

Chapitre 3

Le microscope

EXERCICES

3.1 N°11 p. 31 : Modélisation d'un microscope

3.2 Pouvoir séparateur

On veut observer une cellule dont les détails ont une taille d'environ $0,2 \mu\text{m}$.

- Sous quel angle voit-on ces détails lorsqu'on les observe à l'œil nu à 25 cm ?
- Deux points sont séparés par l'œil s'ils sont vus sous un angle supérieur à $3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.
Peut-on observer les détails d'une cellule à l'œil nu ?
- Pour observer ces détails, on utilise un microscope. Quel est le grossissement minimal qui permet de les observer ?
- Le microscope utilisé possède trois objectifs de grossissements γ (lettre grecque « gamma ») $\times 10$, $\times 40$ et $\times 100$, et trois oculaires de grossissement $G \times 5$, $\times 10$ et $\times 15$.

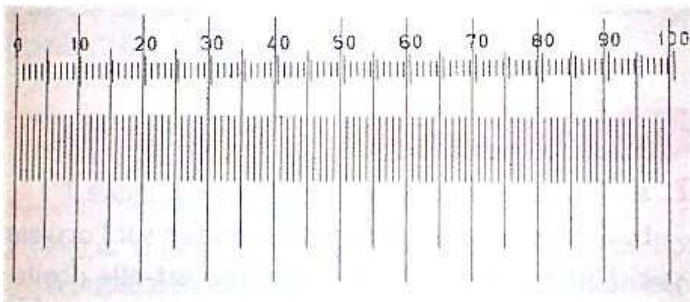
Sachant que le grossissement du microscope est donné par la relation $G = |\gamma_{\text{ob}}| G_{\text{oc}}$, proposez une association possible.

3.3 Mesure du diamètre d'un fil

Pour mesurer le diamètre d'un fil de pêche, on utilise un microscope muni d'un micromètre oculaire au $1/10^{\text{e}}$ de mm. Un tel oculaire possède dans son plan focal objet une plaque de verre graduée au $1/10^{\text{e}}$ de mm.

On utilise ce microscope avec un micromètre objectif au $1/100^{\text{e}}$ de mm. Un micromètre objectif est une plaque de verre graduée au $1/100^{\text{e}}$ de mm, que l'on place sur la platine du microscope. Cette plaque de verre graduée remplace alors la plaque de verre rectangulaire habituelle.

On observe ce micromètre objectif à travers le microscope muni du micromètre oculaire. La photographie ci-dessous représente ce qui est vu lorsque la mise au point est faite.

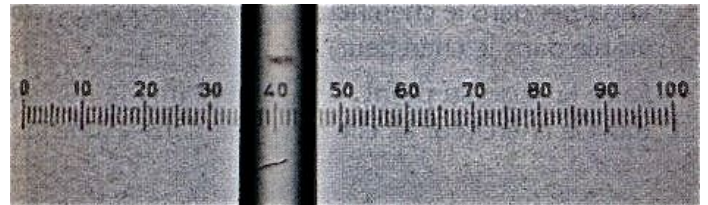


La micromètre au $1/100^{\text{e}}$ de mm correspond aux graduations du bas (grandes graduations). Le micromètre

oculaire correspond aux graduations du haut (petites graduations numérotées).

- Donner la taille, en mm, des 100 graduations du micromètre objectif gradué au $1/100^{\text{e}}$ de mm. Peut-on faire la différence, à l'œil nu, entre une plaque de verre normale et une plaque micromètre objectif ?
- À combien de graduations du micromètre oculaire correspondent les 100 graduations du micromètre objectif ?

Dans un deuxième temps, on remplace le micromètre objectif au $1/100^{\text{e}}$ par le fil de pêche qu'on observe sans changer aucun réglage, tel que le montre la photographie ci-dessous.



- À combien de graduations du micromètre oculaire correspond le diamètre du fil ?
- En déduire la diamètre du fil.

3.4 Modélisation d'un microscope

On modélise un microscope à l'aide de deux lentilles minces convergentes :

- l'objectif L_1 , de centre optique O_1 , de foyer objet F_1 , de foyer image F'_1 , de distance focale $f'_1 = 2,0 \text{ cm}$;
- l'objectif L_2 , de centre optique O_2 , de foyer objet F_2 , de foyer image F'_2 , de distance focale $f'_2 = 4,0 \text{ cm}$;

Les deux lentilles ont même axe optique, et :

$$O_1O_2 = 14,0 \text{ cm}$$

Un objet plan AB , perpendiculaire en A à l'axe optique, est placé devant la lentille L_1 . Celle-ci donne une image A_1B_1 de l'objet AB .

La lentille L_2 permet d'obtenir l'image définitive A_2B_2 .

I - Rôle de l'oculaire

- Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour la lentille L_2 ?
- Pour ne pas fatiguer l'œil, l'image définitive A_2B_2 doit se former à l'infini. Justifier, à partir d'une relation de conjugaison, le fait que l'image intermédiaire A_1B_1 se forme nécessairement au niveau du foyer objet de l'oculaire L_2 .

- c. Sur la figure 1 ci-dessous, sont représentés l'oculaire L_2 , ainsi que l'image intermédiaire A_1B_1 . La figure est réalisée à l'échelle 1/1, sauf pour A_1B_1 qui est représentée sans souci d'échelle. Placer les foyers F_2 et F'_2 , et construire la marche du faisceau lumineux délimité par les deux rayons lumineux tracés sur la figure 1. En déduire l'image définitive A_2B_2 .

II - Rôle de l'objectif

- a. Sur la figure 2 ci-dessous, sont représentés l'objectif L_1 , ainsi que l'image intermédiaire A_1B_1 . La figure est réalisée à l'échelle 1/1, sauf pour A_1B_1 qui est représentée sans souci d'échelle. Placer les foyers F_1 et F'_1 , et construire l'objet AB .
- b. Définir le grandissement γ_1 de l'objectif. Montrer, en utilisant la construction graphique, qu'il est de l'ordre de -4.

III - Grossissement du microscope

- a. Les cellules d'épiderme d'oignon ont des dimensions de l'ordre de $80 \mu\text{m}$. Une cellule est observée à l'œil nu sous un diamètre apparent $\alpha = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$. Calculer le diamètre apparent α' pour une cellule

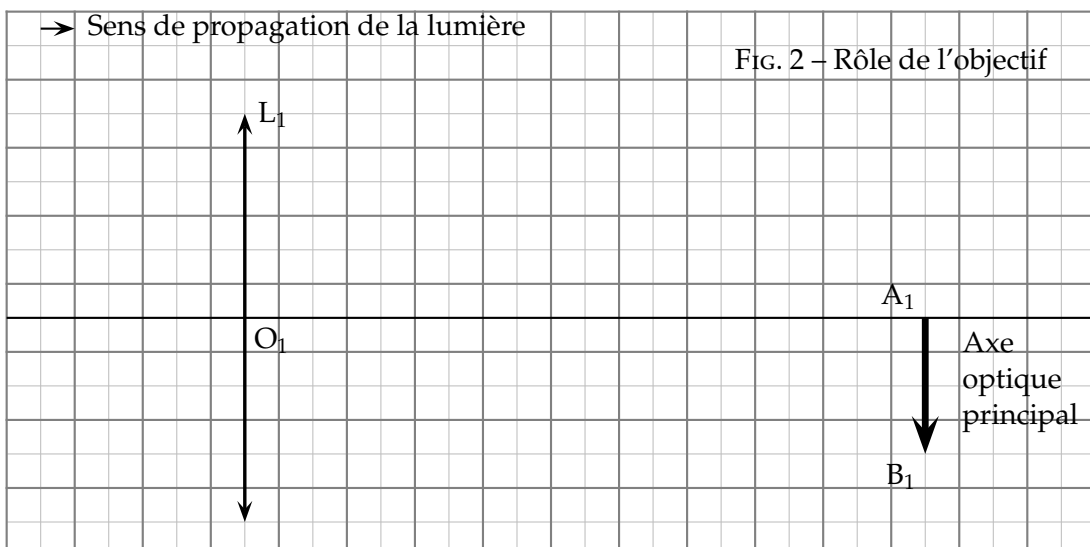
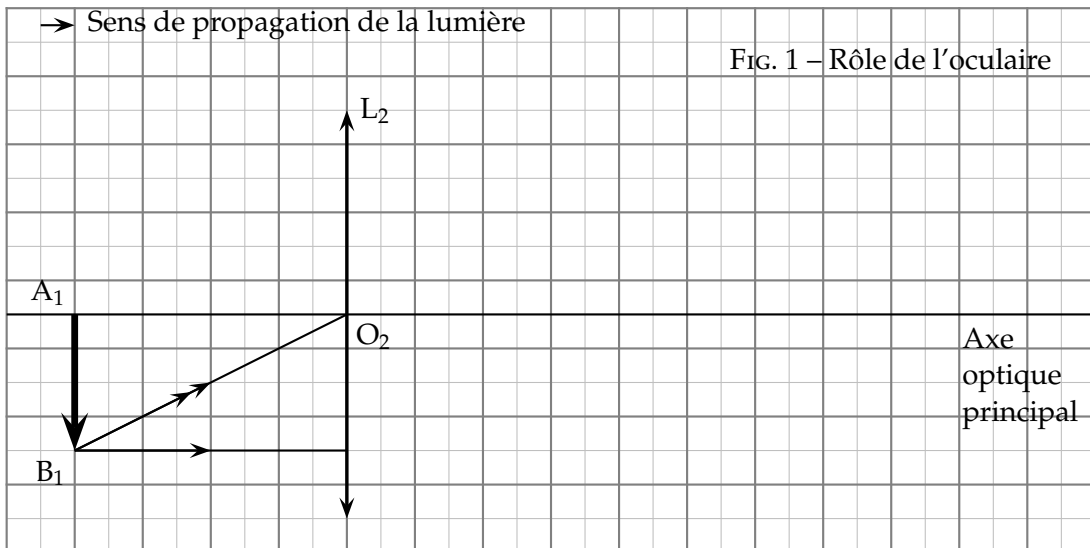
d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé, qui a un grossissement $G = 25$.

- b. Deux points d'un objet sont discernables à l'œil nu si ils sont observés sous un diamètre apparent supérieur ou égal à $4 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$. Le microscope modélisé est-il assez puissant pour permettre cette observation ?

3.5 Cercle oculaire

L'objectif d'un microscope a une distance focale de 1,6 cm et un diamètre de 4,0 mm. Il est utilisé en TP avec un oculaire de 4,0 cm de distance focale. L'intervalle optique de ce microscope est $\Delta = 16,0 \text{ cm}$.

- a. Calculer la distance séparant l'objectif de l'oculaire.
- b. Rappeler la définition du cercle oculaire, puis calculer sa position.
- c. Calculer le grandissement de l'oculaire, et en déduire le diamètre du cercle oculaire.
- d. Le diamètre de la pupille varie entre 2 mm et 8 mm suivant l'éclairement. Le comparer au diamètre du cercle oculaire. Quel est l'intérêt de placer son œil au niveau du cercle oculaire ?



Corrigé 3

Le microscope

EXERCICES

3.1 N°11 p. 31 : Microscope

3.2 Pouvoir séparateur

3.3 Mesure du diamètre d'un fil

3.4 Modélisation d'un microscope

I - Rôle de l'oculaire

a. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'un objet réel pour la lentille L_2 .

b. L'image A_2B_2 se forme à l'infini si :

$$\overline{O_2A_2} \rightarrow \infty$$

La relation de conjugaison pour la lentille L_2 s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} \Rightarrow 0 - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}}$$

$$\Rightarrow \overline{O_2A_1} = -\overline{O_2F'_2} = \overline{O_2F_2}$$

Ainsi, le point A_1 est confondu avec F_2 .

c. Voir la figure 1 ci-dessous. Les foyers F_2 et F'_2 sont à 4 cm de la lentille L_2 , conformément aux indications de l'énoncé. F_2 est confondu avec A_1 .

II - Rôle de l'objectif

a. Voir la figure 2 ci-dessous. Les foyers F_1 et F'_1 sont à 2 cm de la lentille L_1 , conformément aux indications de l'énoncé.

b. Sur la figure 2 à l'échelle 1, on mesure les distances algébriques :

$$\overline{O_1A} = -2,5 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \overline{O_1A_1} = 10 \text{ cm}$$

mesures que l'on reporte dans la formule du grandissement transversal :

$$\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{10}{-2,5} = -4$$

III - Grossissement du microscope

a. Définition du grossissement du microscope, avec les notations de l'énoncé :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \alpha' = G\alpha = 25 \times 3,2 \cdot 10^{-4} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

b. Le diamètre apparent α' trouvé étant double du minimum discernable par l'œil, on peut conclure que le microscope est assez puissant pour observer l'oignon.

3.5 Cercle oculaire

a. La distance objectif-oculaire est la somme des distances focale et de l'intervalle optique Δ :

$$d = 1,6 + 16,0 + 4,0 = 21,6 \text{ cm}$$

b. Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif, formée par l'oculaire. Pour calculer sa position, on applique la formule de conjugaison des lentilles, avec comme objet le centre A l'objectif, comme lentille l'oculaire de centre O , et comme image le centre A' du cercle oculaire :

$$\overline{OA} = -21,6 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \overline{OF'} = +4,0 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \Leftrightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA}}}$$

$$\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{4,0} + \frac{1}{-21,6}} = 4,9 \text{ cm}$$

c. Grandissement γ :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{4,9}{-21,6} = -0,23$$

Le cercle oculaire étant l'image de la monture de l'objectif, de diamètre $d = 4,0$ mm, le diamètre d' du cercle oculaire est donc (avec des valeurs absolues, car le signe est sans importance) :

$$|\gamma| = \frac{d'}{d} \Leftrightarrow d' = |\gamma|d = 0,23 \times 4,0 = 0,92 \text{ mm}$$

d. Le diamètre de la pupille est constamment supérieur à celui du cercle oculaire. Le microscope a été bien prévu.

L'intérêt de placer son œil au niveau du cercle oculaire est la certitude de recevoir le maximum de lumière.

