

LE MICROSCOPE



Objectifs: comprendre le fonctionnement d'un microscope.

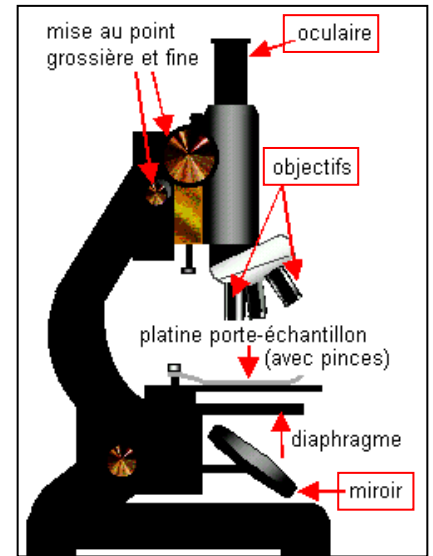
I. PRÉSENTATION DU MICROSCOPE

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

- **l'oculaire** qui est un système optique de distance focale de l'ordre du **cm**. L'oculaire est assimilable à une lentille convergente et joue le rôle d'une **loupe**. Le **grossissement G_2** est gravé sur l'oculaire (par exemple $\times 10$).

- **l'objectif** qui est un système optique constitué de plusieurs lentilles assimilables à une **lentille convergente de très courte distance focale** (de l'ordre du **mm**). Le **grandissement γ_1** est gravé sur l'objectif (par exemple $\times 4, \times 10, \times 40$).

- le **miroir sphérique concave** associé à un **condenseur** qui permet d'éclairer l'objet observé.



• L'observateur place son **œil** devant **l'oculaire** et met **l'objet** devant **l'objectif**.

L'oculaire et l'objectif sont placés aux deux extrémités du tube optique: leur **distance** est **constante**.

• La **mise au point** consiste à déplacer le bloc [**objectif – tube – oculaire**] à l'aide des boutons de réglage grossier et de réglage fin.

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

II. MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE

1) Montage

• Un microscope peut être **modélisé** par un ensemble de **deux lentilles minces convergentes**.

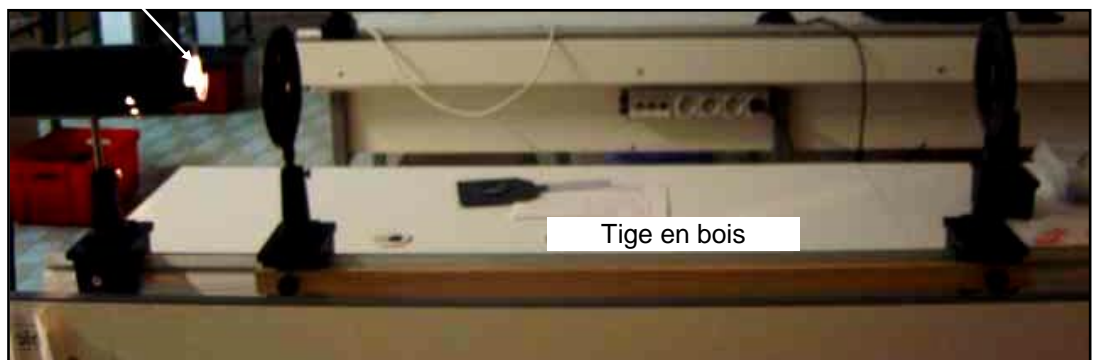
• Les deux lentilles ont même axe optique et sont **fixes** l'une par rapport à l'autre.

Objet: lettre F

Objet

Objectif: L_1

Oculaire: L_2



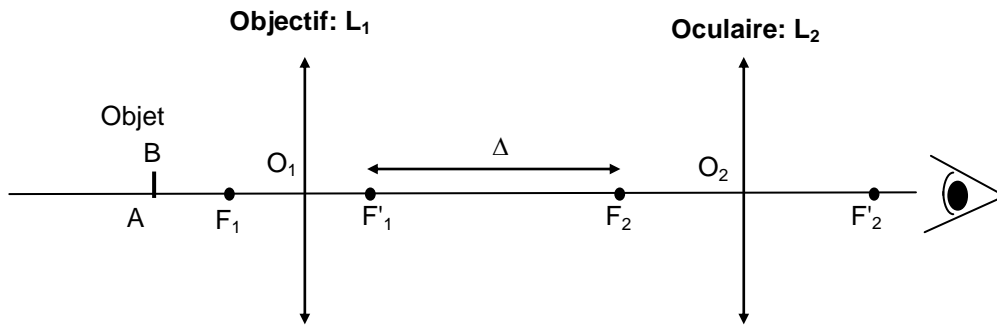
- **objet**: écran calque quadrillé avec la lettre **F**, placée au zéro du banc optique (soit ici 20,0 cm).

- **objectif L_1** : $f'_1 = 100$ mm avec le **diaphragme moyen** placé sur la graduation **30,0** cm.

- **oculaire L_2** : $f'_2 = 200$ mm.

- **distance O_1O_2** entre les deux lentilles: $\overline{O_1O_2}$ est constante ici (fixée par une tige en bois).

🔍 Mesurer le diamètre de l'ouverture du diaphragme moyen placé sur l'oculaire.



- L'intervalle optique Δ est la distance qui sépare le foyer image F_1' de l'objectif du foyer objet F_2 de l'oculaire: $\Delta = \overline{F_1'F_2}$.
- Dans un microscope, l'intervalle optique a une longueur constante.

• Préréglage du microscope:

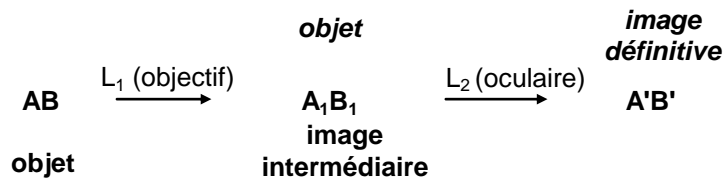
- ☞ Placer la lettre **F** devant la source de lumière.
- ☞ Disposer l'objectif et l'oculaire sur des supports et régler la hauteur des lentilles sur la hauteur de la lettre **F**.
- ☞ Relier ensuite les deux lentilles par la tige en bois.

a) Mesurer précisément la hauteur \overline{AB} de l'objet (lettre F) et la distance $\overline{O_1O_2}$. Calculer la valeur de $\Delta = \overline{F_1'F_2}$.

b) Compléter le schéma du microscope sur la feuille de papier millimétré fournie, en dessinant, à l'échelle 1/5^{ème} sur l'axe horizontal et à l'échelle 1 sur l'axe vertical, les lentilles avec leurs foyers et l'intervalle optique Δ . Positionner à l'échelle 1 le diaphragme sur l'objectif. Le schéma sera complété progressivement.

2) Image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB par l'objectif

- Schématiquement, la correspondance entre objet et image pour l'objectif et l'oculaire est donnée ci-dessous:



a) On désire observer une image définitive **$A'B'$** à l'infini (observation sans fatigue de l'œil): dans quel plan doit être placée l'image intermédiaire **A_1B_1** par rapport à l'oculaire ? Exprimer alors $\overline{O_1A_1}$ en fonction de f_1' et de Δ puis calculer la valeur de $\overline{O_1A_1}$.

- ☞ Placer un écran blanc sur le banc optique là où se forme l'image intermédiaire **A_1B_1** .
- ☞ Déplacer l'objet **AB** de façon à former l'image intermédiaire **A_1B_1** la plus nette possible sur l'écran. Noter la position de l'objet par rapport à l'objectif soit $\overline{O_1A_{\text{exp}}}$ (attention au signe !).
- ☞ Mesurer $\overline{A_1B_1}$ (attention au signe !).

b) Quelles sont les caractéristiques de l'image **A_1B_1** observée (taille, sens) par rapport à l'objet **AB** ? Déterminer expérimentalement le grandissement $\gamma_{1,\text{exp}}$ de l'objectif (attention au signe !).

c) En appliquant la relation de conjugaison calculer la position $\overline{O_1A}$ de l'objet **AB** par rapport à l'objectif. Comparer avec la valeur expérimentale $\overline{O_1A_{\text{exp}}}$.

d) À partir des valeurs de $\overline{O_1A}$ et $\overline{O_1A_1}$ calculer la valeur du grandissement γ_1 . Comparer avec l'expérience.

e) Compléter le schéma du microscope: l'objet est représenté par un trait vertical. Pour un tracé **soigné**, dessiner **d'abord** l'image intermédiaire **A_1B_1** puis tracer les rayons lumineux à partir de cette image pour retrouver la position de l'objet.

f) Comparer $|\gamma_1|$ et $\frac{\Delta}{f_1'}$. Établir une relation entre les deux grandeurs.

3) Image définitive $A'B'$

- ☞ Placer l'écran blanc après l'oculaire et déplacer-le jusqu'à observer un petit disque lumineux bien net. Ce disque est le **cercle oculaire** du microscope (son étude sera réalisée plus loin).

☞ Retirer l'écran et placer 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.

- L'image définitive **A'B'** est-elle droite ou renversée par rapport à l'objet **AB** ?
- Compléter le schéma du microscope en construisant l'image définitive **A'B'**.

4) 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 **B₁** 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**.
- Dessiner la marche de ces deux rayons limites à travers tout le microscope et hachurer la zone lumineuse entre ces deux rayons limites.

5) Cercle oculaire (début séance 2).

• Le **cercle oculaire** est l'image de la monture de l'objectif ou de son diaphragme, par l'oculaire.

☞ Placer l'écran blanc derrière l'oculaire et retrouver **le cercle oculaire** du microscope.

- On note **C** le point d'intersection entre le cercle oculaire et l'axe optique.
- Noter la position du cercle oculaire par rapport à l'oculaire **O₂C** et le diamètre **d_{co}** du cercle oculaire. Mesurer le diamètre du diaphragme de l'objectif notée **d_{obj}**.
- Vérifier 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 ?
- A partir de la formule de conjugaison des lentilles, calculer $\overline{O_2C}$.
- Vérifier que $O_2C > f'_2$. Comparer la valeur calculée avec celle obtenue expérimentalement.
- Calculer le diamètre du cercle oculaire, **d_{co}**. Comparer avec l'expérience.

• Construction du cercle oculaire:

- Construire le cercle oculaire sur le second schéma de la feuille de papier millimétré mais sans placer l'objet et les images: on garde la même échelle horizontale ($1/5^{\text{ème}}$) mais on prend l'échelle 2 sur l'axe vertical. Déterminer sa position par rapport à l'oculaire et son diamètre sur le schéma puis dans la réalité.
- Le cercle oculaire dépend-il de la taille et de la position de l'objet ?

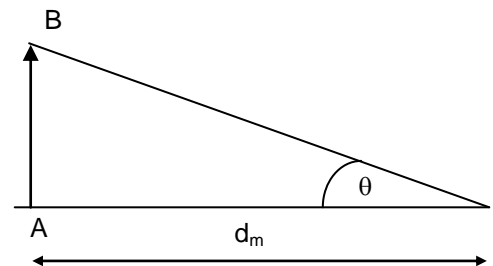
• Le faisceau lumineux émergent de l'oculaire d'un microscope réel se concentre en un petit disque lumineux de diamètre **inférieur à 2 mm**.

• 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

6) 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 cm = 0,25 m**.



- Dessiner l'angle θ' sur le schéma du microscope. Attention: l'angle θ n'apparaît pas sur le schéma !!
- Exprimer $\tan \theta$ en fonction de **AB** et **d_m**. Lorsque θ est "petit", on peut faire l'approximation: $\tan \theta = \theta$. Calculer θ .
- Exprimer $\tan \theta' = \theta'$ en fonction de **A₁B₁** et de **f'₂**. Calculer θ' .
- Calculer le grossissement **G** du microscope.

• Lorsqu'un microscope **grossit G fois**, l'objet est vu sous **un angle G fois plus grand qu'à l'œil nu**.

e) Le grossissement G_2 de l'oculaire est: $G_2 = \frac{\theta'}{\theta_1}$ où θ_1 est l'angle sous lequel est vu **A₁B₁** à la distance **d_m**. Montrer que:

$$G_2 = \frac{d_m}{f'_2}$$

f) Montrer littéralement que: $G = |\gamma_1| \cdot G_2$ avec γ_1 **le grandissement** de l'objectif L_1 .

g) Montrer littéralement que $|\gamma_1| = \frac{\Delta}{f_1}$ et en déduire que $G = \frac{\Delta \cdot d_m}{f_1 \cdot f'_2}$. Calculer **G** et comparer avec la réponse de 6.d.

Images du microscope

O_1

Cercle oculaire

O_1