

Partie ϕ 1 - OPTIQUE

Tp ϕ 6 - LE MICROSCOPE

Objectifs: Etudier le fonctionnement d'un microscope

1°) PRESENTATION DU MICROSCOPE

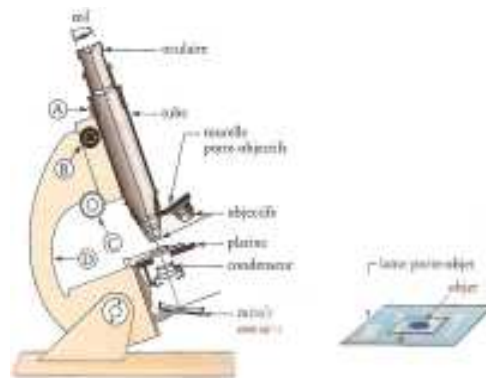
Il est impossible d'observer les détails, très proches, d'objets de petites dimensions.

L'oeil associé à un microscope permet d'améliorer cette étude.

Dans des conditions normales d'utilisation, le microscope donne une image à l'infini, de diamètre angulaire important, permettant l'observation d'un objet de petites dimensions situé à distance finie.

Un microscope comprend trois systèmes optiques (voir doc.1):

- **Le condenseur et le miroir concave** qui permettent d'éclairer l'objet observé.
- **L'objectif**, placé devant l'objet, est constitué de plusieurs lentilles assimilables à une lentille convergente de très courte distance focale (de l'ordre du millimètre). Le **grandissement** γ_1 est gravé sur l'objectif (par exemple $\cdot 4$, $\cdot 10$, $\cdot 40$).
- **L'oculaire**, placé devant l'oeil de l'observateur, de distance focale de l'ordre du centimètre. 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 $\cdot 10$)

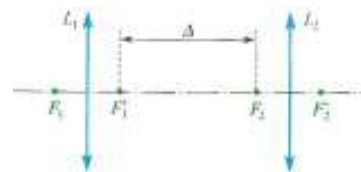


L'objectif et l'oculaire sont placés aux deux extrémités du tube optique. Ils sont fixes l'un par rapport à l'autre.

La **mise au point** consiste à déplacer le bloc [objectif – tube – oculaire] d'abord à l'aide bouton de commande de la crémaillère (réglage grossier) puis à l'aide du bouton de commande de la vis micrométrique (réglage fin).

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

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. La distance entre le foyer image F'_1 de l'objectif et le foyer objet F_2 de l'oculaire est appelée intervalle optique Δ : $\Delta = F'_1 F_2$.



2°) MODELISATION D'UN MICROSCOPE

Schéma expérimental.

- objet: écran calque quadrillé avec la lettre F.
- objectif L_1 : $C_1 = 8 \delta$
- oculaire L_2 : $C_2 = 5 \delta$ (ou deux lentilles $+ 3 \delta$ et $+ 2 \delta$ accolées)
- lentille L_3 : $C_3 = 8 \delta$ (pour l'oeil virtuel)

1°) Calculer les distances focales des lentilles utilisées.

Dispositif.

- Sur le banc optique, placer la lampe avec sa lettre lumineuse sur la gauche du banc d'optique sur la graduation 10 cm. Placer la lentille (L_1) à une distance de la lampe supérieure à sa distance focale (environ 30 cm de la lampe = graduation 40 du banc d'optique).
- Placer la lentille (L_2) à 60,0 cm (graduation 0) de la lentille (L_1). Ne modifiez plus par la suite la position de ces deux lentilles.
- Placer à la suite de ces deux lentilles, un oeil réduit, en associant
 - une lentille (L_3) de 8δ (sur la graduation +30)
 - et un écran blanc à 12,5 cm de la lentille (L_3)
- Avancer la lampe vers le microscope jusqu'à observer sur l'écran de l'oeil une image nette.

2°) Quel est l'intervalle optique de votre microscope ?

3°) Quelles sont les caractéristiques de l'image observée par l'oeil ? Comparer avec l'objet (taille, sens).

4°) Sachant que la lentille de l'oeil renverse les images, l'image $A'B'$ formée à la sortie du microscope et observée par l'oeil, est-elle droite ou renversée par rapport à l'objet AB ?

5°) L'oeil ne doit pas accommoder. A quoi est égale la distance qui sépare les deux éléments de l'oeil réduit ?

6°) L'espace entre l'objectif et l'oculaire est accessible. Où peut-on placer une feuille de papier blanc pour observer l'image intermédiaire $A'_1 B'_1$? Quelles sont les caractéristiques de cette image (sens, taille, réelle ou virtuelle) ?

7°) Mesurer la valeur absolue du grandissement de l'objectif, γ_1 et le comparer à $\frac{\Delta}{f'_1}$ Établir une relation entre les deux grandeurs.

3. ETUDE GRAPHIQUE: CAS D'UNE IMAGE A'B' A L'INFINI.

Pour qu'un oeil normal observe une image sans fatigue (sans accommodation), l'image définitive A'B' doit se trouver «à l'infini», du côté de l'objectif (voir schéma ci-contre).

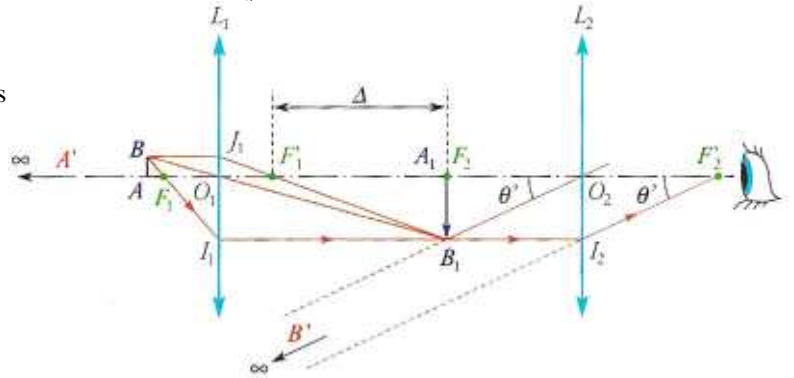
8°) Où est alors située l'image intermédiaire A₁B₁ ?

9°) La position exacte de l'oeil réduit sur le banc optique a-t-elle une importance ?

10°) Sur une feuille de papier millimétré, dessiner très soigneusement à l'échelle 1/5^{ème} sur les deux axes le microscope réalisé dans le cas où l'image A'B' est à l'infini.

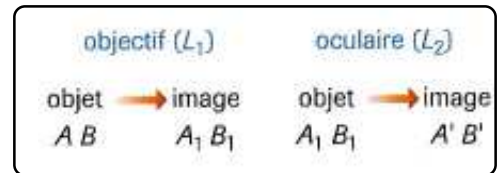
Remarque: avec un objet de quelques millimètres de hauteur, il est difficile de faire une construction précise des images. Ainsi, on partira de l'image intermédiaire A₁B₁ pour construire AB et A'B'. On prend A₁B₁ = 10 cm (taille réelle) et les données du 2.1°).

11°) Déterminer par construction graphique, la position O₁A et la taille de l'objet AB (aidez-vous du schéma ci-dessus).



On retiendra:

- ❑ La première lentille rencontrée par la lumière, l'objectif, donne de l'objet AB une image intermédiaire A₁B₁.
- ❑ Cette image intermédiaire sert d'objet pour la deuxième lentille, l'oculaire, qui en donne une image définitive A'B' rejetée à l'infini.



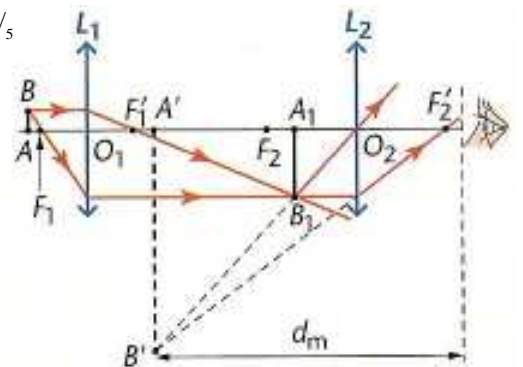
4. ETUDE GRAPHIQUE: CAS D'UNE IMAGE A'B' A DISTANCE FINIE.

12°) Sur une autre feuille de papier millimétré, dessiner très soigneusement à l'échelle 1/5^{ème} le microscope réalisé dans le cas où l'oeil accomode: on prendra A₁B₁ = 10 cm (taille réelle) à 12,5 cm avant O₂.

13°) Déterminer graphiquement, O₁A et AB.

14°) Déterminer graphiquement, O₂A' et A'B'.

15°) Déterminer graphiquement le grandissement total du microscope: $\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2$



5. LATITUDE DE MISE AU POINT.

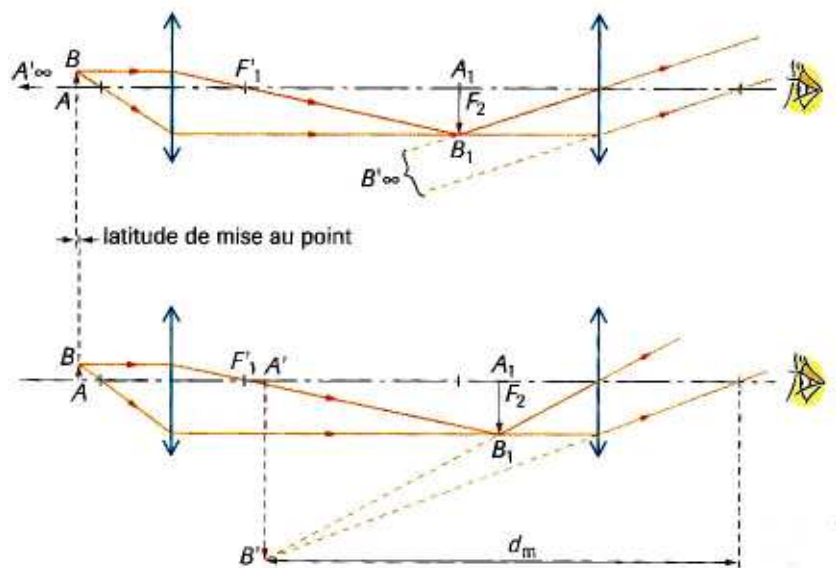
Il n'est pas nécessaire que l'image définitive soit à l'infini pour qu'elle soit vue nette car l'oeil a la faculté d'accommoder. La distance minimale de vision distincte d'un objet dépend beaucoup de l'âge. On lui attribue conventionnellement la valeur $d_m = 25$ cm.

Aux deux positions limites de l'image A'B' (image à l'infini et image à 25 cm de l'oeil) correspondent deux positions limites de l'objet AB.

Définition: On appelle latitude de mise au point la distance qui sépare les deux positions limites de l'objet pour lesquelles l'image est vue nette par l'oeil.

Ordre de grandeur: dans un microscope, la latitude de mise au point est très faible: elle est de l'ordre du micromètre. Cette constatation entraîne deux impératifs:

- ❑ la préparation doit être plane, c'est pourquoi on la place entre deux lames de verre;
- ❑ il faut une vis micrométrique pour faire la mise au point.



6. GROSSISSEMENT DU MICROSCOPE.

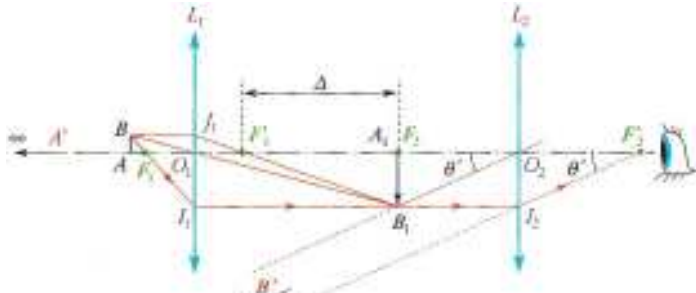
6.1. APPROCHE THEORIQUE.

Le rôle du microscope est de permettre à l'œil de voir l'image définitive d'un objet sous un diamètre apparent θ' supérieur au diamètre apparent θ de la vision directe de l'objet à l'œil nu.

Le grossissement du microscope est défini par $G = \frac{\theta'}{\theta}$

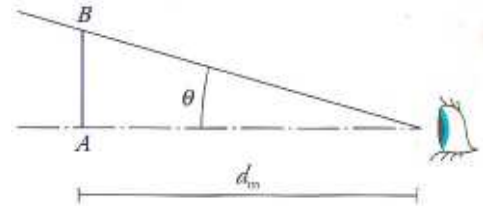
Afin de pouvoir connaître et comparer le grossissement de divers microscopes, on définit le grossissement standard en se référant à des conditions indépendantes de l'utilisateur.:

L'image observée à travers le microscope est à l'infini: l'œil n'accomode pas;



$$\text{Or } \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{f_2}$$

La distance minimale de vision distincte est $d_m = 0,25 \text{ m}$.



$$\text{et } \theta = \frac{AB}{d_m}$$

$$\text{Ce qui donne } G = \frac{A_1B_1}{f_2} \cdot \frac{d_m}{AB} = \frac{A_1B_1}{AB} \cdot \frac{d_m}{f_2}$$

$$\text{Or } \frac{A_1B_1}{AB} = \gamma_{\text{Objectif}} \quad \text{et} \quad G_{\text{Oculaire}} = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f_2} \cdot \frac{d_m}{A_1B_1} = \frac{d_m}{f_2}$$

On constate donc que chaque élément du microscope contribue à ce grossissement: $G = \gamma_{\text{Objectif}} \cdot G_{\text{Oculaire}}$.

Remarque.

$$\text{On peut également montrer que } \gamma_{\text{Objectif}} = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{F'_1A_1}{F'_1O_1} = \frac{\Delta}{f_1}$$

$$\text{Ce qui donne } G = \gamma_{\text{Objectif}} \cdot G_{\text{Oculaire}} = \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{d_m}{f_2} = \frac{\Delta}{4 \cdot f_1 \cdot f_2} \quad \text{puisque } d_m = 0,25 = \frac{1}{4}$$

6.2. APPROCHE EXPERIMENTALE.

16°) Calculez le diamètre apparent θ de la lettre lumineuse regardée à 25 cm à l'œil nu.

17°) Calculez l'angle θ' sous lequel l'œil réduit voit l'image $A'B'$ de la lettre.

Conseil : la lentille de l'œil reçoit les rayons provenant de B et sortant de l'oculaire parallèles entre eux sous l'angle θ' . Ces rayons convergent sur l'écran de l'œil au point B'' . On peut utiliser la construction de celui de ces rayons qui entre par le centre O dans l'œil réduit, donc qui n'est pas dévié dans l'œil.

18°) Déduisez des valeurs de θ' et θ le grossissement G de votre microscope réduit.

19°) Calculez par ailleurs le grossissement théorique de ce microscope réduit, en utilisant les relations théoriques

Conseil : on remarquera que les données permettent de calculer le grandissement de l'objectif et le grossissement de l'oculaire. On peut aussi calculer le grandissement de l'objectif si on a mesuré l'image intermédiaire A_1B_1 .

20°) Les deux valeurs trouvées sont-elles en accord ? Ce microscope a-t-il un fort grossissement ?

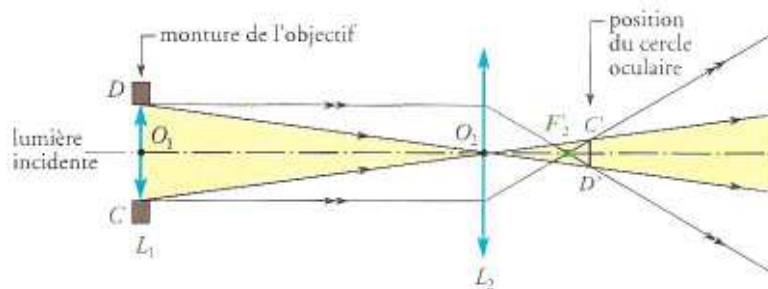
7. CERCLE OCULAIRE.

7.1. APPROCHE THEORIQUE.

Quand un instrument d'optique est composé de deux lentilles, l'une formant l'objectif et l'autre oculaire, l'objectif sert d'objet pour l'oculaire qui en forme une image. On appelle cercle oculaire l'image de la monture de l'objectif ou de son diaphragme dans l'oculaire.

Le cercle oculaire correspond à la section la plus étroite du faisceau qui sort du microscope. C'est à cet endroit qu'il faut placer la pupille de l'oeil pour recevoir le maximum de lumière.

Quel que soit le grossissement utilisé, le diamètre du cercle oculaire d'un microscope est toujours inférieur au diamètre de la pupille. En plaçant convenablement l'oeil derrière l'oculaire, on reçoit toute la lumière diffusée par l'objet qui a traversé le microscope.



7.2. APPROCHE EXPERIMENTALE.

Dispositif.

- Repérer la position de la lentille (L₃) de votre oeil réduit.
- A l'aide d'une feuille blanche utilisée comme un écran mobile, rechercher à partir de l'oculaire un disque lumineux net.
- Votre lentille (L₃) - et donc votre oeil réduit - était-elle bien placée ?
- Rechercher maintenant avec l'écran blanc la position exacte de ce cercle oculaire. Placer une pointe de stylo devant l'objectif (L₁): qu'observez-vous au niveau du cercle oculaire ?
- Déterminer expérimentalement la taille et la position du cercle oculaire par rapport à l'oculaire.

21°) Sur le schéma ci-dessous, tracez les trajets de rayons issus des bords M et N de la monture de l'objectif et passant par le point F₂ puis les rayons issus de M et N et arrivant sur les bords I et J de l'oculaire.