



LE MICROSCOPE

1 CONSTITUTION DU MICROSCOPE

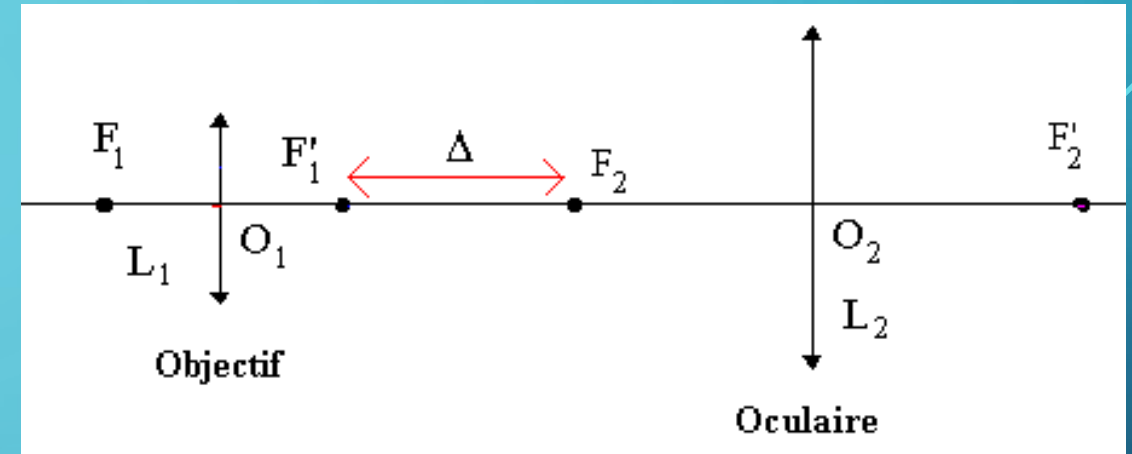
2 MARCHE DES RAYONS LUMINEUX

3 CARACTÉRISTIQUES DU MICROSCOPE



1. CONSTITUTION ET PRINCIPE DU MICROSCOPE

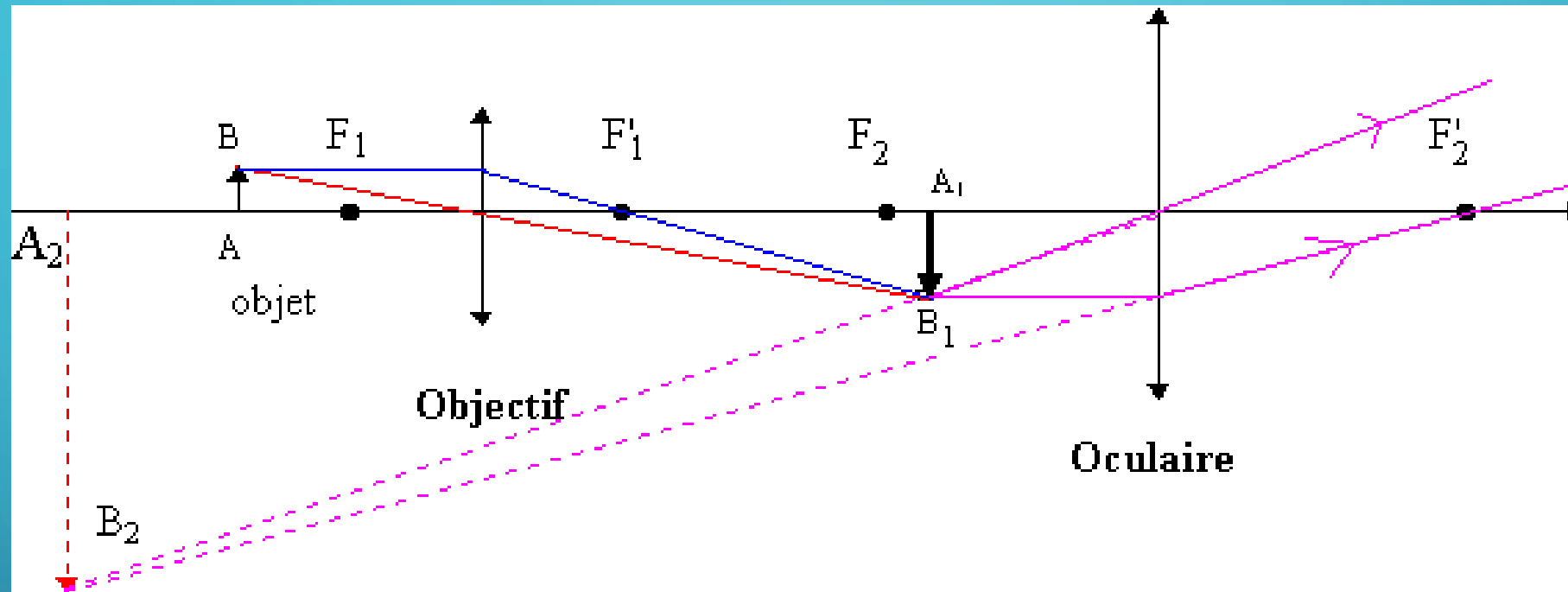
Modèle simplifié du microscope :



- Il s'agit d'un système de deux lentilles : l'objectif et l'oculaire.
- L_1 : Objectif de distance focale f'_1 très petite.
- L_2 : Oculaire de distance focale f'_2 de quelques centimètres.
- La distance O_1O_2 est fixe, et Δ est l'intervalle optique.

2. MARCHE DES RAYONS LUMINEUX.

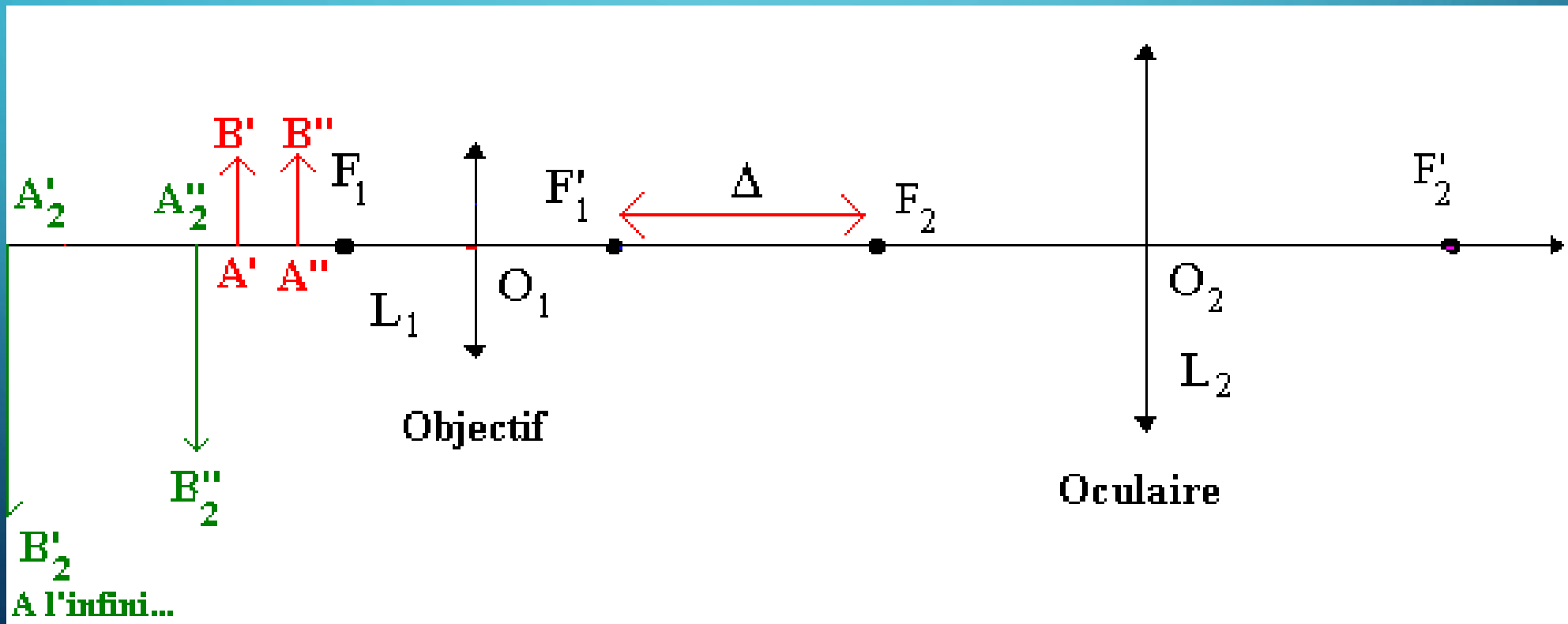
2.1 FORMATION DE L'IMAGE

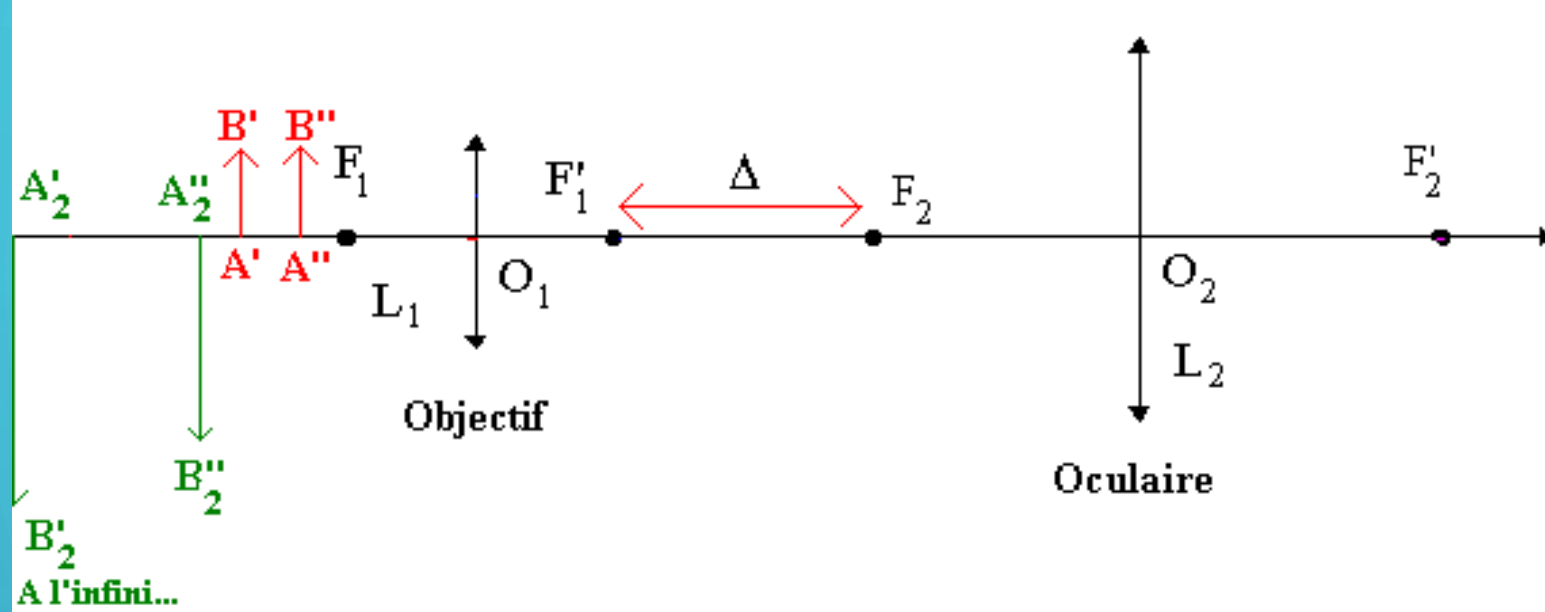


- AB est placé près de F_1 .
- A_1B_1 , l'image intermédiaire est une image réelle renversée. Elle est un objet réel pour L_2 .
- L_2 joue le rôle d'une loupe, l'image finale, A_2B_2 , est donc virtuelle, renversée et très agrandie.

2.2 LA MISE AU POINT

- L'image formée doit se situer dans les limites de vision distincte de l'œil : entre le punctum rémotum et le punctum proximum.
- Afin que l'image finale se situe entre 25 cm et l'infini, l'objet doit se situer entre deux positions A' et A'' .

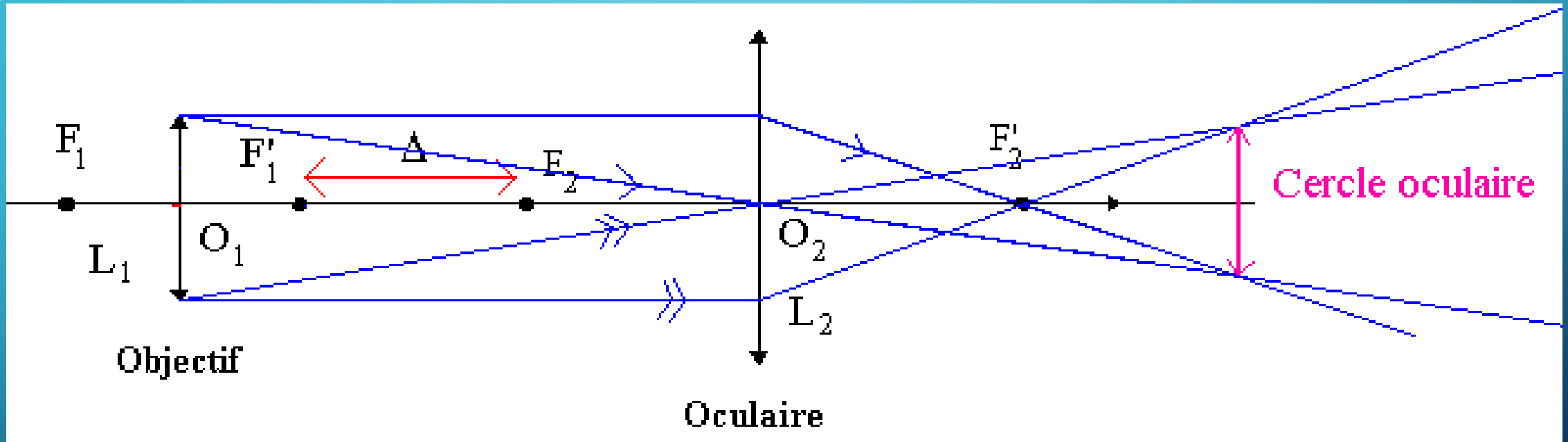




- $A'A''$ est la latitude de mise au point. Elle est très réduite (quelques micromètres).
- C'est l'ensemble du tube du microscope qui est déplacé afin que l'objet soit dans cette zone.
- On ne peut observer en entier que des objets très fins et très plats.

2.3 LE CERCLE OCULAIRE

- Le cercle oculaire est l'image de la monture de l'objectif à travers l'oculaire.



- Tous les rayons traversant l'objectif émergent du microscope en passant par le cercle oculaire.
- Son diamètre est plus petit que celui de la pupille, donc en y plaçant l'œil on reçoit toute la lumière traversant l'appareil.

EXERCICE :

On dispose d'un microscope dont le diamètre de l'objectif est de 4 mm, la distance O_1O_2 est de 18 cm et la distance focale f'_2 vaut 2,0 cm.

1. Déterminer le diamètre du cercle oculaire.
2. Comparer sa taille à celle du diamètre moyen de la pupille (2 mm lorsqu'elle est très éclairée).

3. CARACTÉRISTIQUES DU MICROSCOPE.

3.1 LA PUISSANCE

Définition : la puissance, P , du microscope est égale au rapport du diamètre apparent de l'image finale par la longueur de l'objet.

• On a :

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

θ' s'exprime en radians, rad (équivalent de « sans unité »)

AB est exprimé en mètres, m.

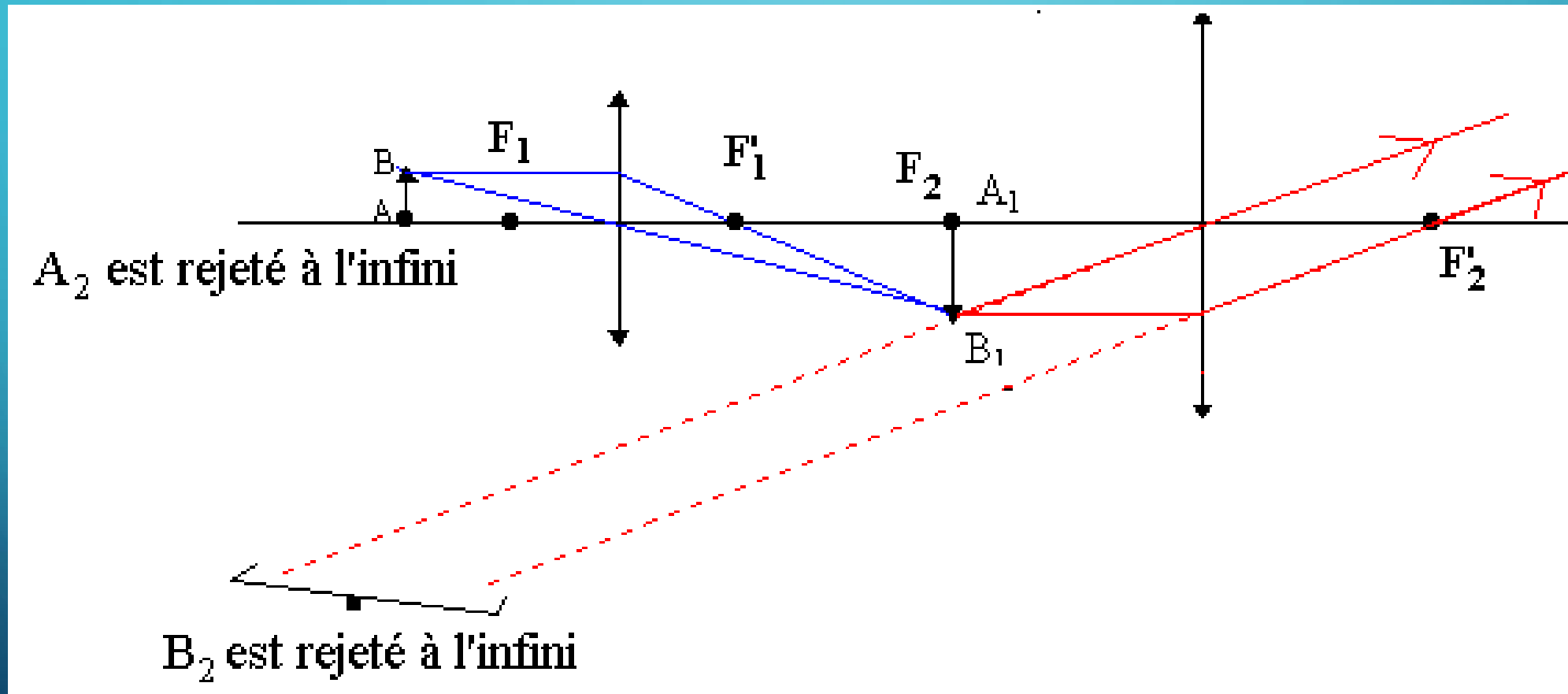
P s'exprime donc en m^{-1} ou δ

• Remarque :
$$P = \frac{\theta'}{A_1B_1} \times \frac{|A_1B_1|}{AB} = P_2 \cdot |\gamma_1|$$

Avec P_2 : puissance de l'oculaire et γ_1 : Grandissement de l'objectif.

3.2 LA PUISSANCE INTRINSÈQUE

Définition : Il s'agit de la puissance du microscope lorsque l'image définitive est à l'infini.



- Dans ce cas, $A_1 B_1$ est sur le foyer objet F_2 .

DÉMONSTRATION :

$$\begin{aligned} \text{On a } |\gamma_1| &= A_1B_1/AB = A_1B_1/O_1I \\ &= F'_1F_2/F'_1O_1 \text{ (triangles homothétiques)} \end{aligned}$$

$$\text{Donc } |\gamma_1| = \Delta / f'_1$$

- $\theta' = A_1B_1 / f'_2$ (il est assimilable à $\tan \theta'$)

$$\text{Donc } P_2 = \theta' / A_1B_1 = 1 / f'_2$$

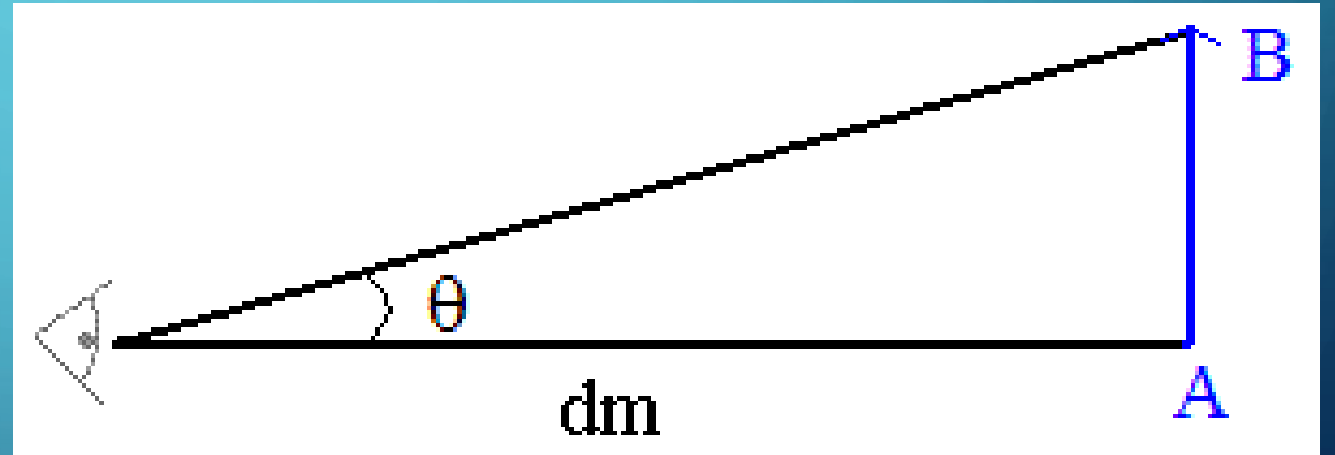
- Or $P_i = |\gamma_1| \cdot P_2 = \Delta / f_1 f_2$

$$P_i = \frac{\Delta}{f'_1 f'_2}$$

3.3 LE GROSSISSEMENT

Définition : le grossissement est le rapport du diamètre apparent de l'image de l'objet (θ') par le diamètre apparent de l'objet vu à l'œil nu (θ) à la distance minimale de vision distincte.

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



• Or $\theta' = P \cdot AB$ et $\tan \theta \approx \theta = \frac{AB}{dm}$

• Donc $G = \frac{P \cdot AB \cdot dm}{AB} = P \cdot dm$

Comme $dm = 25 \text{ cm} = \frac{1}{4} \text{ m}$, on a :

$$G = \frac{P}{4}$$

• G est sans unité.

3.4 LE GROSSISSEMENT COMMERCIAL

Le grossissement commercial, G_c , est le grossissement dans le cas de la vision de l'image finale à l'infini.

Dans ce cas de figure, $P = P_i$.

$$G_c = \frac{P_i}{4} = \frac{\Delta}{4f'_1 f'_2}$$

G_c est sans unité.

3.5 GRANDISSEMENT DE L'OBJECTIF ET GROSSISSEMENT COMMERCIAL DE L'OCULAIRE

3.5.1 MONTURE DE L'OBJECTIF



- Sur la monture de l'objectif, on peut lire la **valeur absolue du grandissement de l'objectif** choisi dans le cas où l'image finale est à l'infini.

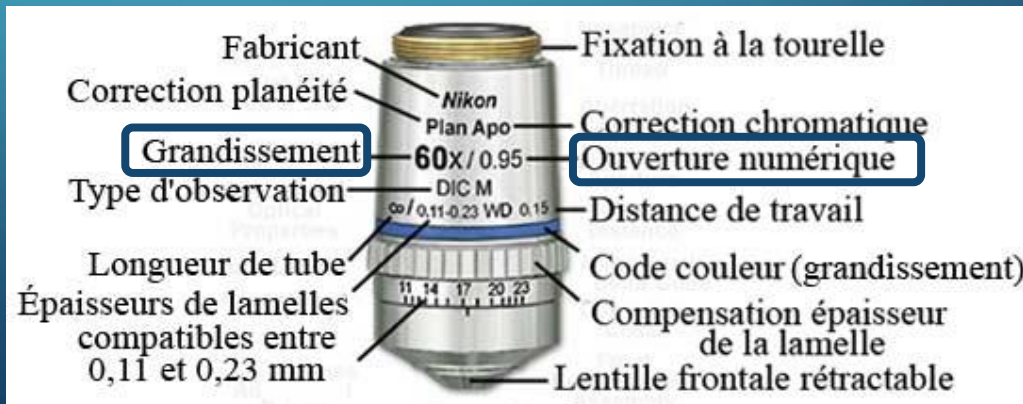
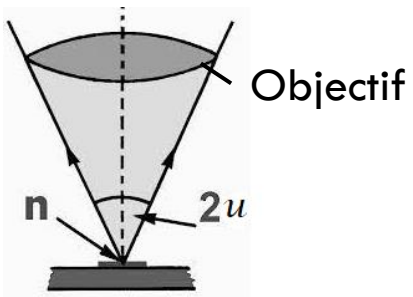
$$|\gamma_1| = \frac{\Delta}{f'_1}$$

$$o.n = n.\sin(u)$$

- On lit également l'**ouverture numérique** :

où n représente l'indice du milieu dans lequel se situe l'objet.

L'ouverture numérique est sans unité.



3.5.2 MONTURE DE L'OCULAIRE

Sur la monture de l'oculaire on lit G_{C2} .

G_{C2} est le grossissement commercial d'une loupe.

$$G_{C2} = \frac{dm}{f'_2} \text{ soit } G_{C2} = \frac{1}{4f'_2}$$

À l'aide des indications de l'oculaire et de l'objectif, on retrouve le grossissement commercial :

$$G_c = |\gamma_1| \times G_{C2}$$



EXERCICE :

On dispose d'un microscope optique dont l'oculaire porte l'indication $\times 10$ et l'objectif, l'indication $\times 60 / 0,95$.

1. Déterminer le grossissement commercial de ce microscope
2. Calculer la puissance intrinsèque de ce microscope.

3.6 LE POUVOIR SÉPARATEUR, OU LA LIMITE DE RÉOLUTION

Définition : Le pouvoir séparateur est la plus petite distance AB pour laquelle on verra les points images A_2B_2 séparés à travers le microscope.

- Il dépend de l'œil et de l'instrument.
- Ce pouvoir séparateur ne peut être augmenté indéfiniment, les phénomènes de diffraction ne sont plus négligeables lorsque G avoisine 1500 (pouvoir séparateur de 0.2 micromètres) : l'image d'un point devient alors une tâche.
- On utilise ensuite des microscopes électroniques dont le pouvoir séparateur peut atteindre 0.1 nm.

- La limite de résolution ou limite d'Abbe (ou encore pouvoir séparateur), d , peut être exprimée par la formule suivante :

$$d = \frac{0,6 \cdot \lambda}{n \sin(u)}$$

- λ est la longueur d'onde (m)
- $n \sin(u)$ est l'ouverture numérique (donnée indiquée sur l'objectif).
- D'autres techniques que la microscopie électronique permettent de franchir cette limite, elle ne sont pas évoquées ici.

FIN

