

EXERCICES DE REVISION : OPTIQUE GEOMETRIQUE

Capacités exigibles :

- Lentilles minces
- Formule de conjugaison des lentilles convergentes
- Loupe et microscope
- Grandissement, grossissement et puissance d'un instrument.
- Pouvoir de résolution

Exercice 1 (Le microscope)

Données :

La puissance intrinsèque d'un microscope, notée P_i , est donnée par la relation :

$$P_i = \frac{\Delta}{f_1' f_2'}$$

Le grossissement commercial d'un microscope, noté G_C , est donné par la relation :

$$G_C = \frac{\Delta}{4 f_1' f_2'}$$

Un microscope est constitué :

- d'un objectif L_1 considéré comme une lentille mince convergente de centre optique O_1 , de distance focale $f_1' = + 0,500$ cm.
- d'un oculaire L_2 considéré comme une lentille mince convergente de centre optique O_2 , de distance focale $f_2' = + 2,00$ cm.

1. Un objet AB plan est placé perpendiculairement à l'axe optique du microscope, le point A étant sur l'axe optique.

Quelle doit être la position de l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB donnée par l'objectif L_1 , pour qu'un observateur puisse utiliser le microscope sans accommodation (c'est-à-dire pour que l'œil observe l'image finale $A'B'$, donnée par le microscope, à l'infini) ?

2. Pour illustrer la situation précédente, on utilise le schéma, qui ne respecte pas d'échelle, représenté en annexe.

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

2.2. Représenter l'oculaire (L_2) sur le schéma, sans souci d'échelle, en faisant apparaître le foyer objet F_2 et le foyer image F_2' .

2.3. Construire l'image définitive $A'B'$.

3. L'objet AB est à 0,514 cm devant l'objectif.

3.1. Déterminer par le calcul la position de A_1 par rapport au centre optique O_1 .

3.2. Calculer le grandissement $|\gamma_1|$ de cet objectif.

Dans la suite de l'exercice on considèrera que l'image finale $A'B'$ donnée par le microscope est à l'infini.

4. Calculer l'intervalle optique $\Delta = F_1'F_2'$ (distance entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire).

5. Calculer la puissance intrinsèque P_i en dioptries en prenant une valeur de l'intervalle optique égale à 18 cm.

6. Calculer le grossissement commercial, noté G_C , du microscope.

7. Les valeurs 36 et 12,5 sont gravées respectivement sur l'objectif et sur l'oculaire du microscope.

Quelles grandeurs représentent ces valeurs ?

Ces données sont-elles compatibles avec les résultats des questions 3.2 et 6 ?

8. D'une manière plus générale, la puissance d'un microscope, notée P , est donnée par la relation $P = \frac{\alpha'}{AB}$

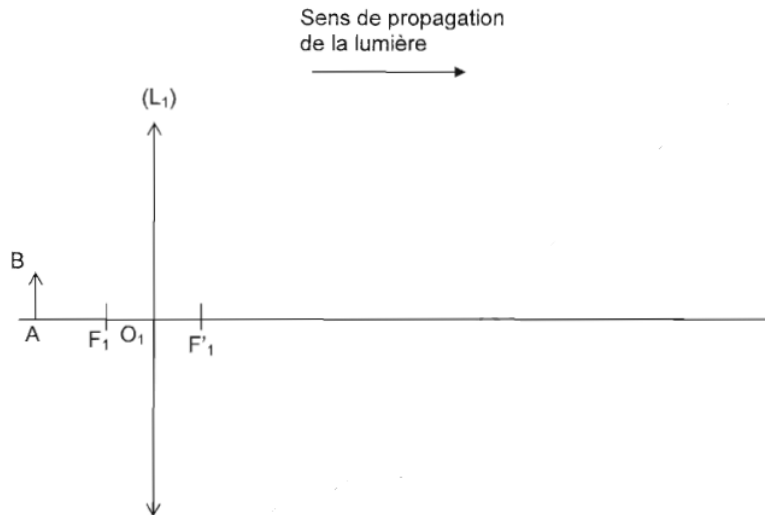
avec α' (en rad), angle sous lequel l'œil, placé au foyer F_2' de l'oculaire, voit l'image définitive donnée par le microscope, et AB dimension de l'objet observé au microscope (en m).

Le pouvoir de résolution de l'œil est $\theta = 3,0 \times 10^{-4}$ rad.

Une bactérie dont la taille est de 0,20 μm s'apprête à pénétrer dans une cellule.

Peut-on la distinguer à travers le microscope ? On justifiera toute affirmation.

9. Quel autre type de microscope permettrait l'observation d'objet encore plus petit ?

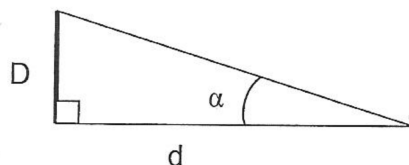


Exercice 2 (La loupe)

Après nettoyage d'un capillaire, une technicienne effectue un premier contrôle de propreté en l'observant à l'œil nu, à une distance $d = 25$ cm.

1. Calculer (en radian) la valeur de l'angle α sous lequel la technicienne voit le capillaire de diamètre $D = 0,40$ mm.

On s'aidera du schéma ci-dessous réalisé sans souci d'échelle, en considérant que $\tan \alpha \approx \alpha$ (radian).



2. Comparer la valeur de l'angle α au pouvoir de résolution de l'œil humain égal à 0,3 mrad et conclure.

3. La technicienne effectue ensuite un contrôle à l'aide d'une loupe assimilable à une lentille mince.

Calculer en centimètres la distance focale de cette lentille de vergence 12 dioptries.

4. Comment faut-il positionner le capillaire par rapport à la loupe pour que celle-ci en donne une image virtuelle ?

5. Dans le cas de l'observation de l'image à l'infini représenter sur un schéma, sans souci d'échelle, la lentille, son axe optique et le capillaire AB (A étant sur l'axe optique).

Compléter le schéma en traçant le trajet de deux rayons lumineux issus de B.

6. Dans le cas d'une observation à l'infini, calculer (en radian) la valeur de l'angle α' sous lequel la technicienne observe le capillaire à travers la loupe.

7. Dédurre des questions 1. et 6. la valeur du grossissement de cette loupe.

Exercice 3 (Le microscope)

Un microscope est muni d'un objectif de distance focale image f'_1 de valeur $f'_1 = 4$ mm.

1. La lentille utilisée pour l'objectif est-elle convergente ou divergente ?

2. Le microscope est réglé pour que l'œil n'accommode pas. Où doit se former l'image finale, notée $A'B'$, donnée par le microscope ? En déduire où doit se former l'image intermédiaire, notée $A_1 B_1$ donnée par l'objectif.

3. Réaliser le schéma de principe d'un microscope utilisé par un observateur qui n'accommode pas en respectant les notations AB pour l'objet, $A_1 B_1$ pour l'image intermédiaire et $A'B'$ pour l'image finale.

4. Retrouver par le calcul la valeur du grossissement de l'objectif $|\gamma_{obj}| = 40$, étant donnée la valeur de l'intervalle optique, noté $\Delta = \overline{F'_1 F_2} = 16$ cm.

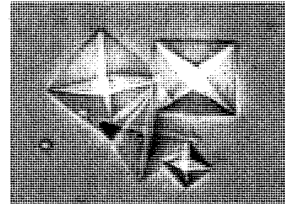
5. Un technicien doit être capable de choisir le couple objectif - oculaire adapté à l'observation de différentes cellules biologiques. L'oculaire est constitué d'une lentille convergente de vergence $C_2 = 40 \delta$. Retrouver par le calcul la valeur du grossissement commercial de l'oculaire $G_{oc} = 10$ puis en déduire le grossissement commercial du microscope noté G_{mic} .

Les constructeurs de microscope facilitent la vie du technicien en gravant certaines valeurs sur les objectifs et sur les oculaires. Quel est le nom de l'une des valeurs gravées sur l'objectif ?

Exercice 4 (Observation des calculs rénaux à l'aide d'un microscope, d'après BTS ABM 2011)

La recherche des cristaux d'oxalate de calcium dans l'urine se fait généralement à l'aide d'un microscope optique au grossissement $\times 200$ tandis que le dénombrement des cristaux ainsi que l'évaluation des tailles moyenne et maximale sont réalisés au grossissement $\times 400$.

Des cristaux d'oxalate de calcium monohydraté (weddelite) en forme d'octaèdres aplatis, représentés ci-contre, ont des dimensions comprises entre 20 et 30 μm .

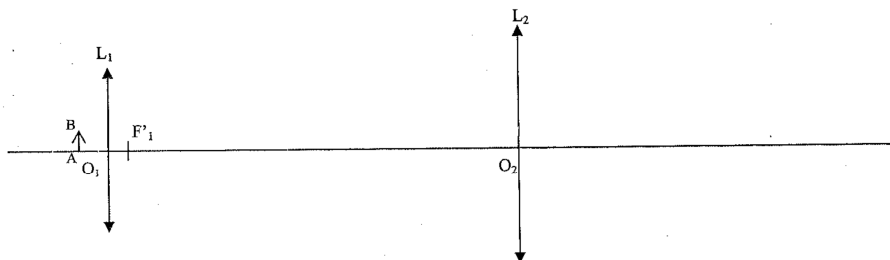


Un microscope optique peut être modélisé par l'association de deux lentilles convergentes de même axe optique, l'une étant l'objectif (lentille L_1 , de centre optique O_1 et de distance focale image f'_1) de grandissement $\gamma_1 = -40$ et l'autre l'oculaire (lentille L_2 , de centre optique O_2 et de distance focale image $f'_2 = 2,5$ cm de grossissement commercial $G_{2c} = 10$). L'ouverture numérique de l'objectif est $n \cdot \sin U = 0,65$ et l'intervalle optique (Δ) est $\overline{F'_1 F_2} = 16$ cm. Ce microscope est réglé de façon que l'œil sans défaut de l'observateur n'accommode pas et donne d'un objet réel AB , perpendiculaire à l'axe optique une image finale $A'B'$. Les questions 1. à 7. portent sur les propriétés optiques du dispositif utilisé dans ce cadre de réglage.

1. Justifier, sans calcul, que pour que l'œil de l'observateur n'accommode pas, l'image intermédiaire A_1B_1 (image de AB donnée par l'objectif L_1) doit se former dans le plan focal objet de l'oculaire.
2. Compléter le schéma du dispositif, ci-dessous, sans respect d'échelle, pour montrer l'obtention de l'image intermédiaire A_1B_1 fournie par l'objectif et de l'image finale $A'B'$.
3. Définir le grandissement γ_1 de l'objectif et justifier son signe.
4. Calculer le grossissement commercial du microscope et sa puissance intrinsèque.
5. Sachant $|\gamma_1| = \frac{\Delta}{f'_1}$ avec f'_1 distance focale de l'objectif, calculer la valeur de f'_1 .
6. Calculer à quelle distance du centre optique O_1 de l'objectif il faut placer l'objet AB .

Le pouvoir séparateur ou pouvoir de résolution, du microscope est donné par $\varepsilon = \frac{0,61 \times \lambda}{n \sin U}$ et la longueur d'onde de la lumière utilisée est de 585 nm.

7. Montrer qu'il est possible d'observer les calculs rénaux à l'aide de ce microscope.



Exercice 5 (Le microscope d'après BTS BIOAC 2012)

Une des menaces pour la santé mondiale est l'apparition de souches de bactéries résistantes aux traitements, comme l'a montré la contamination entérohémorragique par Escherichia coli qui, partie d'Allemagne, a causé plusieurs dizaines de victimes à travers toute l'Europe au printemps 2011.

On se propose ici d'étudier le microscope dont les caractéristiques techniques sont données ci-dessous et de prévoir s'il est utilisable pour observer la bactérie Escherichia coli que l'on notera E. coli.

Notations :

Objectif et oculaire sont modélisés par deux lentilles minces, respectivement L_1 et L_2 , de centres optiques O_1 et O_2 .

Les distances focales de l'objectif et de l'oculaire sont respectivement : $f'_1 = \overline{O_1 F'_1}$ et $f'_2 = \overline{O_2 F'_2}$

L'intervalle optique entre les deux lentilles, noté Δ , est la distance qui sépare le foyer image F'_1 de l'objectif du foyer objet F_2 de l'oculaire : $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$.

L'angle sous lequel est observé AB à l'œil nu (angle apparent ou diamètre apparent), est noté θ .

L'objet est observé à travers le microscope par un œil normal sans accommodation ; on dit qu'il y a « vision à l'infini ». Dans ces conditions, l'objet à observer sera noté AB, son image intermédiaire A_1B_1 et l'image finale $A'B'$; l'angle sous lequel est observée l'image finale $A'B'$, est noté θ' .

L'indice de réfraction du milieu considéré est noté n .

Données :

- Grandissement de l'objectif : $|\gamma_{obj}| = \frac{A_1B_1}{AB} = 50$ pour la vision à l'infini
- Ouverture numérique de l'objectif : $n \times \sin u = 0,70$.
- Grossissement commercial de l'oculaire : $G_{OC} = 20$.
- Intervalle optique : $\Delta = 16$ cm.
- Taille de E. coli : $AB = 1 \mu\text{m}$.
- Pour des petits angles exprimés en radians, on peut utiliser l'approximation : $\tan\theta = \theta$.
- Pouvoir de résolution de l'œil : 3×10^{-4} rad.
- Grossissement commercial du microscope : $G_C = \frac{\theta'}{\theta} = |\gamma_{obj}| \times G_{OC}$
- Pouvoir de résolution du microscope : $\varepsilon = \frac{0,6 \times \lambda}{n \sin U}$

1. Observation à l'œil nu

L'œil de l'expérimentateur est emmétrope, c'est-à-dire qu'il peut voir nettement un objet situé de l'infini à la distance minimale $d_m = 25$ cm.

- 1.1. Calculer l'angle θ sous lequel est vue E. coli lorsqu'elle est placée à la distance d_m de l'œil.
- 1.2. Montrer que la bactérie n'est pas visible à l'œil nu.

2. Vision à l'infini

On veut que le microscope soit réglé pour que l'image finale soit rejetée à l'infini.

- 2.1. Quel est l'intérêt d'un tel réglage ?
- 2.2. Convient-il à toute vision sans correction ?
- 2.3. Où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 pour que cette condition soit vérifiée ?

3. Grandissement du microscope

3.1. Faire un schéma sans respect d'échelle du microscope permettant de comprendre son fonctionnement pour une vision à l'infini. On tracera la marche de deux rayons lumineux particuliers.

3.2. En utilisant le schéma de la question précédente, montrer que le grandissement de l'objectif, dans les conditions de vision à l'infini, peut s'exprimer par : $|\gamma_{obj}| = \frac{\Delta}{f'_1}$ où f'_1 représente la distance focale

de l'objectif et Δ l'intervalle optique.

3.3. Calculer alors la distance focale f'_1 de l'objectif puis sa vergence C_1 .

4. Observation de la bactérie

4.1. Calculer le grossissement commercial G_C du microscope et en déduire l'angle θ' sous lequel est vu E. coli à travers cet instrument.

4.2. Cette bactérie est-elle maintenant visible ?

5. Pouvoir de résolution du microscope

La diffraction de la lumière à travers l'objectif limite l'utilisation du microscope. On définit ainsi le pouvoir de résolution du microscope noté ε .

5.1. Pour une longueur d'onde $\lambda = 500$ nm, calculer ε . En déduire si E. coli est observable à travers cet instrument.

5.2. Pourquoi l'observation de bactéries de taille beaucoup plus petite nécessite-t-elle d'immerger l'objectif dans un bain d'huile ?