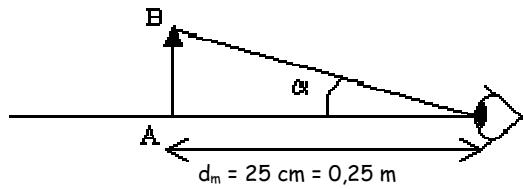


INSTRUMENTS D'OPTIQUE : LA LOUPE ET LE MICROSCOPE

1. Caractéristiques de l'œil

1.1 Le pouvoir de résolution

La rétine est l'écran de l'œil. L'œil ne peut distinguer deux détails d'un objet que si leur image se forme sur deux cellules différentes de la rétine. Dans des conditions normales d'éclairement et de contraste, le pouvoir de résolution de l'œil est d'environ 1 minute d'angle ($1/60$ degré) soit 3×10^{-4} rad.



L'angle α est petit donc $\tan \alpha = \alpha$

$$\tan \alpha = \alpha = \frac{AB}{0,25} \quad \text{donc} \quad AB = 0,25 \times \alpha$$

$$AB = 0,25 \times 3 \times 10^{-4} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ m} = 75 \mu\text{m}$$

1.2 Observation à l'infini et à une distance finie

Lors de l'observation d'un objet à l'infini, l'œil normal forme l'image sur la rétine. Il s'agit d'une vision sans accommodation.

Le point situé à la distance maximale qui permet la vision d'une image nette pour l'œil au repos est appelé Punctum Remotum (PR). Il est à l'infini pour l'œil.

Pour permettre la vision d'un objet à une distance finie, l'œil normal doit accommoder jusqu'à ce que l'image se forme sur la rétine. Pour l'œil, la distance limite d'accommodation est de l'ordre de 25 cm.

Le point le plus proche dont on peut avoir une image nette est appelé Punctum Proximum (PP). Il est situé à 25 cm de l'œil. En dessous de cette distance, la vision n'est pas nette. La vision est nette pour un objet situé entre 25 cm et l'infini.



2. La loupe

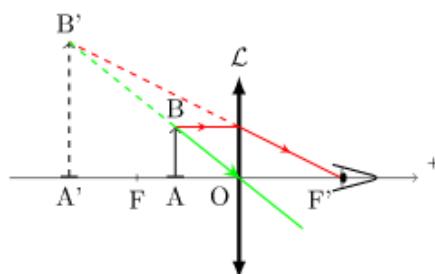
2.1 Principe

Une loupe est constituée d'une lentille convergente de petite distance focale (quelques centimètres). L'objet à examiner doit être placé entre la lentille et son plan focal objet. Cela permet d'obtenir une image virtuelle, droite et agrandie.

2.2 Construction de l'image

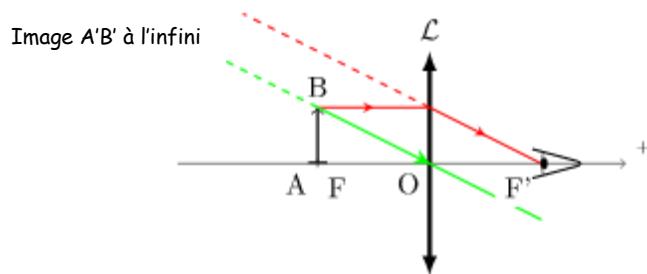
a) Avec accommodation

On observe l'image à travers la loupe. L'image obtenue est droite et agrandie.



b) Sans accommodation

Pour que l'œil puisse observer l'image sans accommodation, celle-ci doit se trouver à l'infini. Dans ce cas, l'objet est situé dans le plan focal objet.



2.3 Grandeurs caractéristiques d'une loupe

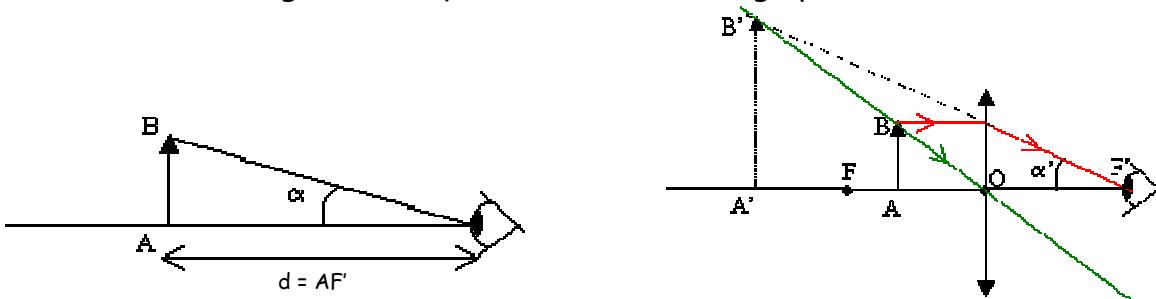
2.3.1 Le grossissement

Le grossissement G est défini par la relation suivante :

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

α : angle sous lequel est vu l'objet

α' : angle sous lequel est observé l'image par l'œil

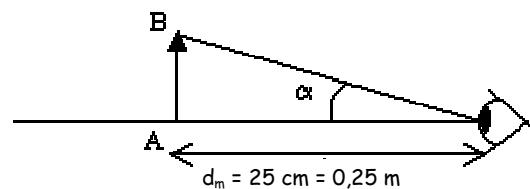


Le grossissement est différent du grandissement. Grossir 10 fois revient à diviser par 10 la distance d'observation. Pour voir les détails d'un petit objet, on peut l'approcher à 25 cm de l'œil. Quand on observe l'image de cet objet à travers une loupe qui grossit 10 fois, on voit ce que l'on verrait de l'objet si notre œil nous permettait de le voir nettement à une distance de 2,5 cm.

Dans le cas du grandissement, même si celui-ci est important, une image lointaine apparaît petite.

2.3.2. Le grossissement commercial

Le grossissement commercial G_C est défini comme étant le grossissement que l'obtient lorsque l'objet est placé à la limite de la vision nette c'est-à-dire au point appelée punctum proximum (PP) situé à la distance $d_m = 25$ cm. C'est le grossissement commercial qui est indiqué sur les instruments d'optique. Dans ce cas :



L'angle α est petit donc $\tan \alpha = \alpha$
 $\tan \alpha = \alpha = \frac{AB}{0,25}$

$$G_C = \frac{\alpha'}{\alpha(25 \text{ cm})} = \frac{0,25 \times \alpha'}{AB}$$

2.3.3 La puissance

La puissance P est définie par la relation suivante :

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

α' : angle sous lequel est observé l'image par l'œil exprimé en radian (rad)

AB : longueur de l'objet exprimée en mètre (m)

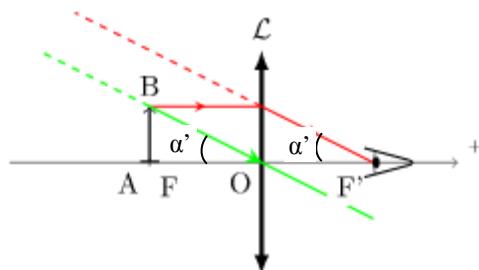
P : puissance exprimée en dioptre (δ)

D'après la relation du grossissement commercial, on remarque que $G_C = 0,25 \times P$

2.3.4 La puissance intrinsèque

La puissance intrinsèque P_i , c'est la puissance lorsque l'image est à l'infini.

Dans ce cas, l'objet se situe dans le plan focal objet et $OA = OF$



L'angle α' étant petit, $\tan \alpha' = \alpha'$

$$\tan \alpha' = \alpha' = \frac{AB}{OF}$$

Donc, on a :

$$P_i = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{1}{OF} = \frac{1}{f}$$

D'après le paragraphe précédent, on a la relation $G_C = 0,25 \times P_i$ ($P = P_i$) soit :

$$G_C = \frac{P_i}{4}$$

2.3.5 Pouvoir de résolution

Deux points A et B peuvent être vu séparés, à travers la loupe, à condition que l'angle sous lequel est vu l'image des deux points soit supérieur à 3×10^{-4} rad. C'est le pouvoir de résolution de la loupe.

Pour les meilleures loupes, $P = 50 \delta$

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \quad \text{donc} \quad AB = \frac{\alpha'}{P} = \frac{3 \times 10^{-4}}{50} = 6 \times 10^{-6} \text{ m} = 6 \mu\text{m}$$

3. Le microscope

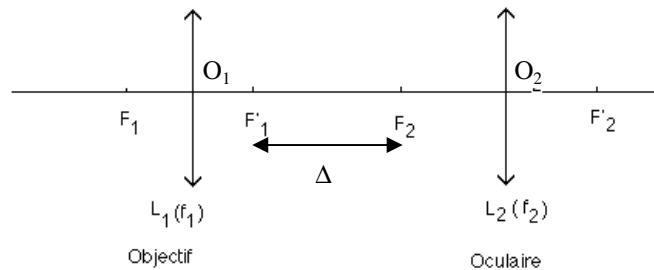
3.1 Principe

Le microscope est constitué de deux systèmes de lentilles, l'objectif (placé du côté de l'objet) et l'oculaire (placé du côté de l'œil). La distance entre l'objectif et l'oculaire est constante.

L'objectif est constitué d'une lentille convergente L_1 dont la distance focale objet f_1 est très petite (quelques mm).

L'oculaire est constitué d'une lentille convergente L_2 dont la distance focale objet f_2 est de quelques centimètres.

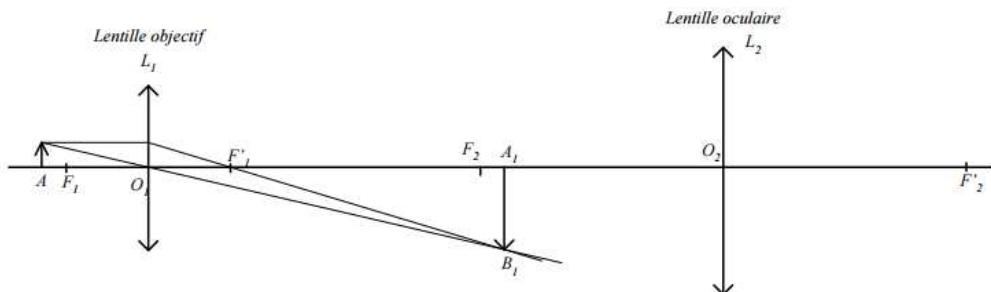
La distance O_1O_2 est invariable et de l'ordre de 20 cm. On appelle l'intervalle optique Δ la distance F'_1F_2 entre le foyer principal image de l'objectif et le foyer principal objet de l'oculaire.



3.2 Construction de l'image

L'objet observé AB est placé en avant et proche du foyer principal objet F_1 de l'objectif.

L'objectif L_1 donne de l'objet AB une image A_1B_1 réelle, renversée et agrandie dite « intermédiaire ».



L'oculaire L_2 joue le rôle de loupe pour A_1B_1 . Il est donc placé de manière que A_1B_1 se trouve entre L_2 , et son foyer objet F_2 . L'image définitive $A'B'$ est alors virtuelle, agrandie, droite par rapport à A_1B_1 c'est-à-dire renversée par rapport à AB . L'image intermédiaire A_1B_1 joue le rôle d'objet réel pour la lentille L_2 .

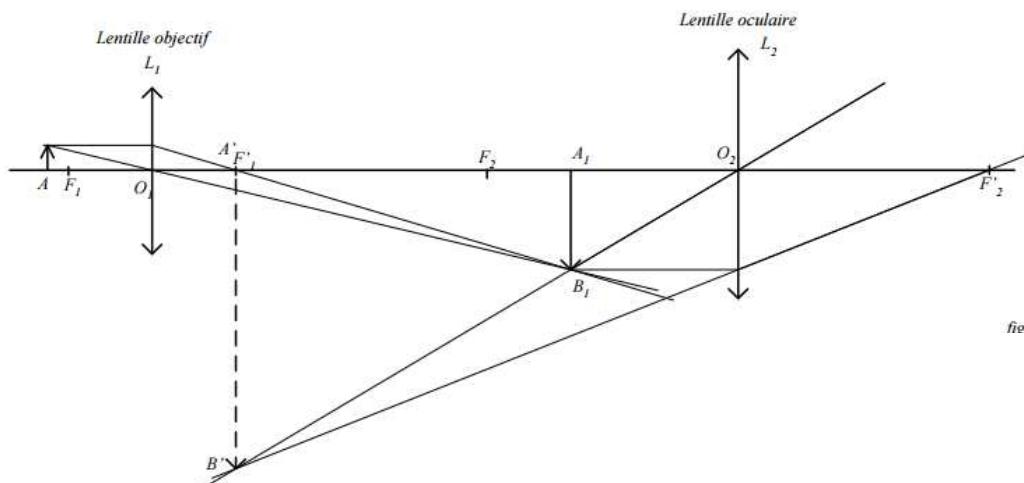


fig 4

3.3 Grandeurs caractéristiques d'un microscope

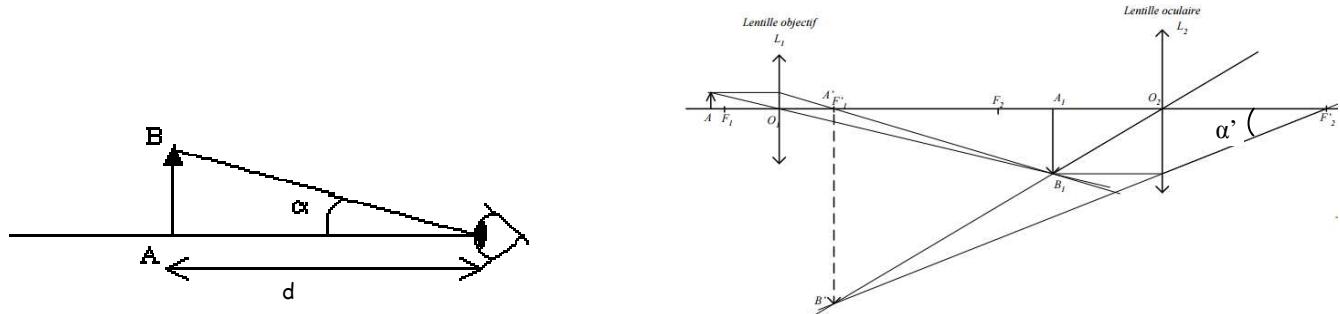
3.3.1 Le grossissement

La notion de grossissement définie pour la loupe est également valable pour le microscope. Le grossissement G est défini par la relation suivante :

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

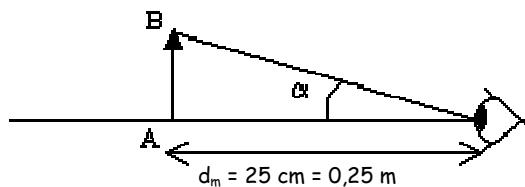
α : angle sous lequel est vu l'objet

α' : angle sous lequel est observé l'image par l'œil



3.3.2. Le grossissement commercial

Le grossissement commercial G_C est défini comme étant le grossissement que l'obtient lorsque l'objet est placé à la limite de la vision nette c'est-à-dire au point appelée punctum proximum (PP) situé à la distance $d_m = 25$ cm. C'est le grossissement commercial qui est indiqué sur les instruments d'optique. Dans ce cas :



L'angle α est petit donc $\tan \alpha = \alpha$

$$\tan \alpha = \alpha = \frac{AB}{0,25}$$

$$G_C = \frac{\alpha'}{\alpha(25 \text{ cm})} = \frac{0,25 \times \alpha'}{AB} \quad \text{et} \quad G_C = \frac{P_i}{4}$$

3.3.3 La puissance

La puissance P est définie par la relation suivante :

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

α' : angle sous lequel est observé l'image par l'œil exprimé en radian (rad)

AB : longueur de l'objet exprimée en mètre (m)

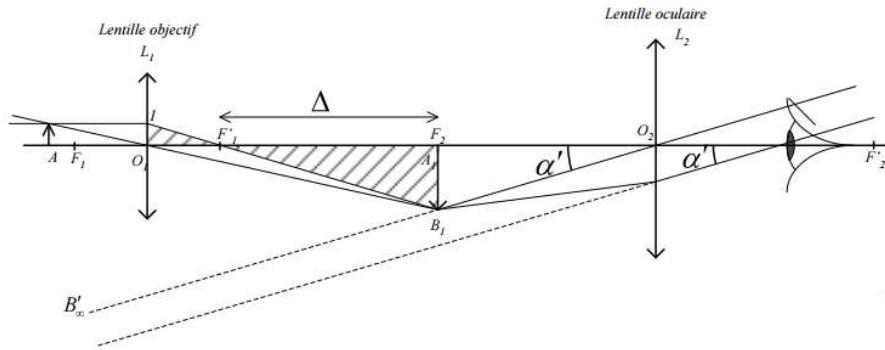
P : puissance exprimée en dioptrie (δ)

$$P = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{\alpha'}{A_1 B_1} \times \frac{A_1 B_1}{AB} = P_2 \times \gamma_1$$

La puissance d'un microscope est égale au produit de la puissance P_2 de l'oculaire par le grossissement γ_1 de l'objectif : $P = P_2 \times \gamma_1$

3.3.4 La puissance intrinsèque

La puissance intrinsèque correspond au cas où l'image $A'B'$ est à l'infini; l'image intermédiaire A_1B_1 se forme alors au foyer objet F_2 de l'oculaire.



Dans ce cas, l'expression la puissance intrinsèque est :

$$P_i = \frac{\Delta}{f_1 f_2}$$

La puissance intrinsèque du microscope ne dépend que des caractéristiques optiques du microscope.

3.3.5 Pouvoir de résolution

Deux points A et B peuvent être vu séparés, à travers le microscope, à condition que l'angle sous lequel est vu l'image des deux points soit supérieur à 3×10^{-4} rad. C'est le pouvoir de résolution du microscope.

Pour un microscope dont le grossissement $G = 400$

$$G_c = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad \text{avec} \quad \alpha = \frac{AB}{0,25}$$

$$G_c = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha' \times 0,25}{AB} \quad \text{donc} \quad AB = \frac{\alpha' \times 0,25}{G_c} = \frac{3 \times 10^{-4} \times 0,25}{400} = 2 \times 10^{-7} \text{ m} = 0,2 \mu\text{m}$$

Le pouvoir de résolution du microscope ne dépend que du grossissement commercial. Cependant, on ne peut pas augmenter le pouvoir de résolution du microscope en augmentant le grossissement commercial. A partir d'un certain grossissement (de l'ordre de 1500), les phénomènes de diffraction ne sont plus négligeables et ils limitent le pouvoir de résolution des microscopes.

D'autres techniques, comme le microscope électronique, permettent d'obtenir un meilleur pouvoir de résolution.