

Activités de la séquence n°13

Microscopes



Fiches de synthèse mobilisées :

Fiche n°13 : modèle optique du microscope



Sommaire des activités

ACTIVITÉ 1 :	première approche du microscope.....	1
ACTIVITÉ 2 :	conception, réalisation et étude d'une maquette de microscope.....	2
ACTIVITÉ 3 :	pouvoirs séparateurs de l'œil et du microscope.....	4
ACTIVITÉ 4 :	la microscopie à force atomique.....	5

ACTIVITÉ 1 : première approche du microscope

1. D'après votre expérience, à quoi sert un microscope ?

Expériences :

- Avec le microscope présent sur la paillasse, réaliser l'image d'un objet habituellement observé au microscope.
- Réaliser de petites expériences (on ne demande pas d'en donner le protocole) permettant de répondre à chacune des questions suivantes. On utilisera le schéma ci-dessus et les numéros des différents éléments pour répondre.

2. Où faut-il placer son œil pour voir l'image ?

3. L'image donnée par le microscope peut-elle être recueillie sur un écran ?

4. Lorsque l'on tourne les molettes (6) : qu'est-ce qui se déplace ? Quelle conséquence cela a-t-il sur l'image observée ?

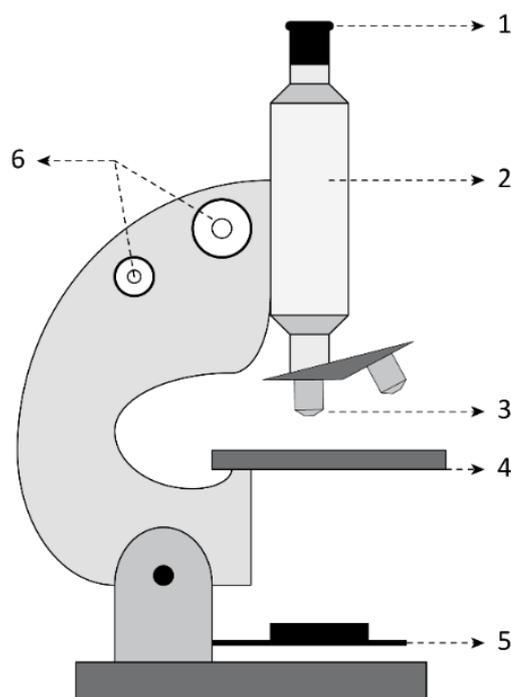
5. Lorsque l'on modifie l'élément (1) : quelle conséquence cela a-t-il sur l'image observée ?

6. Lorsque l'on modifie l'élément (3) : quelle conséquence cela a-t-il sur l'image observée ?

7. De quoi semblent constitués les éléments (3) et (1) ?

8. Que contient le tube (2) ?

9. Le microscope est constitué de deux parties optiques : l'objectif placé du côté de l'objet et l'oculaire, placé du côté où l'on positionne son œil. Inscrivez comme une légende les mots « oculaire » et « objectif » sur la figure ci-dessus.





ACTIVITÉ 2 : conception, réalisation et étude d’une maquette de microscope

L’objectif de cette activité est de réaliser sur le banc d’optique une maquette de microscope et d’étudier les paramètres qui influencent son grossissement.

1^{ère} partie : réalisation de la maquette

DOCUMENT 1 : le principe du microscope

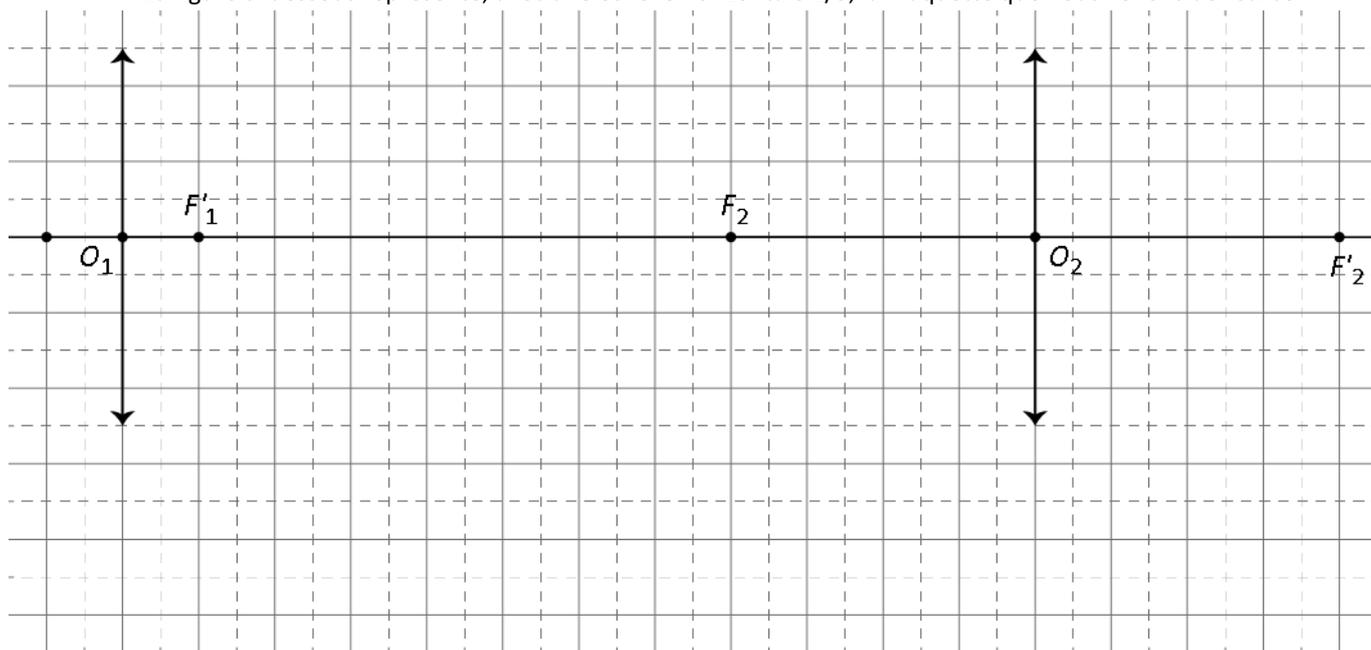
Le principe du microscope est le suivant :

L’objectif, équivalent à une lentille convergente, donne de l’objet observé une image réelle, agrandie, appelée image intermédiaire.

Cette image intermédiaire est un objet pour l’oculaire, qui en donne une image virtuelle à l’infini : l’oculaire est donc équivalent à une loupe.



- L’objet utilisé est un disque millimétré éclairé par une lanterne. À l’aide d’une lentille mince convergente, notée L_1 , de centre O_1 et de distance focale $f'_1 = 5,0$ cm, obtenir une image agrandie de cet objet située à 40 cm de la lentille. L’image est notée A_1B_1 . Noter les valeurs de $\overline{O_1A}$ et de $\overline{O_1A_1}$.
- Question à traiter à l’écrit avant l’expérience :**
Pour modéliser ce qu’il se passe dans un microscope, on souhaite à présent observer « à la loupe » l’image A_1B_1 . On va utiliser une seconde lentille, notée L_2 , de distance focale $f'_2 = 20,0$ cm. Le but est d’utiliser cette lentille comme une loupe : l’objet observé sera A_1B_1 , l’image qu’en donnera L_2 sera notée A_2B_2 . À quelle distance de la lentille L_1 faut-il la placer pour pouvoir observer sans effort l’image définitive produite ? Justifier à l’aide de vos connaissances sur la loupe.
- Réaliser l’expérience et vérifier :
 - que l’image définitive n’est pas observable sur un écran
 - que l’image définitive est observable à l’œil nu.
- La figure ci-dessous représente, avec une échelle horizontale 1/5, la maquette que nous venons de réaliser.



Microscope modélisé – échelle horizontale : 1/5 ; pas d’échelle verticale



Compléter cette figure en procédant dans cet ordre :

- représenter A_1B_1 par un segment de hauteur 2 cm ;
- représenter deux rayons de lumière issus de B_1 et interprétant la formation de B_2 à l'infini ;
- représenter deux rayons de lumière interprétant la formation de B_1 et en déduire le tracé de A_0B_0 .

2^{ème} partie : lien entre maquette et microscope réel

5. Indiquer quelles parties réelles du microscope sont représentées respectivement, dans notre maquette, par :
 - le disque millimétré éclairé par la lanterne ;
 - la lentille L_1
 - la lentille L_2
- ▶ Régler un microscope réel afin qu'il permette l'observation d'un petit objet.
6. L'image A_1B_1 obtenue à la question 1 est appelée « image intermédiaire ». On dispose d'un petit tuyau en PVC dont une extrémité est munie d'un papier calque millimétré. Avec cet accessoire, réaliser une expérience permettant de voir cette image intermédiaire dans le microscope réel. Rendre compte de l'expérience réalisée.
7. La mise au point du microscope consiste à faire en sorte que l'image définitive se forme à l'infini, afin d'être observable sans effort d'accommodation. Comment effectue-t-on ce réglage avec un vrai microscope ? Comment peut-on réaliser un réglage analogue avec notre maquette ?

3^{ème} partie : étude du grossissement du microscope

DOCUMENT 2 : le grossissement du microscope

Le grossissement du microscope est défini comme celui de la loupe. C'est le quotient :

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

- θ'' étant le diamètre apparent (en rad) de l'image définitive ;
- θ étant le diamètre apparent de l'objet, si on l'observe à l'œil nu à 25 cm de l'œil.

Autres expressions du grossissement : on démontre que G s'exprime par les relations :

Relation 1

$$G = \gamma_{obj} G_{oc}$$

- γ_{obj} : grandissement de l'objectif
- G_{oc} : grossissement de l'oculaire s'il est utilisé comme une loupe

Relation 2

$$G = \frac{\Delta}{f_1'} \times \frac{d_m}{f_2'}$$

- Δ : intervalle optique, défini par $\Delta = F_1'F_2$;
- $d_m = 25$ cm : distance minimale de vision distincte ;
- f_1' et f_2' : distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

Questions 8 à 11 à traiter à l'écrit sans utiliser la maquette sur banc d'optique :

8. Dans un microscope réel, indiquer quels paramètres peuvent être modifiés par l'utilisateur pour changer de grossissement, parmi :
 - la distance focale de l'objectif ;
 - la distance entre l'oculaire et l'objectif ;
 - la distance focale de l'oculaire.
9. Si l'on remplace la lentille L_1 par une autre de distance focale plus courte, sans modifier la position de L_2 , comment doit évoluer le grossissement ? Justifier en utilisant une relation du document 2.
10. Avec un microscope réel, lorsque l'on change d'objectif, que faut-il faire avant d'observer nettement une image ? Utiliser un microscope, au besoin, pour répondre.



11. Expliquer pourquoi la modification citée à la question 10 est nécessaire. On pourra utiliser la figure de la fiche J pour répondre.
12. Dans la maquette sur banc d'optique, remplacer la lentille L_1 par une autre de distance focale $f'_1 = 10,0$ cm sans déplacer L_2 . Procéder au réglage nécessaire et noter la conséquence de ce changement sur le grossissement.
13. S'il reste du temps :
 - prévoir la conséquence, sur le grossissement, du remplacement de la lentille L_2 par une autre de distance focale $f'_2 = 10$ cm ;
 - effectuer cette modification et noter le changement observé sur le grossissement de l'instrument.

ACTIVITÉ 3 : pouvoirs séparateurs de l'œil et du microscope

Le pouvoir de résolution de l'œil est l'angle minimal entre deux points objets que l'on peut distinguer. Si on appelle d la distance qui sépare ces deux points et D la distance entre eux et l'œil de l'observateur, le pouvoir de résolution peut être calculé par la relation approchée :

$$\alpha \approx \tan(\alpha) \approx \frac{d}{D}$$

1^{ère} partie : mesure du pouvoir séparateur de l'œil

1. Le pouvoir de résolution d'un « bon » œil doit-il être le plus faible ou le plus élevé possible ? Justifier à l'aide de la définition donnée ci-dessus.

Expérience :

- Observer une feuille de papier millimétré et l'éloigner progressivement jusqu'à ne plus pouvoir distinguer les uns des autres les graduations de la feuille.
 - Noter à quelle distance D se trouve alors la feuille.
2. Exploiter la mesure afin de déterminer la valeur du pouvoir séparateur de votre œil.
 3. Observer un réseau à 600 traits par mm à l'œil nu en le plaçant à 25 cm. Peut-on distinguer les traits gravés sur ce réseau ?
 4. On rappelle la relation entre le nombre de traits par unité de longueur, noté n , et le pas a du réseau (distance entre deux traits consécutifs) :

$$a = \frac{1}{n}$$

Effectuer un calcul montrant qu'il était impossible de distinguer les traits du réseau.

2^{ème} partie : le pouvoir de résolution du microscope

On admet dans cette partie la valeur moyenne du pouvoir de résolution de l'œil humain : $\alpha_{\text{œil}} = 3 \times 10^{-4}$ rad.

On rappelle que le grossissement du microscope peut être calculé par la relation :

$$G = |\gamma_{\text{obj}}| G_{\text{oc}}$$

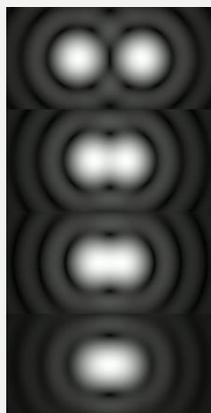
5. Que doit valoir le grossissement de l'instrument permettant de voir les traits du réseau précédent ?
6. Régler un microscope afin que son grossissement ait une valeur proche de celle calculée à la question précédente et l'utiliser pour observer le réseau.
7. Peut-on distinguer les traits les uns des autres ?
8. Changer l'oculaire et/ou l'objectif du microscope jusqu'à ce que les traits du réseau soient discernables. Que vaut alors le grossissement ? Que nous apprend cette valeur à propos du microscope ?

Lire le document ci-après afin de répondre aux questions suivantes.

9. Quel phénomène limite le pouvoir séparateur du microscope ?
10. En exploitant une relation connue sur ce phénomène, retrouver l'information donnée dans ce document : « Pour un microscope optique de 1 cm de diamètre, le pouvoir de résolution théorique est d'environ 14 secondes d'arc ($3,8 \times 10^{-3}$ °) ».
11. Pourquoi l'observation dans l'ultraviolet permet-elle d'obtenir une meilleure résolution ?

**DOCUMENT : résolution des instruments d'optique**

Les instruments optiques contiennent le plus souvent une ouverture circulaire : un objet ponctuel donne alors une image « floue », appelée tache d'Airy. Si deux détails d'un objet sont trop proches, ces taches se chevauchent et il devient impossible d'obtenir des images séparées de ces détails.



- ▶ les taches d'Airy sont bien séparées : les détails correspondants sont discernables

- ▶ les taches d'Airy se chevauchent : les détails correspondants ne sont pas discernables

Dans le cas du microscope :

Pour un microscope optique de 1 cm de diamètre, le pouvoir de résolution théorique est d'environ 14 secondes d'arc ($3,8 \times 10^{-3} \text{ }^\circ$). Pour un échantillon situé à 1 cm, ce microscope permettrait de distinguer deux points situés à $0,67 \text{ }\mu\text{m}$. Afin d'obtenir une meilleure résolution l'observation peut être effectuée des longueurs d'ondes plus petites grâce aux ultraviolets.

source : Wikipédia

ACTIVITÉ 4 : la microscopie à force atomique

Cette activité propose de découvrir quelques-unes des propriétés de la microscopie à force atomique : il s'agit d'une technique alternative à la microscopie optique, qui permet d'atteindre des résolutions beaucoup plus fines.

Les questions qui suivent reposent sur une lecture préalable de l'article en lien ci-dessous :

 **La Microscopie à Force Atomique**
pour l'observation de molécules avec une résolution atomique
Publié le 19.10.16 par Pauline Bacle, Lucas Henry, Caroline Rossi-Gendron 

<https://culturesciences.chimie.ens.fr/thematiques/chimie-analytique/la-microscopie-a-force-atomique-pour-l-observation-de-molecules-avec>

1. Rappeler l'ordre de grandeur de la taille minimale des objets observables en microscopie optique.
2. Quel phénomène physique limite la résolution du microscope optique ?
3. Quel est l'objet le plus petit, cité dans cet article, qui est observable avec un microscope à force atomique, mais qui serait observable avec un microscope à force atomique ? Citer un ordre de grandeur de sa taille.
4. Le microscope à force atomique utilise-t-il la lumière pour obtenir une image de l'objet observé ?
5. Pourquoi la réponse à la question précédente explique-t-elle que l'on puisse, avec un microscope à force atomique, observer des objets beaucoup plus petits qu'avec un microscope optique ?