

HISTORIQUE

L'invention du microscope par Robert Hooke date de la seconde moitié du XVII^e siècle et a ouvert la voie aux mesures de petites dimensions, pratiquement impossibles auparavant. Le microscope permet d'observer des objets ou des détails d'objets de l'ordre du micromètre ($1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm} = 10^{-6} \text{m}$).

I. PRÉSENTATION D'UN MICROSCOPE

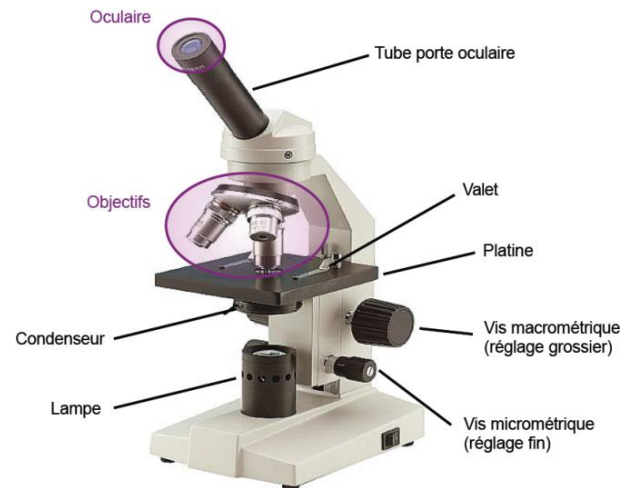
Un microscope optique comprend **trois systèmes optiques** :

- l'**objectif**, placé devant l'**objet**, qui est un système optique constitué de plusieurs lentilles. Il est assimilé à une lentille **mince convergente de très courte distance focale**, de l'ordre de quelques **mm**. Le grandissement γ_1 est gravé sur l'objectif (par exemple x4, x10, x40).
- l'**oculaire**, placé devant l'**œil**, qui est lui aussi un système optique convergent de distance focale de l'ordre du **cm**. Il est assimilé à une lentille mince convergente et joue le rôle d'une loupe. Le **grossissement G_2** est gravé sur l'oculaire (par exemple x10).
- le **miroir sphérique concave** associé à un **condenseur** qui permet d'éclairer l'objet observé.

L'objectif et l'oculaire sont placés aux deux extrémités du tube optique : la distance les séparant est **fixe**, de l'ordre de 15 à 20 cm. La distance $\Delta = F'_1 F_2$ est appelé **intervalle optique** du microscope.

La mise au point consiste à déplacer le bloc {**objectif-tube-oculaire**} à l'aide des boutons de réglage grossier puis de réglage fin.

En général, un microscope dispose de **plusieurs objectifs** et **oculaires** permettant d'obtenir de nombreux **grossissements**.

**II. ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET SCHÉMATISATION D'UN MICROSCOPE**

Pour mettre en évidence les propriétés d'un microscope, on le modélise par un système de deux lentilles minces convergentes :

- **Lentille objectif (L_1)** : centre O_1 , foyers F_1 et F'_1 , vergence $C_1 = 9,05 \delta$ ($6,1 + 2,95$).
- **Lentille oculaire (L_2)** : centre O_2 , foyers F_2 et F'_2 , vergence $C_2 = 5,5 \delta$.
- Distance entre les centres optiques des deux lentilles : $O_1 O_2 = 90 \text{ cm}$.

1. Calculer les distances focales f'_1 de l'objectif et f'_2 de l'oculaire, **en cm**.
2. Calculer l'intervalle optique $\Delta = F'_1 F_2$ (entre le foyer image F'_1 de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire) **en cm**.
3. Sur une feuille de papier millimétré prise horizontalement, représenter le microscope (lentilles (L_1) et (L_2), axe optique) à l'échelle : 1/1 verticalement et 1/5 horizontalement.
4. Noter les foyers des deux lentilles. Ce schéma sera progressivement complété au cours du TP.

a. IMAGE INTERMÉDIAIRE $A_1 B_1$ DONNÉE PAR L'OBJECTIF

On désire observer une image définitive $A'B'$ à l'infini pour que l'observation soit sans fatigue pour l'œil.

5. Dans quel plan doit être placée l'image intermédiaire $A_1 B_1$ par rapport à l'oculaire ? Exprimer alors $\overline{O_1 A_1}$ en fonction de f'_1 et de Δ , puis calculer la valeur de $\overline{O_1 A_1}$.
- On place la source avec l'objet (lettre **F**) vers la graduation **20 cm**.
- On place la lentille (L_1) avec un diaphragme, modélisant l'objectif, sur la graduation **30,0 cm** et la lentille (L_2) modélisant l'oculaire **90,0 cm plus loin**.
- On place un écran blanc gradué à l'endroit où l'image intermédiaire $A_1 B_1$ doit se former.
- On déplace l'objet AB de façon à former l'image intermédiaire $A_1 B_1$ la plus nette possible sur l'écran.
6. Mesurer le diamètre de l'ouverture du diaphragme placé sur l'oculaire.
7. Noter la position de l'objet par rapport à l'objectif $\overline{O_1 A_{exp}}$ et mesurer la taille de l'image intermédiaire $\overline{A_1 B_1}$ (attention aux signes !).
8. Quelles sont les caractéristiques de l'image $A_1 B_1$ observée (taille, sens) par rapport à l'objet AB ? Déterminer expérimentalement le grandissement $\gamma_{1,exp}$ de l'objectif (attention au signe !).
9. En appliquant la relation de conjugaison, calculer la position $\overline{O_1 A}$ de l'objet AB par rapport à l'objectif. Comparer avec la valeur expérimentale $\overline{O_1 A_{exp}}$.
10. À partir des valeurs de $\overline{O_1 A}$ et $\overline{O_1 A_1}$ calculer la valeur du grandissement γ_1 . Comparer avec l'expérience.
11. Compléter le schéma du microscope :
 - Positionner à l'échelle 1 le diaphragme sur l'objectif.
 - Représenter l'objet par un trait vertical. Pour un tracé **soigné**, dessiner **d'abord** l'image intermédiaire $A_1 B_1$ puis tracer les rayons lumineux à partir de cette image pour retrouver la position de l'objet.
12. Comparer $|\gamma_1|$ et $\frac{\Delta}{f'_1}$. Établir une relation entre les deux grandeurs.

b. IMAGE DÉFINITIVE A'B' DONNÉE PAR LE MICROSCOPE

- On place l'écran blanc après l'oculaire et on le déplace jusqu'à observer un petit disque lumineux bien net. Ce disque est le **cercle oculaire** du microscope (son étude sera réalisée plus loin).
 - On retire l'écran et on place l'œil au niveau du cercle oculaire : observer la lettre **F** à travers le microscope. Si l'image est trop lumineuse, régler le variateur associé à la lampe. Si elle n'est pas centrée, déplacer verticalement les lentilles.
13. L'image définitive **A'B'** est-elle droite ou renversée par rapport à l'objet **AB** ?
14. Compléter le schéma du microscope en construisant l'image définitive **A'B'**.

c. MARCHE D'UN FAISCEAU LUMINEUX ISSU DE B

- Tous les rayons lumineux issus de B et qui traversent les deux lentilles passent par les points B_1 et B' .
 - Pour tracer la marche d'un faisceau lumineux issu de B, il faut tracer les rayons limites issus de B et qui s'appuient sur les contours du diaphragme de l'objectif.
15. Dessiner la marche de ces deux rayons limites à travers tout le microscope et hachurer la zone lumineuse entre ces deux rayons limites.

d. CERCLE OCULAIRE

Le cercle oculaire correspond au cercle de diamètre minimum formé par le faisceau lumineux à la sortie de la lunette. C'est sur le cercle oculaire que l'observateur doit placer son œil pour recevoir le maximum de lumière.

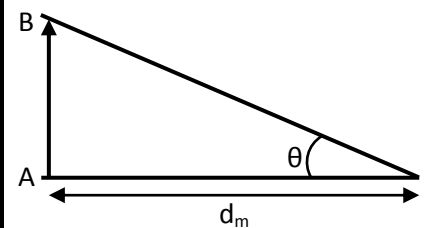
- On place l'écran blanc derrière l'oculaire et on trouve le **cercle oculaire** du microscope. On note **C** le point d'intersection entre le cercle oculaire et l'axe optique.
16. Noter la position du cercle oculaire par rapport à l'oculaire O_2C et le diamètre d_{CO} du cercle oculaire. Mesurer le diamètre du diaphragme de l'objectif notée d_{obj}
17. On vérifie que le cercle oculaire est bien l'image de l'objectif par l'oculaire en plaçant une pointe de stylo contre l'objectif. Qu'observez-vous ?
18. À partir de la formule de conjugaison des lentilles, calculer $\overline{O_2C}$.
19. Vérifier que $O_2C > f'$. Comparer la valeur calculée avec celle obtenue expérimentalement.
20. Calculer le diamètre du cercle oculaire, d_{CO} . Comparer avec l'expérience.
- **Construction du cercle oculaire :**
21. Sur la feuille de papier millimétré, construire le cercle oculaire sur un second schéma mais sans placer ni l'objet ni les images : on garde la même échelle horizontale ($1/5^{\text{ème}}$) mais on prend l'échelle 2/1 sur l'axe vertical. Déterminer sa position par rapport à l'oculaire et son diamètre sur le schéma puis dans la réalité.
22. Le cercle oculaire dépend-il de la taille et de la position de l'objet ?

Remarque :

- Le faisceau lumineux émergent de l'oculaire d'un **microscope réel** se concentre en un petit disque lumineux de diamètre **inférieur à 2 mm**.
- Le diamètre de la pupille de l'observateur est généralement supérieur au diamètre du cercle oculaire : l'observateur reçoit alors **un maximum de lumière** lorsqu'il place son œil au niveau du cercle oculaire.

e. GROSSISSEMENT G DU MICROSCOPE

- Le **grossissement G** d'un microscope est le rapport : $G = \frac{\theta'}{\theta}$.
avec : θ' : angle sous lequel est vu l'image définitive par le microscope.
 θ : angle sous lequel est vu l'objet à l'œil nu lorsqu'il est placé à la distance minimale de vision distincte : $d_m = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$.
- Lorsqu'un microscope **grossit G fois**, l'objet est vu sous **un angle G fois plus grand qu'à l'œil nu**.



23. Dessiner l'angle ϑ' sur le premier schéma du microscope.
24. Exprimer $\tan \vartheta$ en fonction de **AB** et d_m . Sachant que lorsque ϑ est "petit", on peut faire l'approximation: $\tan \vartheta \approx \vartheta$, calculer ϑ .
25. Exprimer $\tan \vartheta' = \vartheta'$ en fonction de A_1B_1 et de f'_2 . Calculer ϑ' .
26. Calculer le grossissement **G** du microscope.
- Le grossissement G_2 de l'oculaire est : $G_2 = \frac{\theta'}{\theta_1}$ où θ_1 est l'angle sous lequel est vu A_1B_1 à la distance d_m .
27. Montrer que : $G_2 = \frac{d_m}{f'_2}$.
28. Montrer littéralement que : $G = |y_1| \times G_2$ avec y_1 le **grandissement** de l'objectif (L_1).
29. Montrer littéralement que $|y_1| = \frac{\Delta}{f_1}$ et en déduire que $G = \frac{\Delta \cdot d_m}{f_1 f'_2}$. Calculer **G** et comparer-le avec le résultat obtenu à la question 26.