Spécialité : Microscope optique

Bac S 2003 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Peut-on observer à l'œil nu des cellules d'épiderme d'oignon de quelques dizaines de micromètres ? Justifier.

D'après le texte, l'œil nu discerne des détails de l'ordre du millimètre.

Quelques dizaines de micromètres, c'est quelques centièmes de millimètre : par exemple $50\ \mu\text{m} = 0{,}050\ \text{mm}$, soit vingt fois moins que $1\ \text{mm}$.

Non : ces cellules sont trop petites pour être distinguées à l'œil nu.

MÉTHODE
Pour comparer deux longueurs, les écrire dans la même unité : $1\ \mu\text{m} = 10^{-3}\ \text{mm}$.

1.2 Faire un schéma, sans souci d'échelle et sans rayons, du microscope décrit dans le texte : lentilles, centres optiques, foyers, objet (AB), image intermédiaire (A_1B_1) et œil.

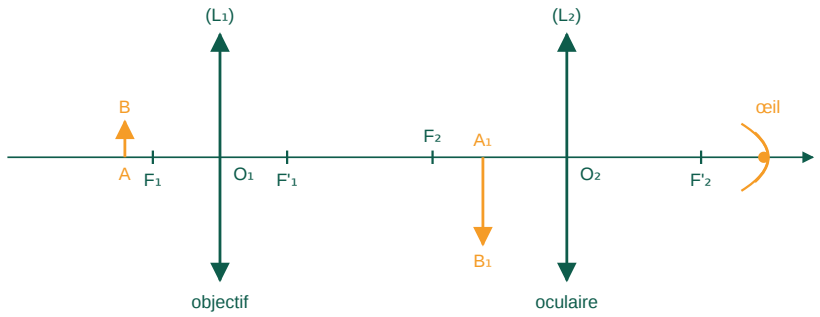
Le schéma respecte les indications du texte :

- l'objet (AB) est devant l'objectif (L_1), un peu plus loin que le foyer objet F_1 ;
- l'image intermédiaire (A_1B_1) est renversée, plus grande que l'objet, située entre le foyer objet F_2 et l'oculaire (L_2) ;
- l'œil est placé juste derrière l'oculaire.

Voir le schéma ci-dessous.

PIÈGE
Inverser les foyers : la lumière va de gauche à droite, le foyer objet (F_1, F_2) est avant la lentille, le foyer image (F'_1, F'_2) après. Oublier l'œil ou les centres optiques fait aussi perdre des points.

COMPRENDRE
Le principe est celui de la lunette afocale : un objectif forme une image intermédiaire, un oculaire sert de loupe pour la regarder. Ici l'objet est tout proche de l'objectif, donc l'image intermédiaire est agrandie.



1.2 · Schéma de principe du microscope (sans échelle, sans rayons)

1.3 Pour quelle lentille l'image intermédiaire joue-t-elle le rôle d'objet ? Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'image ?

(A_1B_1) est l'image de l'objet (AB) donnée par l'objectif (L_1). Elle est ensuite observée à travers l'oculaire (L_2), qui en donne l'image définitive.

Elle est image pour l'objectif (L_1) et objet pour l'oculaire (L_2).

2.1.1 Justifier, à partir d'une relation de conjugaison, que l'image intermédiaire se forme nécessairement au foyer objet de l'oculaire.

Données utiles image définitive (A_2B_2) à l'infini

Pour l'oculaire (L_2), l'objet est A_1 et l'image est A_2. Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}$$

L'image définitive est à l'infini : $\overline{O_2A_2}$ est infiniment grand, donc $\frac{1}{\overline{O_2A_2}} = 0$. Il reste :

$$-\frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \quad \text{soit} \quad \overline{O_2A_1} = -\overline{O_2F'_2} = \overline{O_2F_2}$$

$\overline{O_2A_1} = \overline{O_2F_2}$: le point A_1 est confondu avec le foyer objet F_2 de l'oculaire.

PIÈGE
Les grandeurs sont algébriques : $\overline{O_2A_1}$ est négatif (objet avant la lentille). Écrire la relation avec des distances positives donne un signe faux.

COMPRENDRE
Les foyers d'une lentille mince sont symétriques par rapport au centre optique : $\overline{O_2F_2} = -\overline{O_2F'_2} = -4{,}0$ cm. L'image intermédiaire est donc à $4{,}0$ cm avant l'oculaire.

2.1.2 Sur la figure 1, placer les foyers F_2 et F'_2, construire la marche du faisceau délimité par les deux rayons représentés, et en déduire où se trouve l'image définitive (A_2B_2).

Données utiles $f'_2 = 4{,}0$ cm ; échelle 1/1 ; A_1 en F_2 (2.1.1)

Les foyers sont à $4{,}0$ cm de part et d'autre de O_2 : F_2 avant la lentille (confondu avec A_1), F'_2 après.

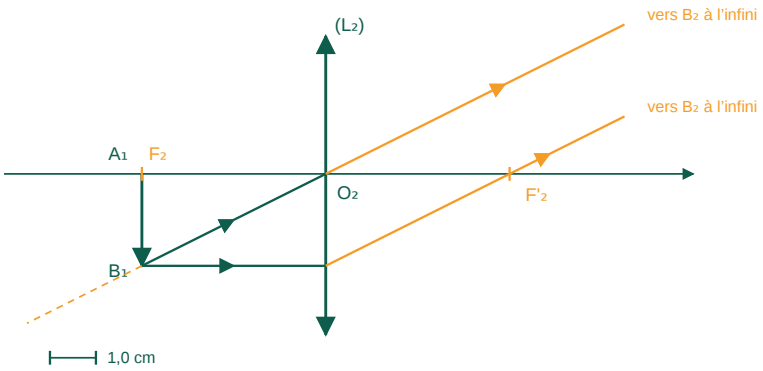
Les deux rayons issus de B_1 :

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

Les deux rayons émergents sont parallèles entre eux : ils ne se coupent pas à distance finie.

L'image définitive (A_2B_2) est rejetée à l'infini.

COMPRENDRE
Un objet placé dans le plan focal objet d'une lentille convergente donne un faisceau émergent parallèle. L'œil reçoit ce faisceau comme s'il venait d'un objet très lointain : il observe sans accommoder, donc sans fatigue.



2.1.2 · Figure 1 complétée : les deux rayons émergent parallèles entre eux

2.2.1 Sur la figure 2, construire l'objet (AB) dont l'objectif donne l'image intermédiaire (A_1B_1).

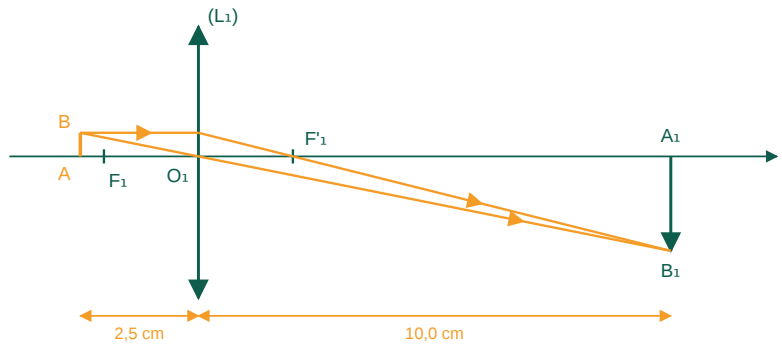
On remonte la lumière à partir de B_1 avec deux rayons :

- le rayon passant par O_1 n'est pas dévié : on trace la droite (B_1O_1) et on la prolonge avant la lentille ;
- le rayon qui arrive en B_1 en passant par F_1' était, avant la lentille, parallèle à l'axe optique.

Le point B est à l'intersection de ces deux rayons incidents. Le point A est le projeté de B sur l'axe optique.

L'objet (AB) est droit, situé à $2{,}5$ cm en avant de O_1, juste avant F_1.

MÉTHODE
Troisième rayon possible pour contrôler : celui qui passe par F_1 avant la lentille ressort parallèle à l'axe et arrive en B_1.



2.2.1 · Figure 2 complétée : l'objet (AB) est à 2,5 cm en avant de l'objectif

2.2.2 Définir le grandissement γ_{ob} de l'objectif. Montrer, à l'aide de la construction graphique, qu'il est de l'ordre de -4.

Données utiles lectures sur la figure 2 complétée (2.2.1)

Le grandissement est le rapport algébrique de la taille de l'image à celle de l'objet :

$$\gamma_{ob} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

Sur la figure, à l'échelle 1/1 : $\overline{O_1A_1} = 10{,}0$ cm et $\overline{O_1A} = -2{,}5$ cm.

$$\gamma_{ob} = \frac{10{,}0}{-2{,}5} = -4{,}0$$

$\gamma_{ob} = -4{,}0$: le grandissement de l'objectif est bien de l'ordre de -4.

PIÈGE
Seule l'échelle horizontale est garantie. On passe par les positions $\overline{O_1A_1}$ et $\overline{O_1A}$; le résultat ne dépend pas de la taille choisie pour (A_1B_1).

COMPRENDRE
Le signe négatif traduit une image renversée ; la valeur absolue 4 indique une image quatre fois plus grande que l'objet. Le grandissement n'a pas d'unité.

2.3.1 En tenant compte de la relation $G = |\gamma_{ob}| \cdot G_{oc}$, indiquer quel abus de langage fréquent figure dans le texte.

Le texte annonce que le grossissement du microscope est le produit des grossissements de l'oculaire et de l'objectif. Or, dans la relation, l'objectif intervient par son grandissement γ_{ob}.

L'auteur appelle « grossissement de l'objectif » ce qui est en réalité son grandissement.

COMPRENDRE
Grandissement : rapport de deux longueurs (image sur objet). Grossissement : rapport de deux angles (diamètres apparents avec et sans instrument). L'objectif donne une image réelle à distance finie : on la caractérise par un grandissement.

2.3.2 Calculer le diamètre apparent α' de l'image définitive d'une cellule d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé.

Données utiles $G = 25$; $\alpha = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad

$G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ donc $\alpha' = G \times \alpha$.

$$\alpha' = 25 \times 3{,}2 \times 10^{-4} = 80 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme α. La valeur de α se retrouve par l'approximation des petits angles : $\alpha \approx \dfrac{80 \times 10^{-6}}{0{,}25} = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad.

MÉTHODE

Sans calculatrice : $25 \times 3{,}2 = 100 \times 3{,}2 \div 4 = 80$.

2.3.3 Deux points sont discernables à l'œil s'ils sont vus sous un diamètre apparent d'au moins 4×10^{-3} rad. Le microscope modélisé permet-il d'observer une cellule d'épiderme d'oignon ? Justifier.

Données utiles $\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad (2.3.2)

À travers le microscope, la cellule est vue sous l'angle $\alpha' = 8{,}0 \times 10^{-3}$ rad, supérieur à la limite 4×10^{-3} rad.

À l'œil nu, $\alpha = 3{,}2 \times 10^{-4}$ rad est inférieur à cette limite, ce qui confirme la réponse à la question 1.1.

Oui : $\alpha' > 4 \times 10^{-3}$ rad, la cellule est discernable au microscope.