

## Chapitre VI Le microscope

### 1. Le microscope optique

Pour l'observation des petits objets, la loupe n'apporte qu'une assistance limitée. Les grands grossissements sont donnés par les microscopes optiques (figure 1). C'est un instrument destiné à donner des images agrandies d'objets très petits.

Un microscope est constitué d'un objectif, de faible distance focale ( $f < 1 \text{ cm}$ ), et d'un oculaire dont la distance focale est de quelques centimètres. Le microscope optique ne peut pas voir les objets dont les dimensions sont faibles, par exemple de l'ordre de  $0.1 \text{ nm}$ , par rapport aux ondes lumineuses visibles  $\approx 500 \text{ nm}$ . Il nous permet de voir une bactérie et ne nous permet pas de voir un virus.

La distance entre les centres optiques de l'objectif et de l'oculaire est très grande par rapport à la distance focale de l'oculaire, et par conséquent à celle de l'objectif.

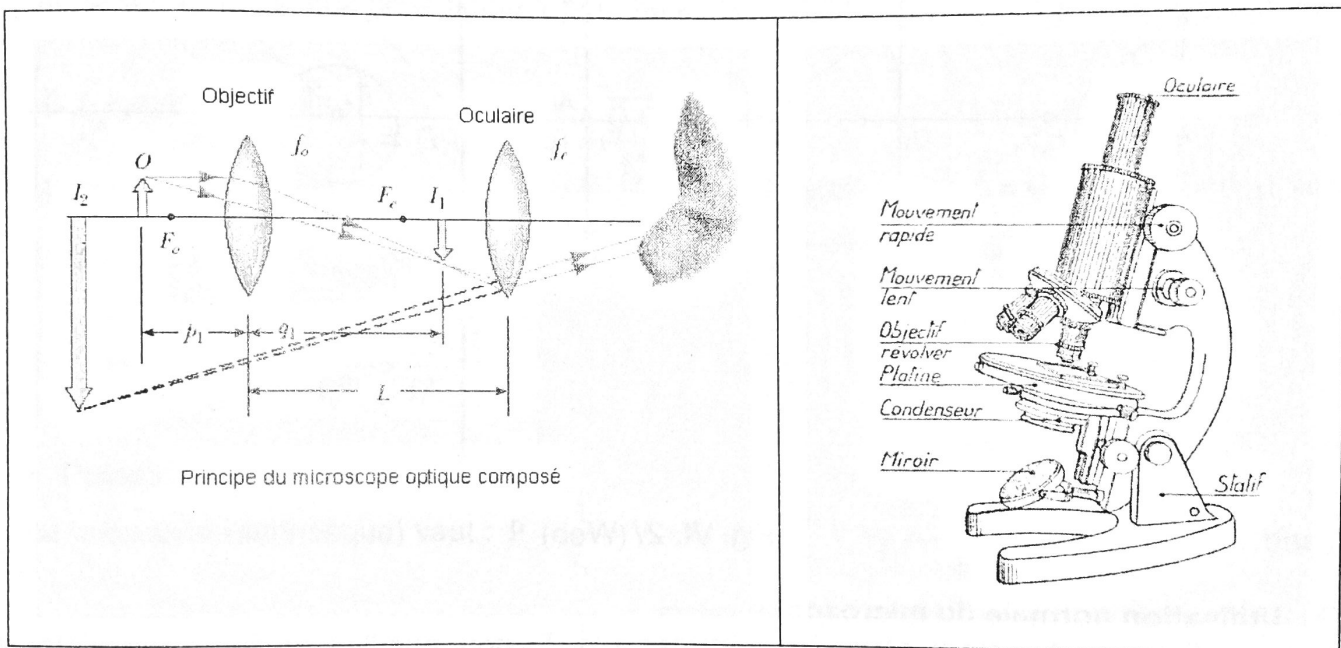


Fig. VI. 1. (Web)

- Le microscope est donc l'association de deux systèmes convergents. Il donne une image virtuelle agrandie à l'infini d'un objet à distance finie.
- Le microscope est apparu à partir de la longue-vue. Hooke Van Leeuwenhoek, Malpighi et Grew observent la matière vivante et découvrent les tissus et les cellules. Ils inventent la microbiologie, l'histologie et la biologie cellulaire.

## 2. Association de deux systèmes centrés et intervalle optique

Le microscope est l'association de deux systèmes optiques l'objectif et l'oculaire.

- La vergence du microscope est donnée par la formule de Gullstrand :

$$V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2$$

- L'intervalles optique  $\Delta$  (figure 2) d'un microscope est défini comme suit :

$$V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2 \Leftrightarrow V = \frac{n_i}{f_i} = \frac{n}{f_1} + \frac{n_i}{f_2} - \frac{en_i}{f_1 f_2} = \frac{nf_2 + n_i f_1 - en_i}{f_1 f_2}, \text{ pour } n = n_i = 1 \text{ on a : } f_i = -\frac{f_1 f_2}{F'_1 F_2} = -\frac{f_1 f_2}{\Delta}$$

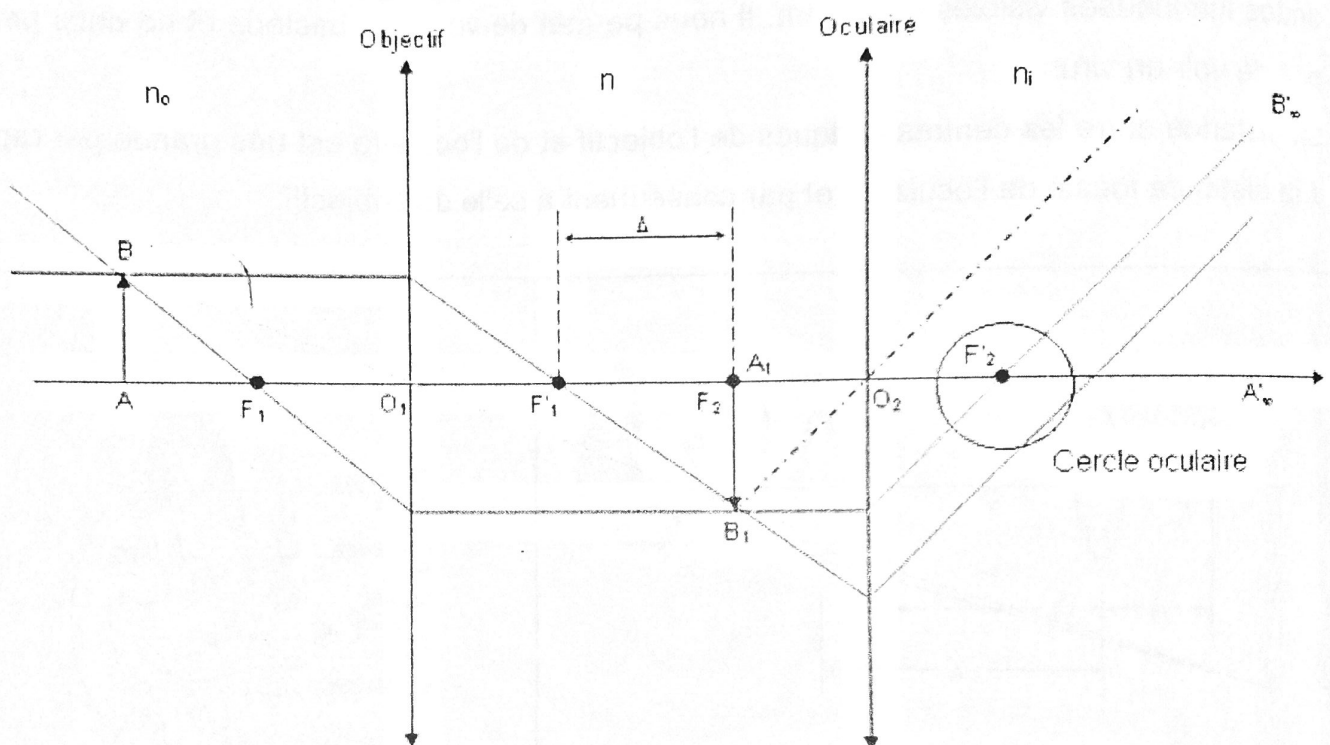


Fig. VI. 2. (Web)

## 3. Utilisation normale du microscope

Selon la figure 2,  $A_1$ , image de  $A$ , doit coïncider avec  $F_2$  pour que l'image finale soit rejetée à l'infini (PR de l'œil normal). L'image finale est donc à l'infini et renversée en utilisation normale. Pour avoir le meilleur grandissement, l'objet est placé juste devant le plan focal objet de l'objectif (dans ce cas le grandissement transversal de l'objectif tend vers l'infini,  $G_t^{Obj} \rightarrow -\infty$ ).

### • Cercle oculaire

Les rayons lumineux issus de différents points de l'objet se concentrent après la traversée du microscope dans un cercle voisin du plan focal image de l'oculaire. Si la pupille de l'œil est placée au niveau de ce cercle, appelé **cercle oculaire** (figure 2), elle reçoit un maximum de lumière et la largeur de champ est maximale.

### • Grossissement

Nous considérons les conditions de fonctionnement idéal (pour l'œil normal) qui sont réalisées lorsque l'image réelle donnée par l'objectif se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire (figure 2).

Le grossissement (figure 1) est  $G = \frac{\theta_m}{\theta_o} = \frac{A_1 B_1}{f_2} \times \frac{d_m}{AB} = G_t^{Obj} \times G^{Oc} = G_t^{Obj} \times V_2 \times d_{min}$ . Le

grossissement est donc le produit en valeur absolue du grandissement transversal de l'objectif et du grossissement de l'oculaire.

Considérons le schéma de la figure 1 pour faire les calculs :

$$\left\{ \begin{array}{l} G_t(\text{objectif}) = \frac{n_o}{n_i} \times \frac{p_i}{p_o} \\ p_o \approx f_o^{obj} \text{ et } p_i \approx \overline{O_1 O_2} \end{array} \right\} \Rightarrow G_t(\text{objectif}) \approx \frac{\overline{O_1 O_2}}{f_o^{obj}} \quad \left\{ \begin{array}{l} G_{oc}(\text{oculaire}) \approx \frac{25}{f_i^{oc}} \end{array} \right\} \Rightarrow G_{total}(\text{microscope}) = G_t(\text{objectif}) \times G_{oc}(\text{oculaire}) \Rightarrow$$

$$G_{total}(\text{microscope}) \approx \frac{\overline{O_1 O_2}}{f_o^{obj}} \times \frac{25}{f_i^{oc}}.$$

### • Puissance d'un microscope

La puissance (intrinsèque) vaut :  $P_i = \frac{1}{f_i} = V = V_1 + V_2 - \frac{e}{n} V_1 V_2 = -\frac{\Delta}{f_1 \times f_2}$ . Nous retrouvons ce

résultat comme suit (figure 2) :  $|P_i| = \frac{|\theta'|}{|AB|} = \frac{|A_1 B_1|}{|AB|} \times \frac{|\theta'|}{|A_1 B_1|} = |G_t^{obj}| \times P^{oc} = |G_t^{obj}| \times V_2$ , comme  $A_1$

est en  $F_2$  ( $A_1 \equiv F_2$ ),  $G_t^{obj} = -\frac{F'_1 F_2}{f'_1} = -\frac{\Delta}{f'_1}$  et  $P^{oc} = V_2 = \frac{1}{f'_2}$ , donc pour l'œil accommodant à

l'infini, la puissance intrinsèque est  $P_i = -\frac{\Delta}{f'_1 \times f'_2}$ .

**Remarque : Le grossissement commercial**  $G_C$  est donnée par  $G_C = \frac{P_i}{4} = G_t^{obj} \times G_{2c}$  avec  $G_{2c}$  le grossissement commercial de l'oculaire. Les valeurs de  $G_t^{obj}$  et  $G_{2c}$  sont gravées sur l'objectif et l'oculaire.

### Exemple

Le constructeur fixe en général la valeur de  $\Delta$  à 16 cm ; si  $f_1 = 1\text{ cm}$  et  $f_2 = 2,5\text{ cm}$ , alors  $G_t^{ob} = -16$ ,  $G^{Oc} = \times 10$ ,  $G = 160$ ,  $e = 19,5\text{ cm}$ ,  $V = -640\text{ }\delta$ ,  $P_i = |V| = -640\text{ }\delta$  et  $f_i \approx -1,5\text{ mm}$ .

Retenons que **le microscope composé est un système dioptrique divergent.**

- **Pouvoir séparateur du microscope**

Soient deux points A et B à distinguer par un microscope. La plus petite distance accessible est le pouvoir séparateur du microscope qui est limité par deux phénomènes naturels :

- a. Le pouvoir de résolution de l'œil**

La dimension  $\delta$  du plus petit objet observable est donnée par  $\delta = \frac{\varepsilon}{P_i} = \frac{\varepsilon}{4 \times G_C}$  se rappelant que la résolution de l'œil est  $\varepsilon = 4,8 \times 10^{-4}\text{ rad} \approx 1,65'$ .

**Exemple :** Pour un microscope dont  $G_C = 100$ , nous avons une résolution de  $1.2\text{ }\mu\text{m}$ .