

TP 6 - ETUDE DU MICROSCOPE

On va dans ce TP étudier un instrument d'optique très répandu : le microscope. On va réaliser un modèle de microscope dont on étudiera les caractéristiques optiques. Pendant tout le TP, nous essaierons de relier les caractéristiques du microscope fabriqué avec celles d'un microscope commercial.

I Fabrication d'un œil fictif

Objectifs :

- Réaliser un collimateur.
- Fabriquer un œil fictif.

I.1 Rappels

Collimateur : Un collimateur est un montage optique permettant de faire l'image à l'infini d'un objet (donc visible sans accommoder pour un œil emmétrope).

Pour réaliser un collimateur, nous procéderons par autocollimation. L'autocollimation est une technique pour déterminer rapidement la longueur focale d'une lentille.

On place un miroir derrière la lentille qui fait l'image de notre objet afin de renvoyer les rayons lumineux vers la lentille. Il se forme ainsi une image de l'objet du côté de l'objet. Le but est de déplacer la lentille afin que l'image soit nette à côté de l'objet. Lorsque c'est le cas, on a placé l'objet dans le plan objet de la lentille, son image se forme alors bien à l'infini. On vérifie en déplaçant le miroir que l'on a bien réalisé un collimateur (l'image doit rester nette).

Question (I.1)

Réalisez par autocollimation un collimateur avec la lettre F et une lentille de longueur focale 100 mm.

Question (I.2)

Vérifiez qu'il est bien réalisé en observant l'image sur le mur derrière le banc optique (on doit observer l'image nette si on considère que le mur est situé à l'infini). Si tel est le cas, verrouillez la position de l'objet et de la lentille sur le banc optique.

I.2 Fabrication de l'œil

On va maintenant fabriquer un œil avec une lentille L_0 de longueur focale 125 mm jouant le rôle du cristallin et un écran pour la rétine.

Question (I.1)

Quelle est la distance théorique entre la lentille L_0 et l'écran ?

Question (I.2)

Positionnez la lentille L_0 et l'écran correctement en utilisant le collimateur.

Question (I.3)

On peut rendre l'œil myope en lui accolant une lentille de vergence $+2\delta$. Où se forme alors l'image ?

Question (I.4)

Vérifiez que l'on corrige bien cette myopie en accolant à l'œil myope une correction de -2δ .

Question (I.5)

Quel est la relation mathématique entre la taille angulaire d'un objet étendu à l'infini α et sa taille sur la rétine ? En déduire la taille angulaire de l'image donnée par le collimateur.

II Fabrication du microscope

En première approximation, un microscope est constitué de deux lentilles convergentes, l'objectif et l'oculaire. Son but est de créer l'image à l'infini (pour ne pas fatiguer l'œil) d'un objet. On prendra pour simuler l'objectif une lentille L_1 de longueur focale $f'_1 = 5$ cm et pour l'oculaire une lentille L_2 de longueur focale $f'_2 = 10$ cm. On fixera la distance entre L_1 et L_2 à $D = 20$ cm avec une tige métallique et des noix de serrage.

Question (II.1)

Enlevez la lentille du collimateur (on ne souhaite plus avoir d'objet à l'infini) pour réaliser le microscope puis placez le microscope sur le banc optique.

Question (II.2)

Faites l'image nette de l'objet sur la rétine en déplaçant le microscope sur le banc optique (pour mimer ce qui se passe avec un vrai microscope où l'objet est fixe et des vis de réglage servent à monter ou descendre le tube du microscope). Où se forme l'image intermédiaire (l'image de l'objet par l'objectif) ? Faites un schéma de votre montage à l'échelle 1/2 sur le compte-rendu en dessinant deux rayons lumineux issus de l'objet.

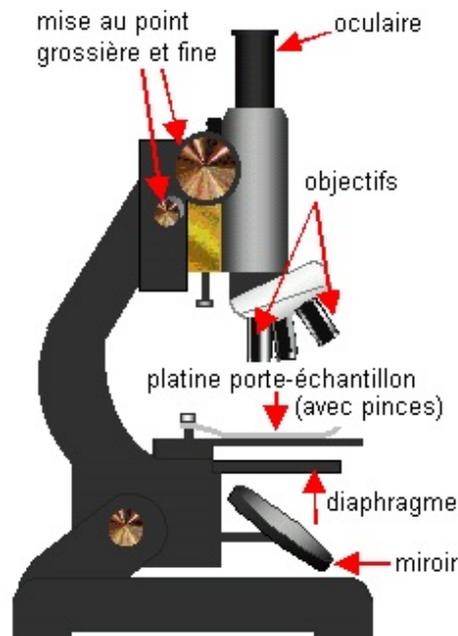


FIGURE 1 – Schéma d'un microscope

II.1 Caractéristiques du microscope

II.1.1 Grandissement de l'objectif

Le grandissement de l'objectif est le rapport entre la taille de l'image intermédiaire et celle de l'objet : $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$.

Question (II.1)

En plaçant un écran là où se forme l'image intermédiaire, mesurez le grandissement de l'objectif.

Question (II.2)

En utilisant votre construction et le théorème de Thalès, montrez que sa valeur théorique est de $\gamma = \frac{D-f'_1-f'_2}{f'_1}$. Est-ce cohérent avec votre mesure ?

II.1.2 Puissance de l'oculaire

On mesure traditionnellement les oculaires par leur puissance en dioptries : $P = \frac{1}{f'_2}$.

Question (II.1)

Quel est le nom que l'on a donné en cours à la puissance de l'oculaire ?

Question (II.2)

Combien vaut la puissance de l'oculaire sur le microscope réalisé ?

II.1.3 Grossissement du microscope

Le grossissement d'un instrument d'optique est le rapport entre la taille angulaire de l'image en sortie de l'instrument d'optique et le diamètre apparent maximal de l'objet à l'œil nu (donc au *punctum proximum*, à 25 cm). Pour un microscope, on peut montrer que le grossissement est donné par la formule : $G = 0,25 \times \gamma_{obj} P_{ocu}$

Question (II.1)

Mesurez la taille de l'image sur la rétine. Quel est alors la taille angulaire de l'image ?

Question (II.2)

Mesurez l'objet. Quelle est son diamètre apparent maximal (donc à 25 cm) ?

Question (II.3)

Que vaut le grossissement mesuré de ce microscope ? Est-ce en accord avec la valeur théorique ?

II.1.4 Ouverture numérique

L'ouverture numérique $O.N.$ mesure la quantité de lumière qui entre dans un système optique et vaut, pour un système qui baigne dans un milieu d'indice n_1 , $O.N. = n_1 \sin i_{max}$ où i_{max} est l'inclinaison maximale des rayons par rapport à l'axe optique.

Pour le microscope étudié, $n_1 = 1$ (on est dans l'air), et $\sin i_{max} = \frac{R_{obj}}{\sqrt{R_{obj}^2 + OA^2}}$ où R_{obj} est le rayon de la lentille objectif.

Question (II.1)

Que vaut $O.N.$ pour le microscope que vous avez réalisé ?

Question (II.2)

En pratique, on prend $\sin i_{max} = \frac{R_{obj}}{f'_{obj}}$. Quelle est la valeur de l' $O.N.$ avec cette formule ? Commentez.

Question (II.3)

Pour augmenter la quantité de lumière qui entre dans le système optique, il faut augmenter l'ouverture numérique. Quel est le problème qui se pose alors ?

II.2 Comparaison avec un microscope commercial

Sur un microscope commercial on peut lire :

— sur l'objectif : grandissement $\times 20$, $O.N. = 0,40$

— sur l'oculaire : puissance 50

De plus, la distance entre l'objectif et l'oculaire est standardisée pour les microscopes : on a $\overline{F'_{obj} F_{ocu}} = 16$ cm.

Question (II.1)

Déterminez quelles sont les longueurs focales de l'objectif et de l'oculaire et de combien ils sont séparés.

Question (II.2)

Quel est le grossissement de ce microscope ?

Question (II.3)

Quel est le diamètre de l'objectif ?

III Diaphragmes de champ et d'ouverture (si il reste du temps)

Sur un montage optique, il y a deux types de limitations dues à la taille finie des lentilles. La première concerne la taille de l'image obtenue (on peut ne pas tout voir de l'objet), on parle de *diaphragme de champ*. La deuxième concerne la quantité de lumière et donc la luminosité de l'image, on parle de *diaphragme d'ouverture*.

Question (III.1)

En plaçant un diaphragme réglable devant l'objectif et l'oculaire, déterminez quelle monture de lentille est le diaphragme de champ, et quelle monture de lentille est le diaphragme d'ouverture.

Question (III.2)

Placez une lentille convergente à l'endroit où se forme l'image intermédiaire entre l'objectif et l'oculaire. Qu'observe-t-on ? On appelle cette troisième lentille présente un verre de champ.