

## 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 :

$$G_c = \frac{\Delta}{4f'_1 f'_2}$$

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 considérera 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  $P = \frac{\alpha'}{AB}$

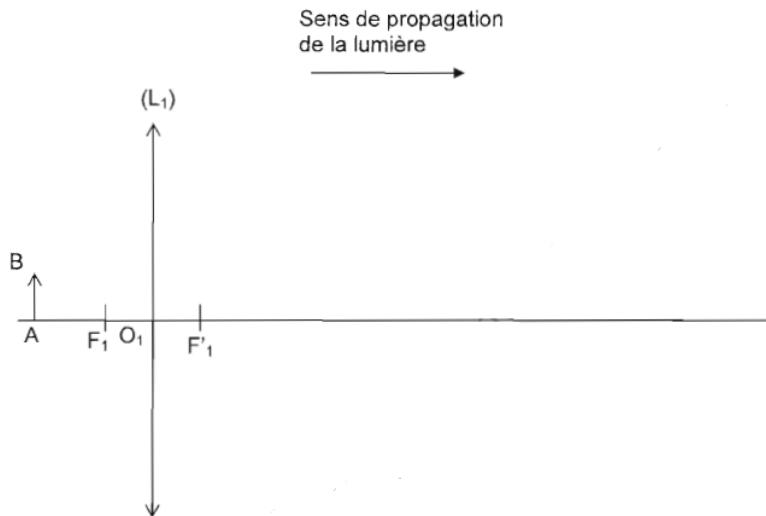
avec  $\alpha'$  (en rad), angle sous lequel l'œil, placé au foyer  $F'_2$  de l'oculaire, voit l'image définitive donnée par le microscope, et  $AB$  dimension de l'objet observé au microscope (en m).

Le pouvoir de résolution de l'œil est  $6 = 3,0 \times 10^{-4}$  rad.

Une bactérie dont la taille est de 0,20  $\mu\text{m}$  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 ?

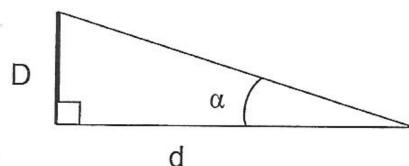


### Exercice 2 (La loupe)

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  $\alpha$  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  $\alpha$  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 dioptres.

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  $\alpha'$  sous lequel la technicienne observe le capillaire à travers la loupe.

7. Déduire 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'accorde 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<sub>1</sub> B<sub>1</sub> donnée par l'objectif.

3. Réaliser le schéma de principe d'un microscope utilisé par un observateur qui n'accorde pas en respectant les notations AB pour l'objet, A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> pour l'image intermédiaire et A'B' pour l'image finale.

4. Retrouver par le calcul la valeur du grossissement de l'objectif  $|\gamma_{\text{obj}}| = 40$ , 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  $C_2 = 40 \delta$ .

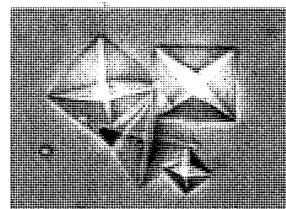
Retrouver par le calcul la valeur du grossissement commercial de l'oculaire  $G_{\text{oc}} = 10$  puis en déduire le grossissement commercial du microscope noté  $G_{\text{mic}}$ .

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)**

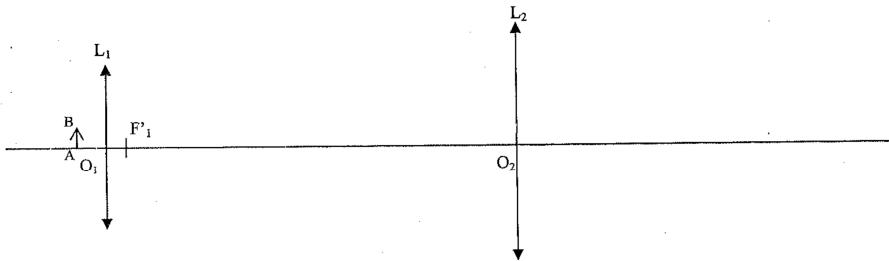
La recherche des cristaux d'oxalate de calcium dans l'urine se fait généralement à l'aide d'un microscope optique au grossissement  $\times 200$  tandis que le dénombrement des cristaux ainsi que l'évaluation des tailles moyenne et maximale sont réalisés au grossissement  $\times 400$ .

Des cristaux d'oxalate de calcium monohydraté (weddelite) en forme d'octaèdres aplatis, représentés ci-contre, ont des dimensions comprises entre 20 et 30  $\mu\text{m}$ .



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 grossissement  $\gamma_1 = -40$  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 ( $\Delta$ ) est  $\overline{F'_1 F'_2} = 16$  cm. Ce microscope est réglé de façon que l'œil sans défaut de l'observateur n'accorde 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'accorde 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 grossissement  $\gamma_1$  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  $\Delta$ , 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  $\theta$ . 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<sub>1</sub>B<sub>1</sub> et l'image finale A'B' ; l'angle sous lequel est observée l'image finale A'B', est noté  $\theta'$ . L'indice de réfraction du milieu considéré est noté n.

### **Données :**

- Grandissement de l'objectif :  $|\gamma_{obj}| = \frac{A_1 B_1}{AB} = 50$  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 :  $3 \times 10^{-4}$  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  $\theta$  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<sub>1</sub>B<sub>1</sub> 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  $\Delta$  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  $\theta'$  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  $\varepsilon$ .

5.1. Pour une longueur d'onde  $\lambda = 500$  nm, calculer  $\varepsilon$ . 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 ?