On utilise partout le modèle des lentilles minces convergentes.
L'objet noté AB est dans le plan perpendiculaire à l'axe optique des miroirs, le point A étant sur l'axe.
Le sens de propagation de la lumière est de la gauche vers la droite.

1 Modèle de microscope

On modélise un microscope sur un banc d'optique à l'aide de deux lentilles minces convergentes de 6,0 cm de diamètre.
L'objectif (lentille L_1) a une distance focale $f_1' = 10{,}0$ cm. Il est diaphragmé par un diaphragme de 4,0 cm de diamètre.
L'oculaire (lentille L_2) a une distance focale $f_2' = 20{,}0$ cm.
L'intervalle optique est $\Delta = 40{,}0$ cm.
Un objet AB vertical, de 10,0 mm de hauteur, est placé à 12,5 cm de l'objectif. Il est centré sur l'axe optique du microscope.

1. Calculer la position de l'image intermédiaire A_1B_1 et vérifier que cette position de l'objet correspond à une vision à l'infini.

2. Réaliser un schéma du microscope à l'échelle 1/1 verticalement et 1/5 horizontalement, puis construire les deux images A_1B_1 et $A'B'$.

AIDE : commencer par calculer le grandissement de l'objectif et la taille de l'image intermédiaire pour faire une construction soignée.

3. La pupille du modèle de l'œil est représentée par un segment vertical de 2 cm de hauteur, centré sur l'axe optique et placé à 28,0 cm de l'oculaire. Vérifier que cette position est celle du cercle oculaire et que l'œil peut ainsi recevoir toute la lumière qui traverse le microscope.

4. Tracer le faisceau issu du point A et vérifier l'affirmation précédente.

5. On place maintenant devant l'objectif un diaphragme de 2,0 cm de diamètre.

a. La taille de l'image A_1B_1 est-elle modifiée ? Justifier.

b. Quelle est l'influence du diaphragme sur l'image définitive ? Justifier en traçant le faisceau issu du point B.

2 Projection sur un écran

On dispose d'un microscope dont l'intervalle optique est égal à 160 mm, équipé des accessoires suivants :
- un objectif d'une distance focale $f_1' = 16{,}0$ mm ;
- un oculaire d'une distance focale $f_2' = 25{,}0$ mm.

On assimile l'objectif et l'oculaire à des lentilles minces convergentes.

1. À quelle distance de l'objectif doit-on placer la préparation pour une observation sans fatigue (image définitive à l'infini) ?

2. On veut en réalité projeter l'image finale sur un écran dépoli placé à 20,0 cm de l'oculaire.
Dans quel sens et de quelle distance faut-il déplacer l'objet pour obtenir une image nette sur l'écran ?

3. Quel est le grandissement du microscope ainsi utilisé ? On admettra que le grandissement du microscope est égal au produit des grandissements de l'objectif et de l'oculaire.

3 Pouvoir séparateur

On veut observer une cellule dont les détails ont une taille d'environ 0,2 µm.

1. Sous quel angle voit-on ces détails lorsqu'on les observe à l'œil nu à 25 cm ?

2. Deux points sont séparés par l'œil s'ils sont vus sous un angle supérieur à 3×10^{-4} rad.
Peut-on observer les détails d'une cellule à l'œil nu ?

3. Pour observer ces détails, on utilise un microscope. Quel est le grossissement minimal qui permet de les observer ?

4. Le microscope utilisé possède trois objectifs de grandissements ×10, ×40, ×100 et trois oculaires ×5, ×10 et ×15. Sachant que le grossissement du microscope est donné par la relation $G = |\gamma_{ob}| G_{oc}$, proposer une association possible.

4 ★ Grossissement standard d'un microscope

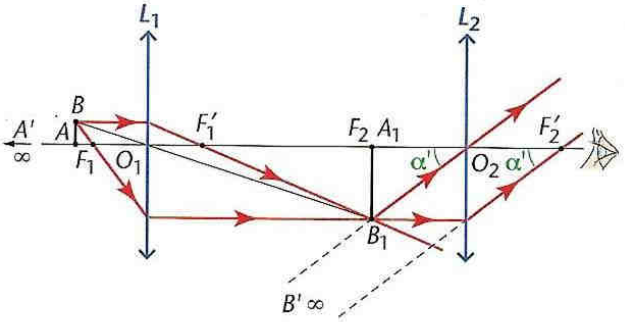
Le but de cet exercice est d'établir la relation du cours :

$$G = |\gamma_1| G_2,$$

à partir de la définition générale du grossissement :

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

α' étant l'angle sous lequel on voit l'image et α l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu à la distance d_m. On suppose l'image $A'B'$ à l'infini et on admet que $\tan\theta \approx \theta$ pour tous les angles rencontrés.



1. Exprimer α' en fonction de A_1B_1 et de f_2'.

2. Exprimer α en fonction de AB et d_m.

3. En déduire l'expression de G en fonction de $|\gamma_1|$, valeur absolue du grandissement de l'objectif, d_m et f_2'.

4. Pour l'oculaire, A_1B_1 joue le rôle d'objet. Exprimer le grossissement de l'oculaire :

$$G_2 = \frac{\alpha'}{\alpha_1}$$

en fonction de d_m et f_2'. (α_1 est l'angle sous lequel A_1B_1 est vu à l'œil nu à la distance d_m.)

5. Retrouver l'expression proposée.

5 ★ Latitude de mise au point

Un microscope a pour caractéristiques :
- distance focale de l'objectif : $f_1' = 10{,}00$ mm ;
- distance focale de l'oculaire : $f_2' = 50{,}00$ mm ;
- intervalle optique : $\Delta = 160{,}00$ mm.

L'objectif et l'oculaire sont assimilés à des lentilles minces convergentes. L'œil est placé au foyer image de l'oculaire.

1. Vision sans accommoder (image définitive à l'infini)

a. Où se forme l'image intermédiaire pour que l'image définitive soit à l'infini ? Justifier la réponse.

b. En déduire la distance qui sépare l'objet de l'objectif.

2. Accommodation maximale

Quand l'œil accommode au maximum, il voit nettement les objets placés 25,0 cm devant lui.

a. Calculer la distance qui sépare l'image définitive du centre optique de l'oculaire dans ces conditions.

http://lefevre.pc.free.fr

b. En appliquant la formule de conjugaison à l'oculaire puis à l'objectif, calculer la position de l'image intermédiaire puis celle de l'objet. (On peut s'aider d'un schéma construit sans souci d'échelle.)

3. Latitude de mise au point

a. Rechercher dans le cours la définition de la latitude de mise au point.

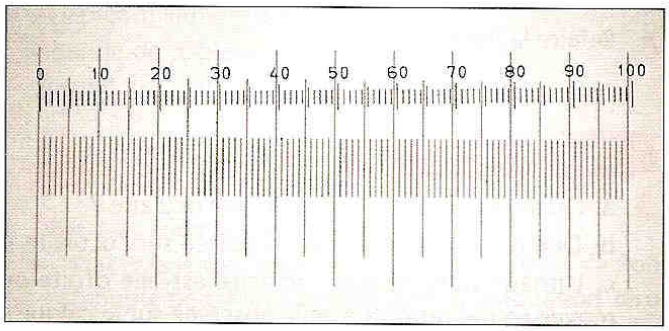
b. Calculer la latitude de mise au point de ce microscope.

c. Justifier la présence d'une vis micrométrique de réglage.

6 ★ 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 1/10e de mm. Un micromètre oculaire est un oculaire qui possède dans son plan focal objet une plaque de verre graduée en 1/10e de mm. On commence par placer sur la platine du microscope, un micromètre objectif au 1/100e mm (plaque de verre graduée en 1/100e de mm).

On observe ce micromètre objectif à travers le micromètre oculaire au 1/10e. La photographie ci-dessous représente ce qui est vu lorsque la mise au point est faite.

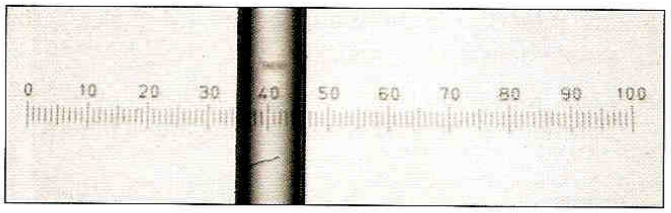


Le micromètre au 1/100e de mm correspond aux graduations du bas (grandes graduations). Le micromètre oculaire correspond aux graduations du haut (numérotées).

1. Où se situe l'image intermédiaire du micromètre objectif ? l'image définitive ?

2. À combien de graduations du micromètre oculaire correspondent les 100 graduations du micromètre objectif ?

3. Dans un deuxième temps, on remplace le micromètre au 1/100e par le fil de pêche qu'on observe à travers le même oculaire (photographie ci-dessous).



a. À combien de graduations du micromètre oculaire correspond le diamètre du fil ?

b. En déduire le diamètre du fil.

7 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 $\Delta = 16{,}0$ cm.

1. Calculer la distance qui sépare l'objectif de l'oculaire.

2. Rappeler la définition du cercle oculaire, puis calculer sa position.

3. Calculer le grandissement de l'oculaire et en déduire le diamètre du cercle oculaire.

4. Le diamètre de la pupille de l'œil varie entre 2 mm et 8 mm suivant l'éclairement. Le comparer au diamètre du cercle oculaire. Quel est l'intérêt de cette situation ?

8 ★★ Œil myope

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève modélise un microscope sur un banc d'optique à l'aide de deux lentilles minces convergentes de 4 cm de diamètre.

La lentille L_1, qui joue le rôle d'objectif, a une distance focale $f_1' = 10{,}0$ cm

La lentille L_2, qui joue le rôle d'oculaire, a une distance focale $f_2' = 20{,}0$ cm.

L'intervalle optique de ce microscope est $\Delta = F_1'F_2 = 35{,}0$ cm.

1. Sur une feuille de papier millimétré placée horizontalement, schématiser le microscope à l'échelle 1/1 verticalement et 1/5 horizontalement.

2. L'élève est myope et voit nettement sans accommoder les objets placés 80,0 cm devant lui.

a. À quelle distance du centre optique O_2 de l'oculaire l'image définitive $A'B'$ donnée par le microscope doit-elle se former, si l'élève observe depuis le foyer image de l'oculaire sans lunettes correctrices ?

b. En déduire la position de l'image intermédiaire A_1B_1 qui sert d'objet pour l'oculaire.

3. Calculer la distance qui sépare l'objet AB de l'objectif. En déduire le grandissement de l'objectif.

4. L'objet AB mesure 3,0 mm de hauteur, le point A étant sur l'axe optique. Calculer la taille de l'image A_1B_1.

5. a. Construire les deux images A_1B_1 et $A'B'$ sur le schéma.

b. En utilisant deux couleurs différentes, colorier les faisceaux issus de A et de B qui traversent le microscope.

6. Construire le cercle oculaire. Vérifier que les deux faisceaux précédents traversent bien le cercle oculaire.

http://lefevre.pc.free.fr