈGE
Ce sont des grandeurs algébriques, en mètres : oublier le signe de $\overline{O_1A}$ ou laisser 16,4 en centimètres fausse tout le calcul.

COMPRENDRE
L'objet est juste au-delà du foyer objet ($4{,}1$ mm pour $f_1' = 4{,}00$ mm) : c'est ce qui donne une image réelle très agrandie.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1}{16.4 \times 10^{-2}} - 250 \approx -243.9024$

$\dfrac{1}{\dfrac{1}{16.4 \times 10^{-2}} - 250} \approx -0.0041$

3.3.3 Calculer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 et le grandissement γ_1 de l'objectif. La valeur est-elle en accord avec l'indication ($\times 40$) de la monture ?

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 16{,}4 \times 10^{-2}$ m (3.3.1) ; $\overline{O_1A} = -4{,}1 \times 10^{-3}$ m (3.3.2) ; $AB = 2\ \mu$m

Grandissement : $\gamma_1 = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \dfrac{16{,}4 \times 10^{-2}}{-4{,}1 \times 10^{-3}} = -40$

$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -40 \times 2 \times 10^{-6} = -8 \times 10^{-5}$ m

L'image intermédiaire est renversée ($\gamma_1 < 0$) et mesure 8×10^{-5} m, soit $80\ \mu$m.

$\gamma_1 = -40$ et $A_1B_1 = 8 \times 10^{-5}$ m : $|\gamma_1| = 40$, en accord avec l'indication $\times 40$.

COMPRENDRE
La monture indique la valeur absolue du grandissement. Le signe « – » traduit seulement le renversement de l'image.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{16.4 \times 10^{-2}}{-4.1 \times 10^{-3}} \approx -40$

$(-40) \times 2 \times 10^{-6} \approx -8 \times 10^{-5}$

3.3.4 Établir l'expression de α' en fonction de A_1B_1 et f_2', puis calculer sa valeur avec la même approximation que pour α.

Données utiles $A_1B_1 = 8 \times 10^{-5}$ m (3.3.3) ; $f_2' = 2{,}5 \times 10^{-2}$ m (3.1.1)

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_2A_1 = O_2F_2 = f_2'$:

$\tan\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}$, et pour un petit angle $\alpha' \approx \tan\alpha'$, donc $\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f_2'}$.

$$\alpha' = \frac{8 \times 10^{-5}}{2{,}5 \times 10^{-2}}$$

$\alpha' = 3{,}2 \times 10^{-3}$ rad

COMPRENDRE
L'énoncé renvoie à la question « 1.2 » : il s'agit de la question 3.1.2 et de l'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$.

COMPRENDRE
Avec AB connu à un seul chiffre, il faudrait écrire 3×10^{-3} rad ; on garde 3,2 comme valeur intermédiaire pour ne pas fausser le calcul de G.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{8 \times 10^{-5}}{2.5 \times 10^{-2}} \approx 0.0032$

3.4.1 Calculer le grossissement standard $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ de ce microscope.

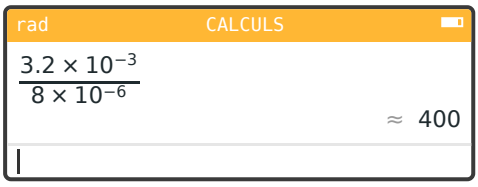
Données utiles $\alpha' = 3{,}2 \times 10^{-3}$ rad (3.3.4) ; $\alpha = 8 \times 10^{-6}$ rad (3.1.2)

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{3{,}2 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-6}}$$

$G = 4 \times 10^{2}$: la spore est vue sous un angle 400 fois plus grand qu'à l'œil nu.

COMPRENDRE
G est un rapport de deux angles : il n'a pas d'unité. Il ne dépend pas de la taille de l'objet, car AB se simplifie dans le rapport.

À LA CALCULATRICE



3.4.2 Sachant que $G = |\gamma_1| \cdot G_2$, dire lequel des trois oculaires ($\times 4$; $\times 10$; $\times 40$) a été utilisé.

Données utiles $G = 4 \times 10^{2}$ (3.4.1) ; $|\gamma_1| = 40$ (3.3.3)

$$G_2 = \frac{G}{|\gamma_1|} = \frac{4 \times 10^{2}}{40} = 10$$

$G_2 = 10$: l'oculaire utilisé est celui marqué $\times 10$.

MÉTHODE
Vérification directe : le grossissement d'un oculaire vaut $G_2 = \dfrac{d_m}{f_2'} = \dfrac{25}{2{,}5} = 10$. Deux chemins indépendants donnent le même résultat.

À LA CALCULATRICE

