Spécialité : Microscopie au service de la biologie

Bac S 2012 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Calculer la distance focale de la lentille L₁ (objectif).

Données utiles $C_1 = 50\ \delta$

La distance focale est l'inverse de la vergence : $f'_1 = \dfrac{1}{C_1}$

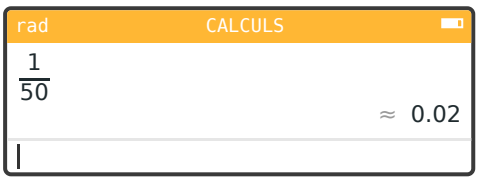
$$f'_1 = \frac{1}{50} = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$$\boxed{f'_1 = 2{,}0\ \text{cm}}$$

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme $C_1 = 50\ \delta$. La dioptrie vaut $1\ \text{m}^{-1}$: le résultat sort en mètres.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 À l'aide de la formule de conjugaison, montrer que l'image intermédiaire est telle que $\overline{O_1A_1} = 15$ cm.

Données utiles $\overline{O_1A} = -2{,}30$ cm ; $C_1 = 50\ \delta$

Relation de conjugaison de L₁ : $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f'_1} = C_1$, d'où

$$\overline{O_1A_1} = \frac{1}{C_1 + \dfrac{1}{\overline{O_1A}}}$$

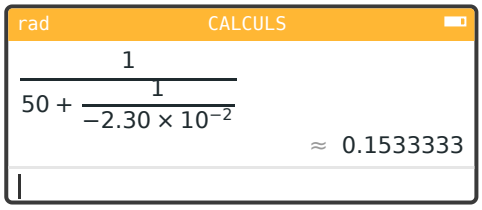
$$\overline{O_1A_1} = \frac{1}{50 + \dfrac{1}{-2{,}30 \times 10^{-2}}} = 0{,}153\ \text{m}$$

$$\boxed{\overline{O_1A_1} = 15\ \text{cm}\ \text{(deux chiffres significatifs), valeur attendue : } 15\ \text{cm.}}$$

PIÈGE

Oublier le signe de $\overline{O_1A}$: l'objet est avant la lentille, $\overline{O_1A} < 0$. Avec $+2{,}30$ cm, on trouve une valeur absurde.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 Déterminer le grandissement de l'objectif.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 15{,}3$ cm (Q1.2.1) ; $\overline{O_1A} = -2{,}30$ cm

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

$$\gamma_1 = \frac{15{,}3}{-2{,}30} = -6{,}67$$

$$\boxed{\gamma_1 \approx -6{,}7\ \text{: image renversée, 6,7 fois plus grande que l'objet.}}$$

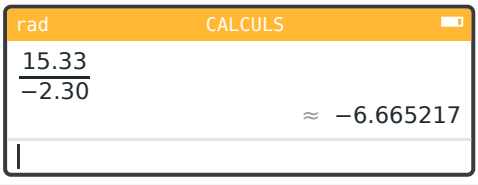
PIÈGE

Le grandissement est sans unité et négatif : image réelle renversée.

COMPRENDRE

En prenant la valeur arrondie 15 cm, on obtient $\gamma_1 = -6{,}5$; l'écart vient seulement de l'arrondi. Garder la valeur non arrondie en mémoire de la calculatrice.

À LA CALCULATRICE



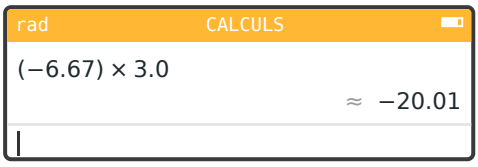
1.2.3 Montrer que la taille de l'image intermédiaire vaut $\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm.

Données utiles $\overline{AB} = 3{,}0$ mm ; $\gamma_1 = -6{,}67$ (Q1.2.2)

$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -6{,}67 \times 3{,}0 = -20$ mm

$\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm, valeur attendue : $-2{,}0$ cm.

À LA CALCULATRICE



1.3 Positionner l'image intermédiaire A₁B₁ sur le schéma de l'annexe 3 (aucun tracé de rayon exigé).

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 15$ cm (Q1.2.1) ; $\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm (Q1.2.3) ; échelle 1 cm pour 1 cm

On place A₁ sur l'axe optique à 15 cm à droite de O₁, puis B₁ à 2,0 cm sous l'axe, à la verticale de A₁ (image renversée).

A₁B₁ : flèche vers le bas, de 2,0 cm, à 15 cm après O₁ (voir annexe complétée en 1.4.2).

1.4.1 Déterminer graphiquement la position du centre optique O₂ de l'oculaire L₂ et placer cette lentille.

Données utiles A'B' donnée sur l'annexe 3 ; A₁B₁ placée en 1.3

A₁B₁ est l'objet de l'oculaire et A'B' son image. Un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié : B₁, O₂ et B' sont alignés.

On trace la droite (B'B₁) : elle coupe l'axe optique en O₂. On y place L₂, perpendiculaire à l'axe.

$O_1O_2 \approx 19$ cm (mesure sur l'annexe : 19,2 cm).

PIÈGE
Le rayon réel part de B₁ ; sa partie entre B' et B₁ est un prolongement virtuel, à tracer en pointillés.

MÉTHODE
Lentille inconnue : la droite joignant un point objet à son point image coupe l'axe au centre optique.

1.4.2 Déterminer graphiquement la position du foyer image F'₂ et mesurer la distance focale f'_2.

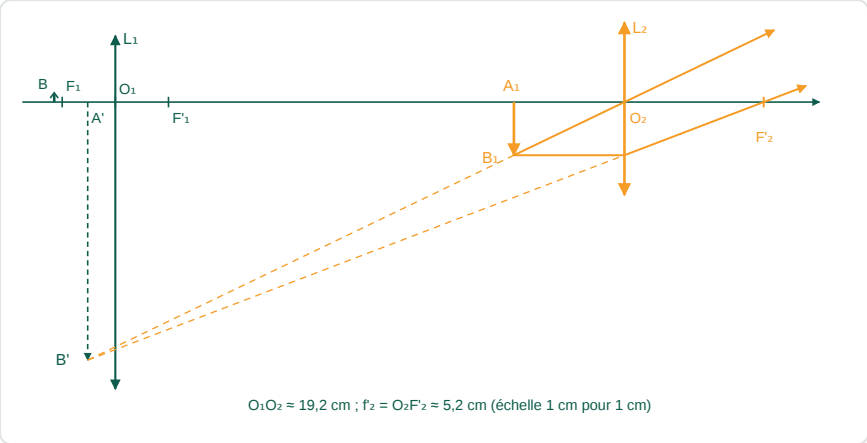
Données utiles O₂ placé en 1.4.1 ; échelle 1 cm pour 1 cm

Le rayon issu de B₁ parallèle à l'axe frappe L₂ en un point I, puis émerge en passant par F'₂ ; son prolongement en arrière passe par B'.

On trace la droite (B'I) : elle coupe l'axe optique en F'₂. On mesure $O_2F'_2$.

$f'_2 = \overline{O_2F'_2} \approx 5{,}2$ cm

COMPRENDRE
Une lecture graphique admet une tolérance d'environ $\pm 0{,}2$ cm. Le calcul par la relation de conjugaison avec ces positions donne la même valeur.



1.4.2 · Annexe 3 complétée (questions 1.3, 1.4.1 et 1.4.2), réduite

2.1.1 L'œil étant au foyer image de l'oculaire, où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 pour que l'image définitive soit à l'infini ?

Une image à l'infini est donnée par un objet placé dans le plan focal objet de la lentille.

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

PIÈGE
Confondre F_2 (foyer objet, avant L_2) et F'_2 (foyer image, après L_2).

2.1.2 Vérifier que, dans ces conditions, $\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm.

Données utiles $\overline{O_1F_2} = 14{,}0$ cm ; $f'_1 = 2{,}0$ cm (Q1.1)

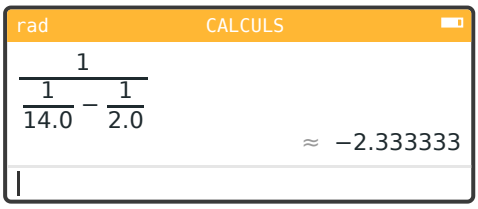
A_1 est en F_2 : $\overline{O_1A_1} = \overline{O_1F_2} = 14{,}0$ cm.

Relation de conjugaison de L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{f'_1}$, d'où $\overline{O_1A} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{14{,}0} - \dfrac{1}{2{,}0}}$

$\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm, valeur attendue : $-2{,}33$ cm.

COMPRENDRE
Toutes les distances sont en centimètres : inutile de convertir, à condition de ne pas mélanger cm et vergence en dioptries.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Un objet est discernable à l'œil nu si son diamètre apparent dépasse $3{,}5 \times 10^{-4}$ rad. Peut-on discerner une bactérie de 1,0 µm à l'œil nu ?

Données utiles $AB = 1{,}0\ \mu$m ; $d = 25$ cm

Diamètre apparent : $\tan\alpha = \dfrac{AB}{d}$, et α petit : $\alpha \approx \dfrac{AB}{d}$

$\alpha = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-6}}{0{,}25} = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad

$\alpha = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad $< 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : la bactérie n'est pas discernable à l'œil nu.

PIÈGE
L'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ n'est valable qu'avec α en radians. Convertir les deux longueurs dans la même unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.0 \times 10^{-6}}{0.25}$

$\approx 4 \times 10^{-6}$

2.2.2 Déterminer la taille de l'image intermédiaire $\overline{A_1B_1}$ de la bactérie.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 14{,}0$ cm et $\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm (Q2.1.2) ; $\overline{AB} = 1{,}0\ \mu$m

Dans les conditions de la partie 2 : $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \dfrac{14{,}0}{-2{,}33} = -6{,}0$

$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -6{,}0 \times 1{,}0$

$\overline{A_1B_1} = -6{,}0\ \mu$m

PIÈGE

Réutiliser $\gamma_1 = -6{,}7$ de la partie 1 : l'objet n'est plus au même endroit ($-2{,}33$ cm au lieu de $-2{,}30$ cm), le grandissement change.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{14.0}{-2.33}$

≈ -6.008584

2.2.3 En déduire l'angle α' sous lequel est vue l'image définitive et justifier l'usage d'un microscope.

Données utiles $f'_2 = 1{,}0$ cm ; $\overline{A_1B_1} = -6{,}0\ \mu$m (Q2.2.2) ; $\alpha = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad (Q2.2.1)

A_1 est en F_2 : les rayons issus de B_1 sortent parallèles, inclinés de α' sur l'axe. Le rayon passant par O_2 n'est pas dévié : $\tan\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$, et α' petit :

$\alpha' = \dfrac{6{,}0 \times 10^{-6}}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 6{,}0 \times 10^{-4}$ rad

$\alpha' > 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : à travers le microscope, la bactérie est discernable. Le grossissement vaut $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} = \dfrac{6{,}0 \times 10^{-4}}{4{,}0 \times 10^{-6}} = 1{,}5 \times 10^{2}$.

$\alpha' = 6{,}0 \times 10^{-4}$ rad $> 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : le microscope rend la bactérie visible.

MÉTHODE

Image à l'infini : l'angle se lit dans le triangle $O_2A_1B_1$, avec la distance focale de l'oculaire comme côté adjacent.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{6.0 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-2}}$

$\approx 6 \times 10^{-4}$

$\dfrac{6.0 \times 10^{-4}}{4.0 \times 10^{-6}}$

≈ 150

2.3 Quel est l'intérêt de placer l'œil au foyer image de l'oculaire ou près de celui-ci ?

Toute la lumière qui traverse l'objectif puis l'oculaire passe par le cercle oculaire, image de la monture de l'objectif par l'oculaire ; il se trouve pratiquement au foyer image F'_2.

L'œil placé en F'_2 (sur le cercle oculaire) recueille toute la lumière venant de l'objet : image la plus lumineuse et champ le plus large.

COMPRENDRE

Le cercle oculaire est très petit, de l'ordre de la taille de la pupille : c'est le meilleur emplacement pour l'œil.