Spécialité : Modélisation d'un microscope sur banc optique

Bac S 2003 La Réunion (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

A Déterminer les distances focales des deux lentilles.

Données utiles $C_1 = 10\ \delta$; $C_2 = 5\ \delta$

La distance focale image est l'inverse de la vergence : $f' = \dfrac{1}{C}$, avec f' en mètre et C en dioptrie.

Objectif : $f_1' = \dfrac{1}{10} = 0{,}10\ \text{m}$ Oculaire : $f_2' = \dfrac{1}{5} = 0{,}20\ \text{m}$

$f_1' = 10\ \text{cm}$ et $f_2' = 20\ \text{cm}$

PIÈGE
La dioptrie vaut $1\ \text{m}^{-1}$: l'inverse de la vergence donne des mètres, pas des centimètres.

COMPRENDRE
Plus la vergence est grande, plus la lentille est convergente et plus sa distance focale est courte : l'objectif est ici deux fois plus convergent que l'oculaire.

B.1 Calculer, avec la relation de conjugaison, la position de l'image intermédiaire A_1B_1 formée sur l'écran.

Données utiles objet à 15 cm devant O_1 ; $C_1 = 10\ \delta$

Relation de conjugaison pour L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f_1'} = C_1$

L'objet est avant la lentille : $\overline{O_1A} = -0{,}15\ \text{m}$.

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} = C_1 + \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{0{,}10} - \frac{1}{0{,}15} = \frac{3}{0{,}30} - \frac{2}{0{,}30} = \frac{1}{0{,}30}\ \text{m}^{-1}$$

$\overline{O_1A_1} = 0{,}30\ \text{m}$: l'image se forme sur un écran placé 30 cm après l'objectif.

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_1A}$: avec $+0{,}15$ m, on trouve une image à 6 cm, ce qui est faux.

COMPRENDRE
$\overline{O_1A_1} > 0$: l'image est réelle, après la lentille, donc recueillie sur un écran. Résultat à deux chiffres significatifs, comme les données.

MÉTHODE
Sans calculatrice, réduire les fractions au même dénominateur $(0{,}30)$ plutôt que de passer par des valeurs décimales approchées comme $6{,}67$.

B.2 Calculer le grandissement de l'objectif. En déduire la taille de l'image intermédiaire A_1B_1.

Données utiles $AB = 5{,}0\ \text{mm}$; $\overline{O_1A} = -0{,}15\ \text{m}$; $\overline{O_1A_1} = 0{,}30\ \text{m}$ (B.1)

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{0{,}30}{-0{,}15} = -2{,}0$$

$$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -2{,}0 \times 5{,}0 = -10\ \text{mm}$$

$\gamma_1 = -2{,}0$; l'image intermédiaire mesure $A_1B_1 = 10\ \text{mm} = 1{,}0\ \text{cm}$: elle est renversée et deux fois plus grande que l'objet.

COMPRENDRE
Le signe de γ_1 indique le sens de l'image (négatif : renversée), sa valeur absolue indique l'agrandissement. Une taille, elle, se donne positive.

C.1 L'œil n'accommode pas. Que dire de la position de l'image définitive $A'B'$? Quelle doit être la position particulière de A_1B_1 ?

Un œil normal qui n'accommode pas voit nets les objets très éloignés : l'image définitive $A'B'$ est donc à l'infini.

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 confondu avec F_2.

Vérification : $\overline{O_2A_1} = \overline{O_1A_1} - \overline{O_1O_2} = 0{,}30 - 0{,}50 = -0{,}20\ \text{m} = -f_2'$.

$A'B'$ est à l'infini ; A_1 est en F_2, à 20 cm avant l'oculaire.

COMPRENDRE
C'est la même condition que pour la lunette astronomique : l'image intermédiaire dans le plan focal objet de l'oculaire permet une observation sans fatigue.

C.2 Expliquer pourquoi la qualité de l'image $A'B'$ est améliorée par un diaphragme de faible diamètre (15 mm) placé contre l'objectif.

Le diaphragme arrête les rayons qui frappent les bords de l'objectif. Il ne laisse passer que ceux qui traversent la lentille près du centre optique et qui sont peu inclinés sur l'axe : les conditions de Gauss sont mieux respectées.

Chaque point de l'objet donne alors une image quasi ponctuelle.

L'image est plus nette et sans bords colorés, mais elle est moins lumineuse.

COMPRENDRE
Les relations de conjugaison et de grandissement ne valent que dans les conditions de Gauss. Les rayons marginaux ne convergent pas exactement au même point que les rayons centraux, d'où le flou.

D.1 Faire un schéma du dispositif à l'échelle 1/5 horizontalement et 1/1 verticalement sur le papier millimétré.

Données utiles $O_1O_2 = 50$ cm ; diamètre des lentilles : 4 cm

Échelle horizontale 1/5 : 1 cm sur le papier représente 5 cm. La distance $O_1O_2 = 50$ cm est représentée par 10 cm.

Échelle verticale 1/1 : chaque lentille est une double flèche de 4 cm, centrée sur l'axe optique et perpendiculaire à celui-ci.

Axe optique horizontal, L_1 et L_2 distantes de 10 cm sur le papier (schéma en D.2).

MÉTHODE
Placer O_1 à 3 cm au moins du bord gauche et garder 6 cm à droite de O_2 : l'objet et F'_2 doivent tenir sur la feuille.

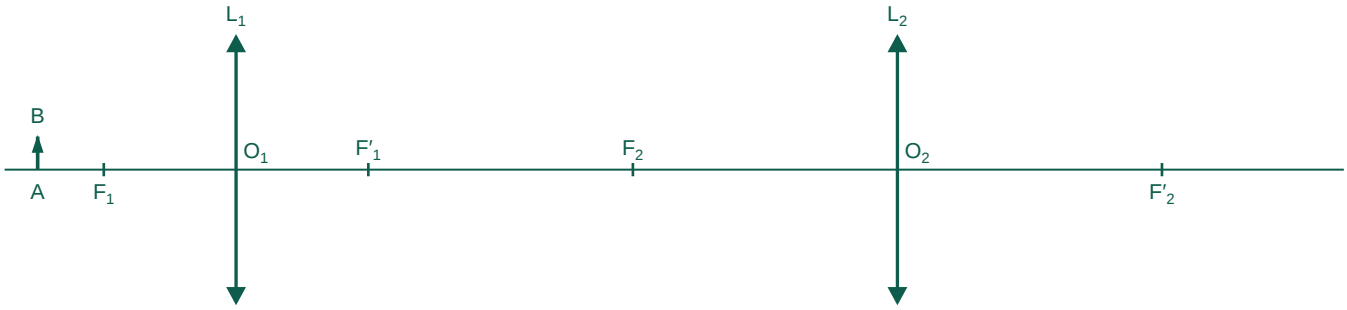
D.2 Placer les foyers F_1, F'_1, F_2, F'_2 des lentilles et l'objet AB (flèche de hauteur 5 mm).

Données utiles $f'_1 = 10$ cm ; $f'_2 = 20$ cm (A) ; objet à 15 cm de O_1

Sur le papier, à l'échelle 1/5 : $O_1F_1 = O_1F'_1 = 2$ cm ; $O_2F_2 = O_2F'_2 = 4$ cm ; A est à 3 cm à gauche de O_1.

Les foyers objets F_1 et F_2 sont à gauche de leur lentille, les foyers images F'_1 et F'_2 à droite. AB est une flèche verticale de 5 mm, A sur l'axe.

Schéma ci-dessous : F_2 se trouve à 6 cm de O_1 sur le papier, soit 30 cm en réalité.



D.2 · Dispositif : 1 cm sur le papier pour 5 cm horizontalement, taille réelle verticalement

D.3 Construire l'image intermédiaire A_1B_1 et l'image définitive $A'B'$.

Trois rayons issus de B traversent L_1 :

- le rayon parallèle à l'axe émerge en passant par F'_1 ;
- le rayon passant par O_1 n'est pas dévié ;
- le rayon passant par F_1 émerge parallèle à l'axe.

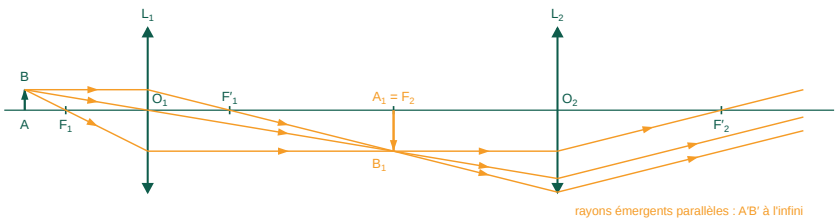
Ils se coupent en B_1 ; A_1 est le projeté de B_1 sur l'axe. On lit A_1 en F_2 et $A_1B_1 = 1{,}0\ \text{cm}$, en accord avec B.1 et B.2.

Après L_2 : le rayon arrivant parallèle à l'axe émerge par F'_2. Comme B_1 est dans le plan focal objet de L_2, les autres rayons émergent parallèles à celui-ci, donc parallèles à la droite (B_1O_2).

A_1B_1 est réelle, renversée, en F_2 ; $A'B'$ est à l'infini (rayons émergents parallèles entre eux).

PIÈGE
Arrêter les rayons en B_1. L'image intermédiaire n'est pas un obstacle : les rayons se prolongent jusqu'à L_2, puis sont déviés.

COMPRENDRE
Le rayon parallèle à l'axe atteint L_2 à 2 cm de l'axe, juste au bord de la lentille : l'oculaire limite le champ observé.



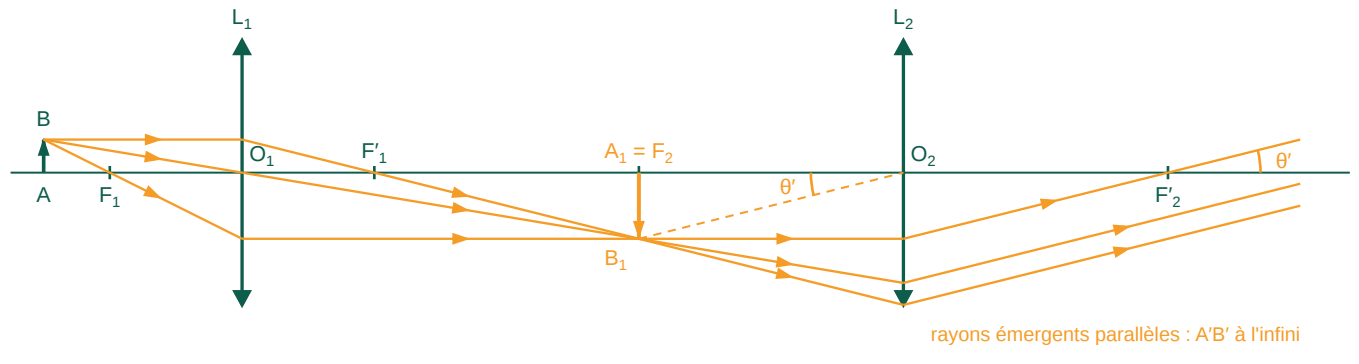
D.3 · Marche de trois rayons issus de B à travers les deux lentilles

E.1 Représenter θ' sur le schéma.

θ' est l'angle entre l'axe optique et la direction des rayons émergents issus de B_1. Pour l'œil placé en F'_2, c'est l'angle entre l'axe et le rayon qui passe par F'_2.

Ces rayons sont parallèles à (B_1O_2) : on retrouve le même angle en O_2, entre l'axe et (O_2B_1).

θ' est marqué en F'_2 et en O_2 sur le schéma ci-dessous.



E.1 · Angle θ' : inclinaison des rayons émergents, visible en F'_2 et en O_2

E.2 Calculer le grossissement $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$ du microscope.

Données utiles $AB = 5{,}0\ \text{mm}$; $d_m = 0{,}25\ \text{m}$; $A_1B_1 = 1{,}0\ \text{cm}$ (B.2) ; $f_2' = 0{,}20\ \text{m}$ (A)

Objet vu à l'œil nu à la distance d_m : $\theta \approx \tan\theta = \dfrac{AB}{d_m} = \dfrac{5{,}0 \times 10^{-3}}{0{,}25} = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{rad}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_2A_1 = f_2'$: $\theta' \approx \tan\theta' = \dfrac{A_1B_1}{f_2'} = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}20} = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{rad}$

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{2{,}0 \times 10^{-2}}$$

$$\boxed{G = 2{,}5}$$

PIÈGE
Mélanger les unités dans un même rapport : AB et d_m en mètre, A_1B_1 et f_2' en mètre. Un angle en radian est un quotient de deux longueurs de même unité.

COMPRENDRE
G n'a pas d'unité. Littéralement, $G = |\gamma_1| \times \dfrac{d_m}{f_2'} = 2{,}0 \times 1{,}25$: le grossissement est le produit de l'effet de l'objectif par celui de l'oculaire, utilisé comme une loupe.