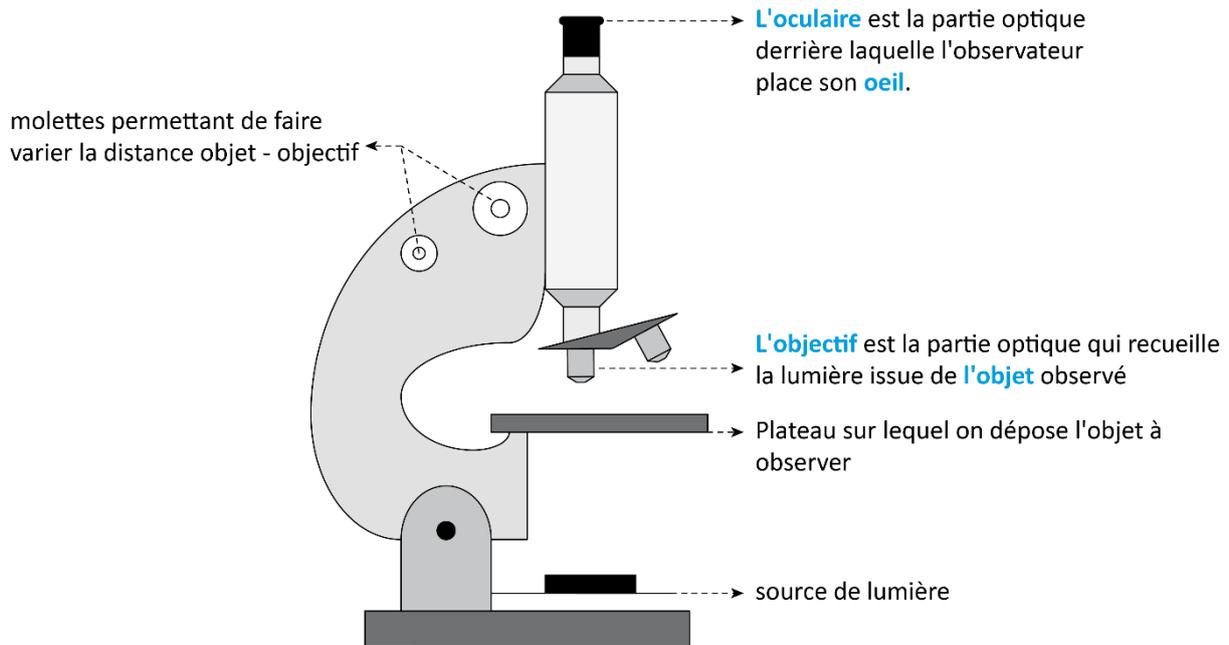


## Fiche de synthèse n°13

# Le microscope et son modèle optique

### 1. Le microscope

Le microscope est un instrument d'optique destiné à observer des objets ou des détails d'objets dont les tailles sont de l'ordre du micromètre (rappel :  $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$ ).



Définitions à connaître :

- ▶ **L'objectif** est une association convergente de lentilles. C'est la partie optique qui recueille la lumière issue de **l'objet** observé.
- ▶ **L'oculaire** est une association convergente de lentilles. C'est la partie optique derrière laquelle il faut placer son **œil** pour voir l'image formée par l'instrument.

### 2. Modèle optique du microscope

#### 2.1. Modélisation du microscope en optique

Pour être observable à par l'œil sans effort d'accommodation, l'image donnée par le microscope doit se former à l'infini. Les molettes représentées à gauche du schéma ci-dessus permettent de faire varier la distance objet – oculaire jusqu'à ce que cette condition soit réalisée : on dit alors que le microscope est mis au point.

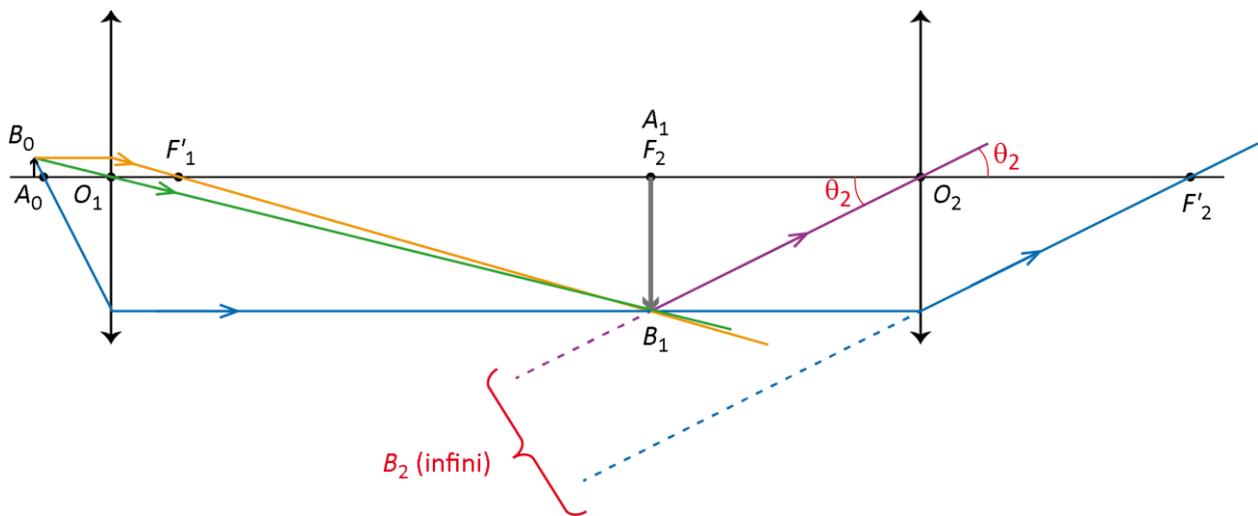
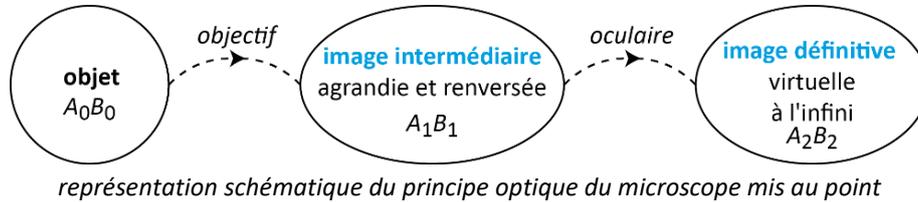
Le microscope est **mis au point** lorsque l'image formée par l'oculaire est **à l'infini**.

#### Objectif et oculaire

- L'objectif est modélisé par **une** lentille convergente, notée  $L_1$ , de centre optique  $O_1$ , de foyers  $F_1$  et  $F'_1$  et de distance focale  $f'_1$ .
- L'oculaire est modélisé par **une** lentille convergente, notée  $L_2$ , de centre optique  $O_2$ , de foyers  $F_2$  et  $F'_2$  et de distance focale  $f'_2$ .

## 2.2. Formation d'une image par le microscope mis au point

- On note  $A_0B_0$  l'objet observé.
- L'objectif donne de  $A_0B_0$  une image  $A_1B_1$  réelle et agrandie, appelée **image intermédiaire**.
- Cette image intermédiaire est un objet pour l'oculaire.
- L'oculaire donne de  $A_1B_1$  une image  $A_2B_2$  **virtuelle et à l'infini**, appelée image définitive.



## 2.3. Grossissement commercial du microscope

### Définition du grossissement commercial

Le grossissement commercial du microscope est défini par la relation :

$$G = \frac{\theta_2}{\theta_0}$$

- $\theta_2$  : diamètre apparent de l'image définitive donnée par le microscope (angle en radian) ;
- $\theta_0$  : diamètre apparent qu'aurait l'objet si on l'observait à l'œil nu en le plaçant à la distance  $d_m = 25$  cm (distance minimale de vision distincte).

**Sens physique du grossissement** : on considère que c'est en le plaçant à 25 cm de notre œil qu'un objet est vu avec le diamètre apparent le plus élevé, sans que l'effort d'accommodation ne soit douloureux. Si un microscope a un grossissement de 100, l'image qu'il donne a un diamètre apparent 100 plus élevé que l'objet observé à l'œil nu à 25cm.

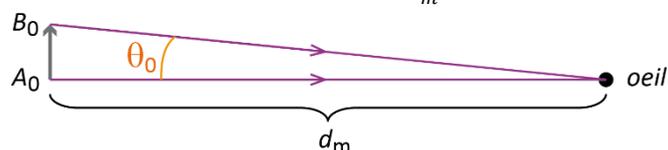
### Différentes expressions du grossissement

Pour exprimer le diamètre apparent de l'image définitive, considérons le triangle  $A_1O_2B_1$  rectangle en  $O_2$  :

$$\theta_2 \approx \tan \theta_2 = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

Observé à l'œil nu à la distance  $d_m = 25$  cm, l'objet a un diamètre apparent de valeur :

$$\theta_0 \approx \tan \theta_0 = \frac{A_0B_0}{d_m}$$





Le grossissement vaut donc :

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{\theta_2}{\theta_0} \\
 &= \frac{A_1 B_1}{f_2'} \frac{d_m}{A_0 B_0} \\
 &= \frac{A_1 B_1}{A_0 B_0} \times \frac{d_m}{f_2'} \\
 &\quad \text{grandissement} \quad \text{grossissement} \\
 &\quad \text{de l'objectif} \quad \text{de l'oculaire} \\
 &= \gamma_{\text{objectif}} \times G_{\text{oculaire}}
 \end{aligned}$$

Modifier le grossissement commercial du microscope requiert de changer d'oculaire et / ou de changer d'objectif.

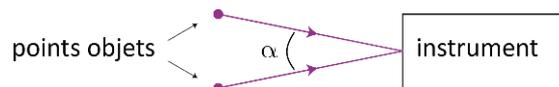
Le grossissement de l'oculaire et le grandissement de l'oculaire sont en général donnés par les fabricants.

### 3. Pouvoir de résolution

#### 3.1. Définition du pouvoir de résolution

Le pouvoir de résolution d'un instrument d'optique (ou de l'œil) est l'angle minimal entre deux points objets pouvant être nettement distingués.

Plus cet angle est faible, meilleure est la qualité de l'instrument car celui-ci permet l'observation de détails fins.



Pour l'œil humain, ce pouvoir séparateur vaut en moyenne  $3 \times 10^{-4}$  rad : ceci signifie que si deux détails d'un objet sont séparés d'un angle inférieur à cette valeur, nous ne pouvons pas les distinguer.

#### 3.2. Lien entre le pouvoir de résolution et le phénomène de diffraction

Le pouvoir de résolution d'un instrument est limité par le phénomène de **diffraction du faisceau de lumière à l'entrée de l'instrument**.

On rappelle (voir séquence 7) que la diffraction est d'autant moins importante que l'ouverture qui limite le faisceau est grande.

Donc :

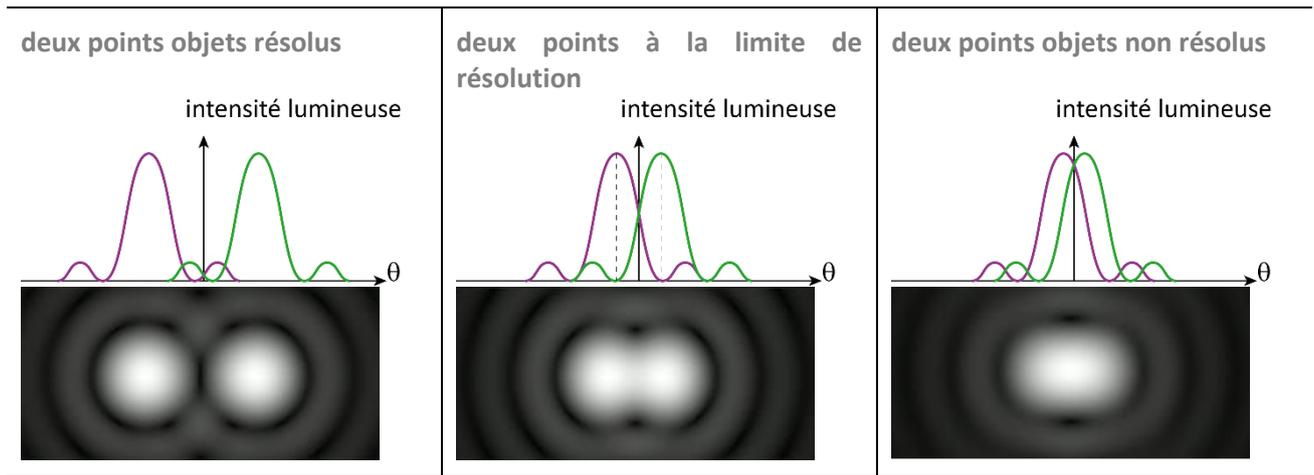
Plus l'objectif de l'instrument a un diamètre élevé, moins la diffraction est importante et plus le pouvoir de résolution est faible (et donc plus les détails apparaissent nettement).

Remarque : cela ne signifie pas que l'on ait forcément intérêt à utiliser, pour un microscope, un objectif au diamètre le plus large possible car cela limite certes la diffraction mais augmente les aberrations des lentilles et diminue sa profondeur de champ. Il y a donc des compromis à faire entre ces différentes contraintes.

#### Expression du pouvoir de résolution théorique d'un instrument

Remarque préliminaire : on parle de pouvoir de résolution « théorique » car la diffraction n'est pas le seul phénomène limitant la résolution des instruments. Les aberrations des lentilles et des miroirs, les défauts d'alignement, etc., sont autant de facteurs qui contribuent à limiter aussi la netteté des images formées.

On considère que deux points objets sont résolus, c'est-à-dire qu'on peut les distinguer, si les taches centrales de diffraction de leurs faisceaux par l'objectif de l'instrument ne se chevauchent pas de plus de la moitié de leur diamètre :



source images : Wikipédia

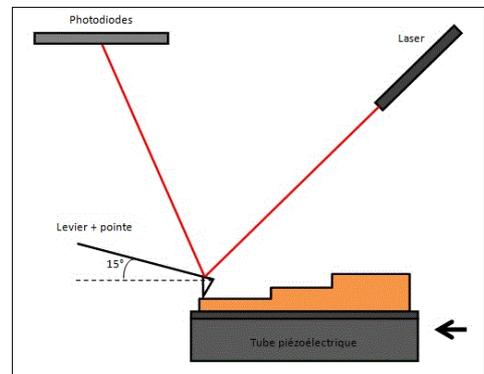
## 4. Microscope à force atomique et microscope optique

### 4.1. Présentation succincte du microscope à force atomique

Le microscope à force atomique repose sur le principe suivant : une pointe balaie la surface de l'objet à observer. Les forces de répulsion entre les atomes constituant la pointe et ceux constituant la surface analysée conduisent la pointe à se déplacer, à tordre le levier qui la porte. Les mouvements de ce dernier sont étudiés par réflexion d'un faisceau de lumière sur sa surface.

principe du microscope à force atomique →

source : article de *Pauline Bacle, Lucas Henry, Caroline Rossi-Gendron*



Le microscope à force atomique n'exploite pas la lumière issue de l'objet observé : sa résolution n'est donc pas limitée par le phénomène de diffraction, contrairement au microscope optique.

### 4.2. Microscope optique et microscope à force atomique : quelques ordres de grandeur

	Microscope optique	Microscope à force atomique
Ordre de grandeur de la taille minimale d'un objet observable	$\approx 0,2 \mu\text{m} = 2 \times 10^{-7} \text{ m}$	$\approx 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$
Exemple d'objet observable	<p>Cellules</p> <p>Cellules foliaires d'élodée du canada au microscope optique</p>	<p>Molécules</p> <p>molécule observée au microscope à force atomique</p>