



EXERCICE III. MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur propose à un groupe d'élèves de modéliser un microscope sur un banc d'optique. Les élèves disposent du matériel suivant :

- un banc d'optique horizontal gradué au millimètre ;
- un écran ;
- deux lentilles convergentes de 8,0 cm de diamètre ; l'une L_1 , de centre optique O_1 , de distance focale $f'_1 = 10,0$ cm qui servira d'objectif, l'autre L_2 , de centre optique O_2 , de distance focale $f'_2 = 20,0$ cm qui servira d'oculaire ;
- un objet, modélisé par une flèche AB de 0,50 cm de hauteur (pointe tournée vers le haut) dessinée sur du papier calque et placée verticalement devant une source de lumière. L'origine A de la flèche sera située sur l'axe optique commun des deux lentilles.

Dans les consignes données aux élèves, le professeur précise que l'intervalle optique du microscope modélisé est $\Delta = F'_1F_2 = 40,0$ cm.

1. Image intermédiaire A_1B_1 .

Voici un extrait du protocole proposé aux élèves : « Placer l'objet AB à 12,5 cm en avant de la lentille L_1 . Déplacer l'écran entre L_1 et L_2 . Repérer la position de l'écran qui permet d'obtenir une image nette, noter la distance O_1A_1 . Mesurer la hauteur de cette image A_1B_1 . Noter son sens par rapport à l'objet »

Sur le compte rendu d'un groupe d'élèves, le professeur trouve les résultats suivants :
 $O_1A_1 = 50,3$ cm ; $A_1B_1 = 2,1$ cm ; sur l'écran, la flèche est orientée vers le bas.

Les questions suivantes vont permettre de vérifier l'exactitude de ces résultats.

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

On choisira les sens positifs suivants : verticalement, le sens de l'objet AB ; horizontalement, le sens de propagation de la lumière.

1.2. Déterminer le grandissement ^{théorique} de l'objectif γ_1 .

1.3. Calculer la hauteur de l'image A_1B_1 .

1.4. Quel est le sens de cette image ?

2. L'image définitive $A'B'$.

Sur le schéma 1 **DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE**, figurent le point A_1 et la lentille L_2 qui sert d'oculaire. Il est réalisé en utilisant les échelles suivantes : verticalement, échelle 1/1 ; horizontalement, échelle 1/10.

2.1. Placer sur le schéma 1 **DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE**, le point B_1 , puis tracer la marche de deux rayons lumineux issus de B_1 .

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

3. Grossissement du microscope.

On appelle grossissement du microscope le rapport $G = \alpha' / \alpha$ dans lequel :

- α est l'angle sous lequel est vu l'objet AB à l'œil nu lorsqu'il est placé à la distance $d_m = 25,0$ cm de l'œil ;

- α' est l'angle sous lequel est vue l'image $A'B'$.

3.1. Calculer α .

3.2. Sur le schéma 1 **DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE**, indiquer l'angle α' puis calculer sa valeur.

3.3. Calculer le grossissement du microscope.

4. Cercle oculaire.

4.1. Donner la définition du cercle oculaire.

4.2. Sur le schéma 2 **DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE**, figurent les lentilles L_1 (objectif) et L_2 (oculaire). Il est réalisé en utilisant les échelles suivantes : verticalement, échelle 1/1 ; horizontalement, échelle 1/10.

Sur le schéma 2 **DE L'ANNEXE, PAGE 9, À RENDRE AVEC LA COPIE**, à l'aide d'une construction graphique déterminer la position du cercle oculaire et son diamètre.

4.3. Quel est l'intérêt pratique du cercle oculaire ?

ANNEXE DE L'EXERCICE III

À RENDRE AVEC LA COPIE

Schéma 1

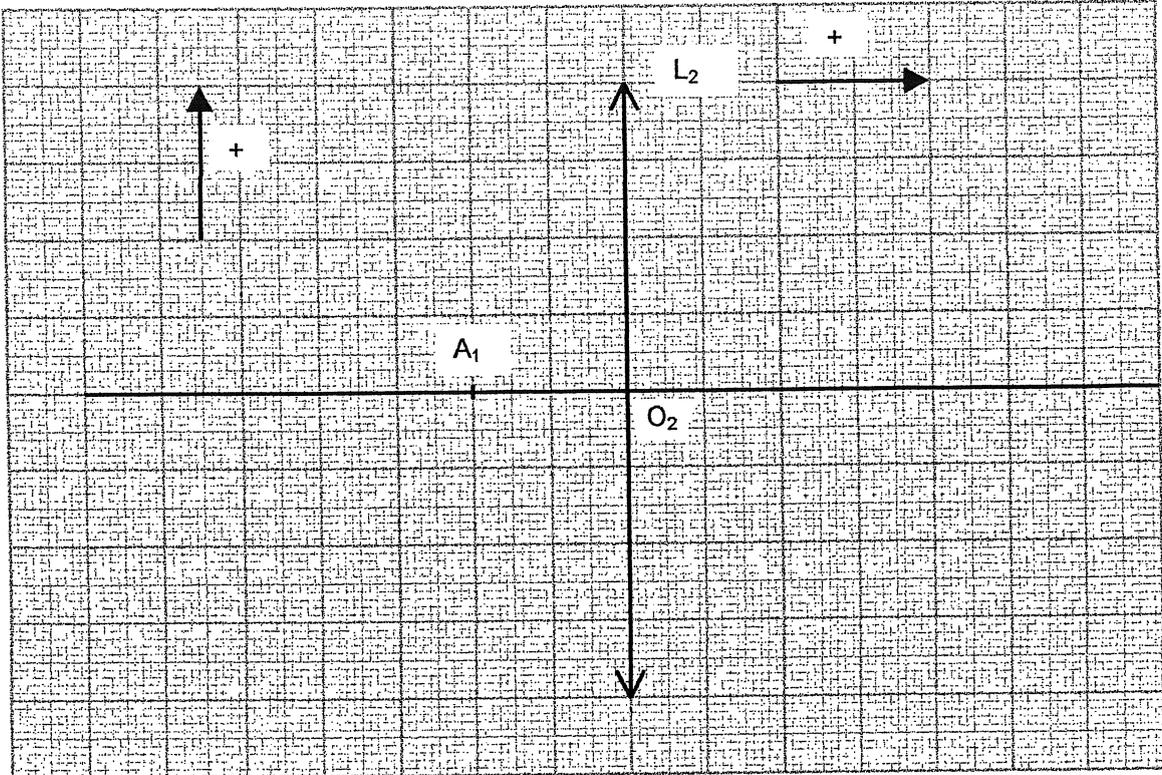
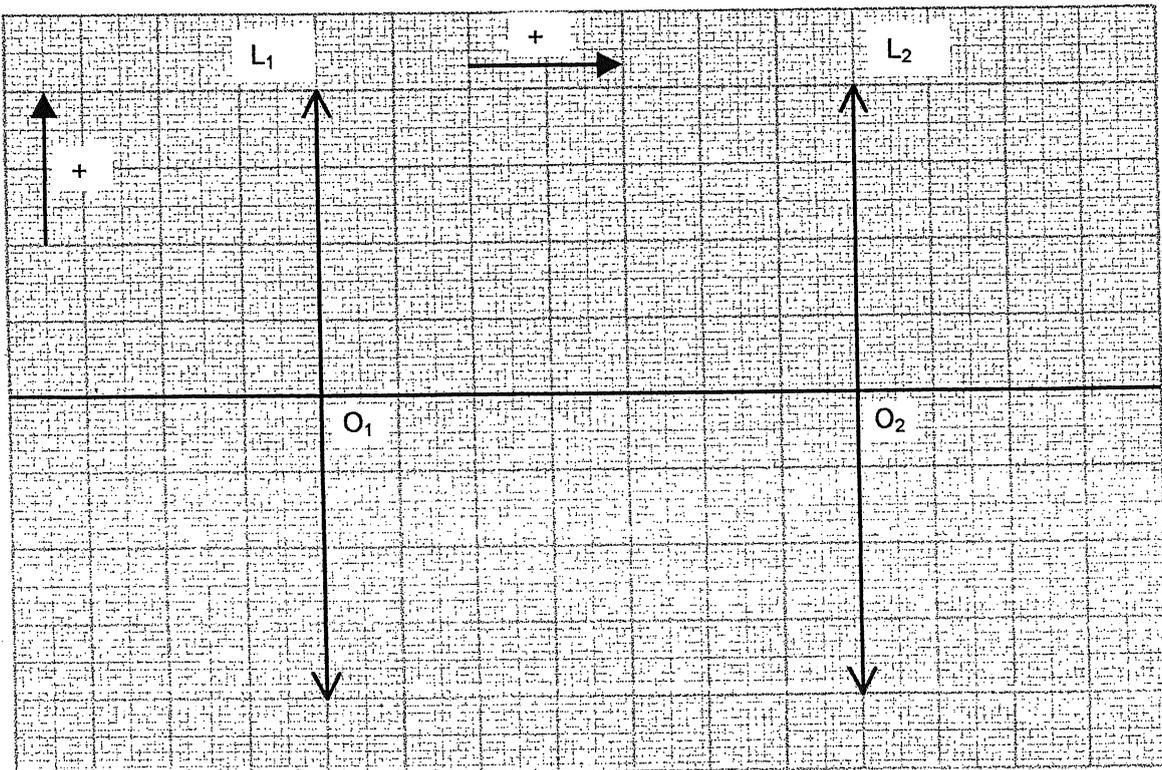


Schéma 2



Exercice 3**Microscope****(4 points)*****Principe d'un microscope utilisé dans un laboratoire de biologie :***

Un objectif de très courte distance focale (quelques millimètres) placé près de l'objet observé, donne de celui-ci une image agrandie. Un oculaire joue le rôle de loupe pour observer cette image.

Un microscope est un appareil constitué

- d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente (L_1) de vergence $C_1 = 250 \delta$
- d'un oculaire, lentille convergente (L_2) de vergence $C_2 = 40 \delta$.

L'intervalle optique, distance fixe séparant le foyer principal image F_1' de l'objectif du foyer principal objet F_2 de l'oculaire est $F_1' F_2 = 16 \text{ cm}$.

On utilise cet appareil pour observer un objet AB perpendiculaire à l'axe optique du microscope, le point A étant supposé placé sur axe.

On appelle A_1B_1 l'image de AB à travers l'objectif (L_1) et A_2B_2 l'image de A_1B_1 à travers (L_2).

3.1.1 Calculer les distances focales f_1' et f_2' de l'objectif et de l'oculaire.

3.1.2 L'objet AB est une spore de champignon de $2 \mu\text{m}$.

Faire un schéma permettant de déterminer le diamètre apparent α de la spore lorsqu'elle est observée à l'œil nu à une distance $d_m = 25 \text{ cm}$.

Calculer α (on fera l'approximation $\tan \alpha \approx \alpha$).

3.2 Microscope modélisé

Pour illustrer le principe du microscope, on utilise le schéma donné en annexe et qui ne respecte pas d'échelle (voir SCHEMA1).

3.2.1 Construire l'image A_1B_1 de AB à travers l'objectif (L_1).

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 ?

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

3.2.4 Construire l'image définitive A_2B_2 et indiquer sur le schéma l'angle α' , diamètre apparent de A_2B_2 , c'est-à-dire pour un observateur utilisant le microscope.

3.3 Microscope réel réglé de telle façon que l'image définitive A_2B_2 soit à l'infini : Les réponses numériques seront trouvées par le calcul.

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

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

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

3.3.4 Etablir l'expression de α' (voir question 3.2.4) en fonction de A_1B_1 et f_2' . Calculer sa valeur en faisant la même approximation qu'au 1.2.

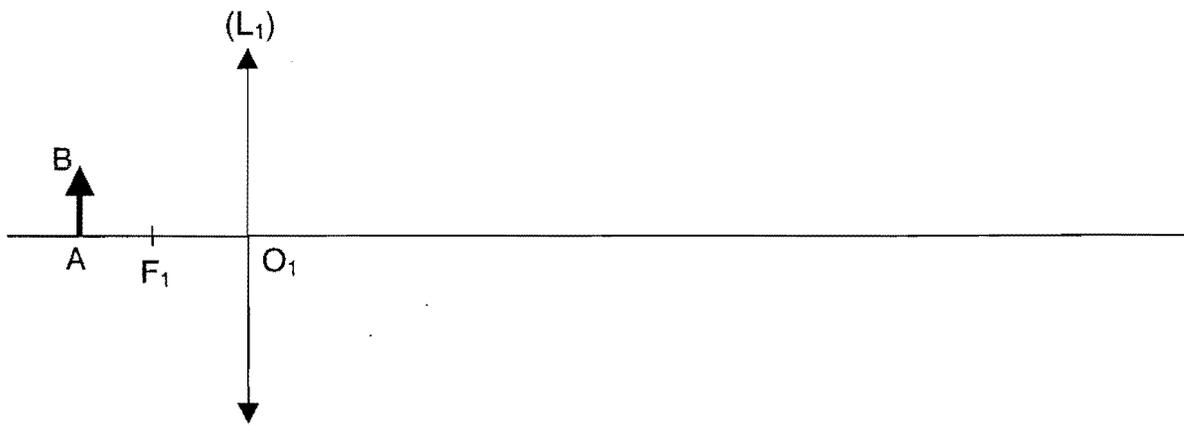
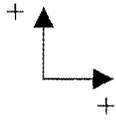
3.4 Grossissement

Une des grandeurs importantes qui caractérise un microscope est son grossissement standard G , défini par le rapport $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.

3.4.1 Calculer le grossissement G de ce microscope.

3.4.2 On peut aussi exprimer G en fonction du grandissement γ_1 de l'objectif et du grossissement G_2 de l'oculaire ; $G = |\gamma_1| \cdot G_2$.
On a mélangé les trois oculaires dans la boîte qui les contient et qui comporte les indications $\times 4$; $\times 10$; $\times 40$.
Quel oculaire a-t-on utilisé ?

SCHÉMA 1



Attention : feuille à rendre avec la copie

Exercice 3 : OBSERVATION D'OBJETS DE PETITES DIMENSIONS (4 points)

Le microscope optique a été inventé à la fin du XVI^{ème} siècle par le Hollandais ZACCHARIAS JANSSEN contribuant ainsi au développement de la théorie cellulaire. Destiné à l'observation d'objets de petites dimensions de l'ordre du micromètre, il est constitué de deux systèmes optiques, un objectif et un oculaire.

Fonctionnant en lumière blanche, l'objectif et l'oculaire peuvent être assimilés à deux lentilles convergentes de distance focale respective f'_1 et f'_2 .

L'ensemble est dans l'air et l'œil de l'observateur vient se placer au voisinage du foyer image de l'oculaire, F'_2 . Il observe l'image finale située entre l'infini et la distance minimale de vision distincte.

1. MAQUETTE DE MICROSCOPE :

Pour comprendre le principe de l'appareil, on réalise une maquette de microscope comprenant :

- Un objectif : lentille mince convergente L_1 de distance focale $f'_1 = 2,0$ cm et de centre optique O_1 .
- Un oculaire : lentille mince convergente L_2 de distance focale $f'_2 = 4,0$ cm et de centre optique O_2
- Un objet éclairé de hauteur $AB = 1,0$ cm placé perpendiculairement à l'axe optique commun à L_1 et L_2 .

1.1. Par construction graphique, sur la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**, déterminer l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille L_1 .

1.2. L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille L_2 .

1.2.1. Quelle est la position particulière de A_1B_1 par rapport à la lentille L_2 ? Où va se former l'image définitive A_2B_2 ?

1.2.2. Justifier la position de A_2B_2 en complétant la construction graphique de la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**.

1.3. L'œil emmétrope (sans défauts) voit nettement un objet situé entre l'infini et une distance minimale $d_m = 25$ cm.

Pour un objet situé à l'infini, l'œil étant au repos, son image se forme de manière nette sur la rétine.

Lorsque l'objet se rapproche, le cristallin (lentille convergente) se déforme afin que l'image se forme encore sur la rétine. On dit que l'œil accommode.

Justifier l'intérêt que représente la position de l'image finale donnée par le microscope pour l'observateur.

Quel avantage présente un tel système optique pour l'observation d'objets de petites dimensions ?

2. OBSERVATION D'UN GLOBULE ROUGE :

Le microscope réel utilisé possède les caractéristiques suivantes :

- Objectif distance focale $f'_1 = 10 \text{ mm}$
- Oculaire : distance focale $f'_2 = 50 \text{ mm}$
- Intervalle optique : $\Delta = F'_1F_2 = 160 \text{ mm}$

On envisage l'observation d'un globule rouge dont le diamètre est $d = 8,0 \text{ }\mu\text{m}$.

Rappels :

- Formule de conjugaison des lentilles minces : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$

les différentes grandeurs correspondent à des mesures algébriques

- Formule du grossissement :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} \quad \theta : \text{angle sous lequel est vu l'objet, placé à la distance } d_m, \text{ à l'œil nu}$$

θ' : angle sous lequel est vu l'image définitive au travers de l'instrument.

2.1. On se place dans le cas où l'œil n'accommode pas. On considère donc que l'image finale donnée par le microscope se forme à l'infini.

2.1.1. Où est située l'image intermédiaire à travers l'objectif ? Déterminer sa position $\overline{O_1A_1}$ par rapport à l'objectif.

2.1.2. Par application de la formule de conjugaison, calculer la distance $\overline{O_1A}$ entre l'objet et l'objectif.

2.2. On se place maintenant dans le cas où l'œil accommode. L'image finale donnée par le microscope se forme à la distance $d_m = 25 \text{ cm}$ de F'_2 .

L'image intermédiaire A_1B_1 se situe alors entre F_2 et O_2 et l'objet AB est à la distance $\overline{F_1A} = -0,59 \text{ mm}$ de l'objectif.

2.2.1. Dans le cas où l'œil n'accommode pas, on a $\overline{F_1A} = -0,63 \text{ mm}$. Comparer les deux distances $\overline{F_1A}$ dans le cas où l'œil n'accommode pas et celui où il accommode. Calculer la différence.

2.2.2. Le réglage du microscope nécessite de déplacer l'ensemble (objectif + oculaire) à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. Justifier l'utilisation d'une vis micrométrique pour effectuer la mise au point.

2.3. Étude du grossissement du microscope :

2.3.1. Schématiser l'observation de l'objet, placé à la distance d_m , à l'œil nu.

Exprimer $\tan \theta$ et en déduire la valeur de θ .

On rappelle : $\tan \theta \approx \theta$ en radian si θ petit

- 2.3.2. Sur la **figure 1 en annexe 2 à rendre avec la copie**, noter l'angle θ' sous lequel est vue l'image définitive. En déduire son expression littérale. Calculer la valeur de θ' associée au microscope réel.
- 2.3.3. Déduire le grossissement G .
- 2.4. Le cercle oculaire est l'image de l'ouverture de l'objectif donnée par l'oculaire :
- 2.4.1. Tracer **sur la figure 2, en annexe 2, à rendre avec la copie** les rayons lumineux issus de l'objectif et qui après traversée de l'oculaire, délimitent et positionnent le cercle oculaire.
- 2.4.2. Lors d'une observation, l'œil doit être proche de F'_2 et au centre du cercle oculaire.
Justifier cette affirmation concernant cette position idéale de l'œil.

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure : 1 échelle horizontale et verticale 1 cm \Leftrightarrow 2 cm

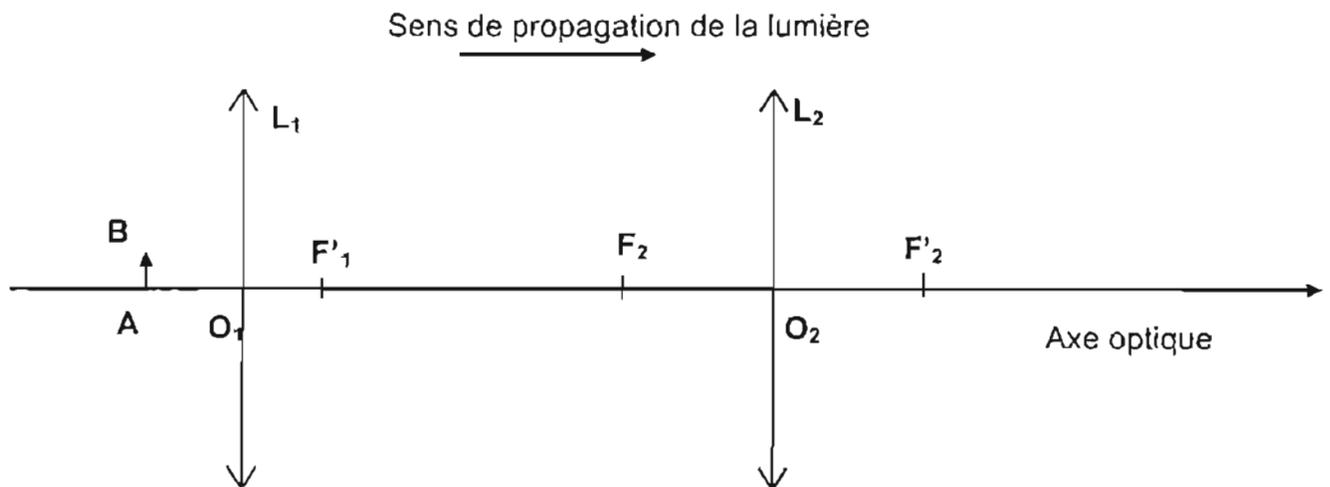


Figure : 2

