

Le microscope



I Constitution du microscope

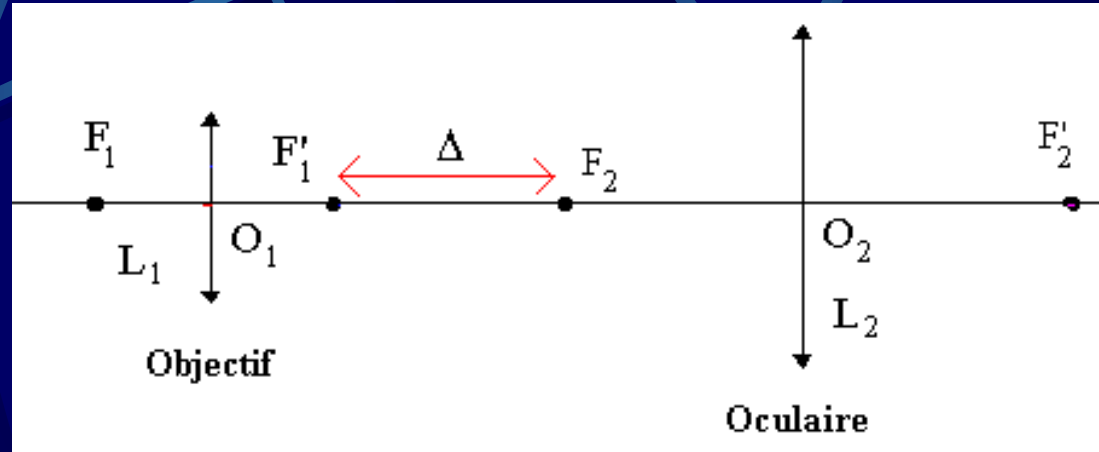
II Marche des rayons lumineux

III Caractéristiques du microscope

IV Indications du microscope

I Constitution et principe du microscope

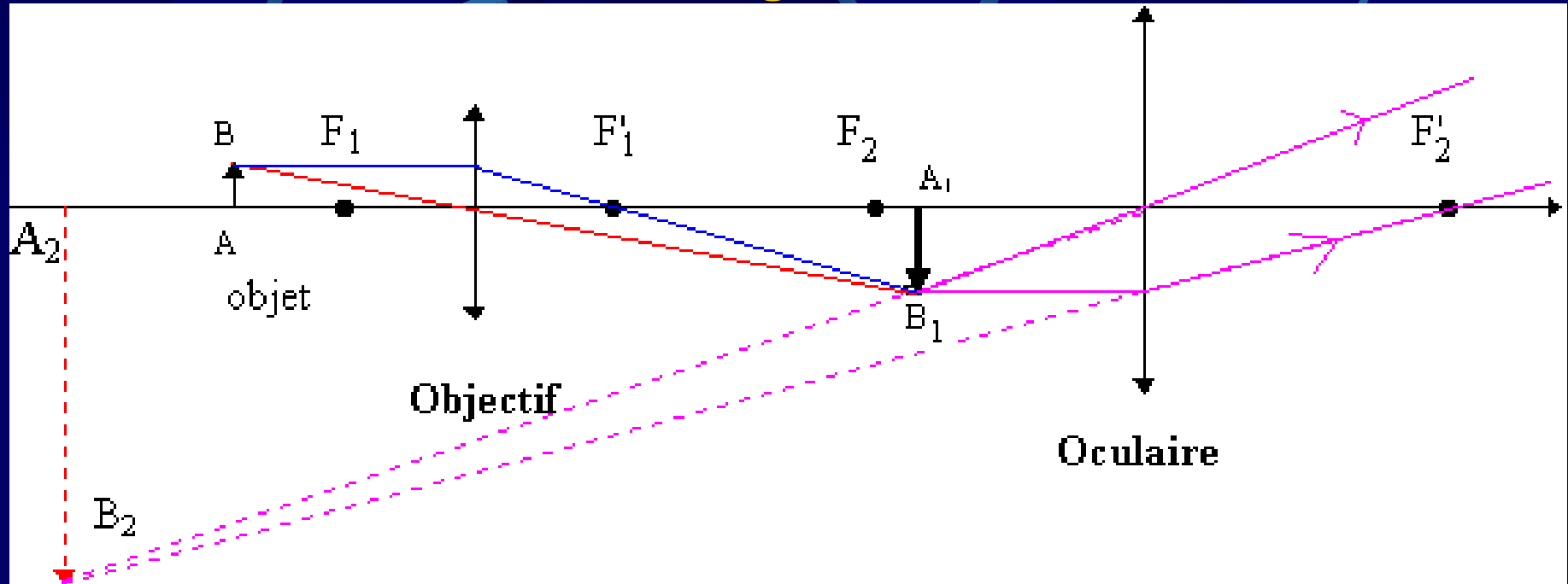
- Modèle simplifié du microscope :



- 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.

II Marche des rayons lumineux.

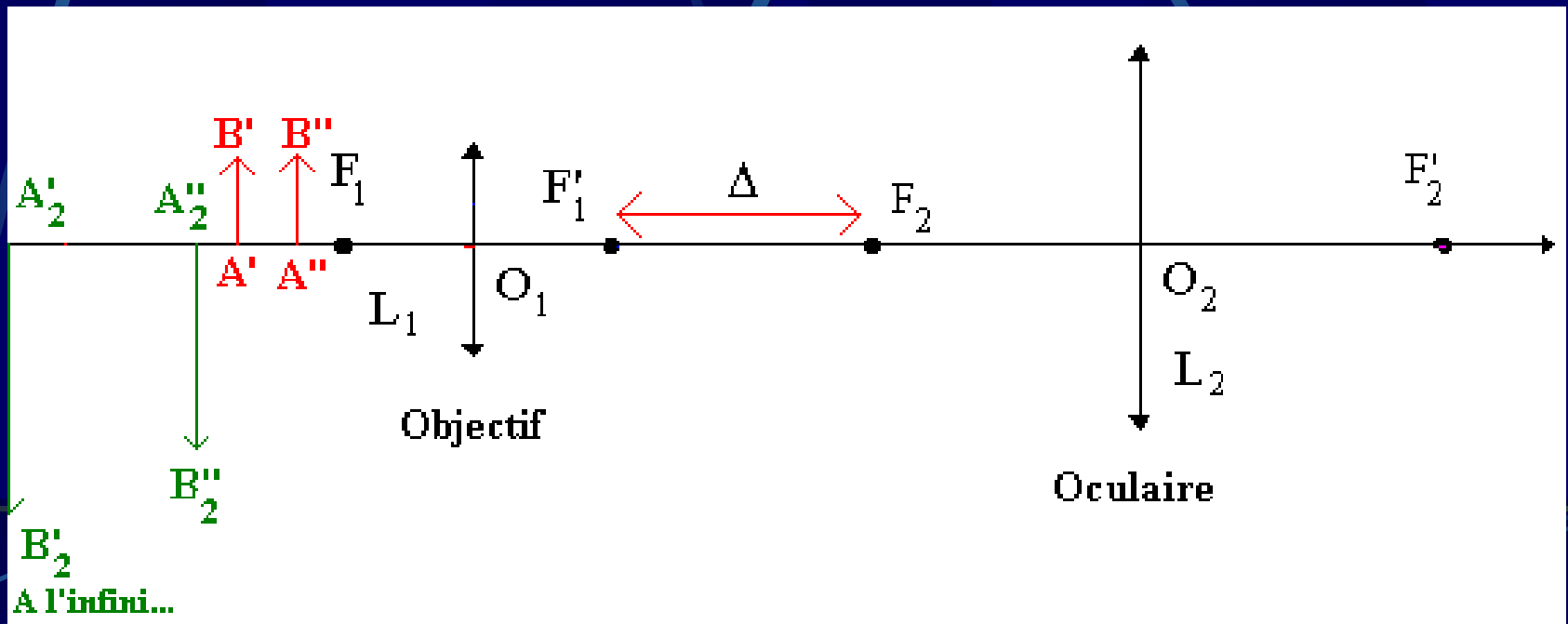
a- Formation de l'image

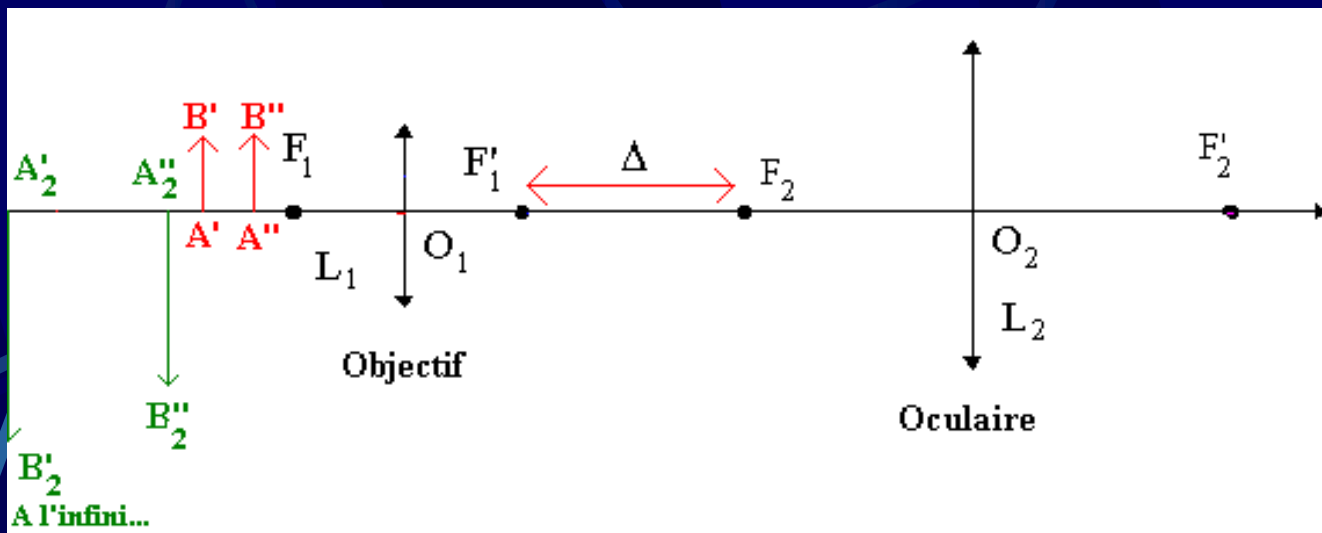


- AB est placé près de F_1 .
- A_1B_1 , l'image intermédiaire est une image réelle renversée. Elle est un objet réel pour L_2 .
- L_2 joue le rôle d'une loupe, l'image finale, A_2B_2 , est donc virtuelle, renversée et très agrandie.

b- 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'' .

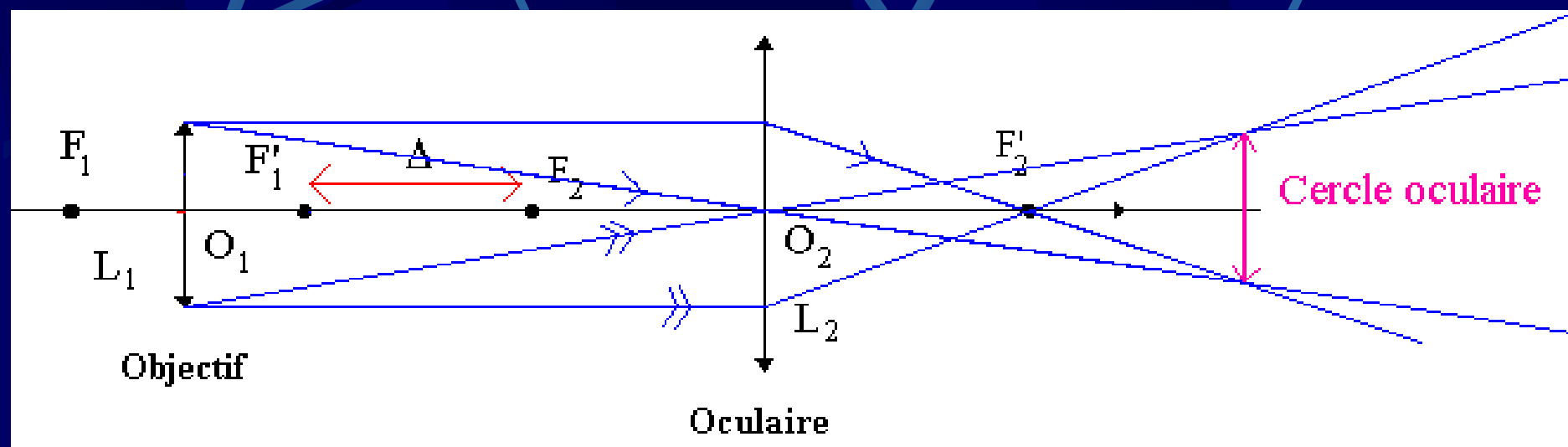




- $A'A''$ est la latitude de mise au point. Elle est très réduite (quelques micromètres).
- C'est l'ensemble du tube du microscope qui est déplacé afin que l'objet soit dans cette zone.
- On ne peut observer en entier que des objets très fins et très plats.

c- 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 cm.
- Déterminer le diamètre du cercle oculaire.
- Comparer sa taille à celle du diamètre moyen de la pupille.

III Caractéristiques du microscope.

a-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

$$P = \theta' / AB$$

m^{-1} ou δ Radians m

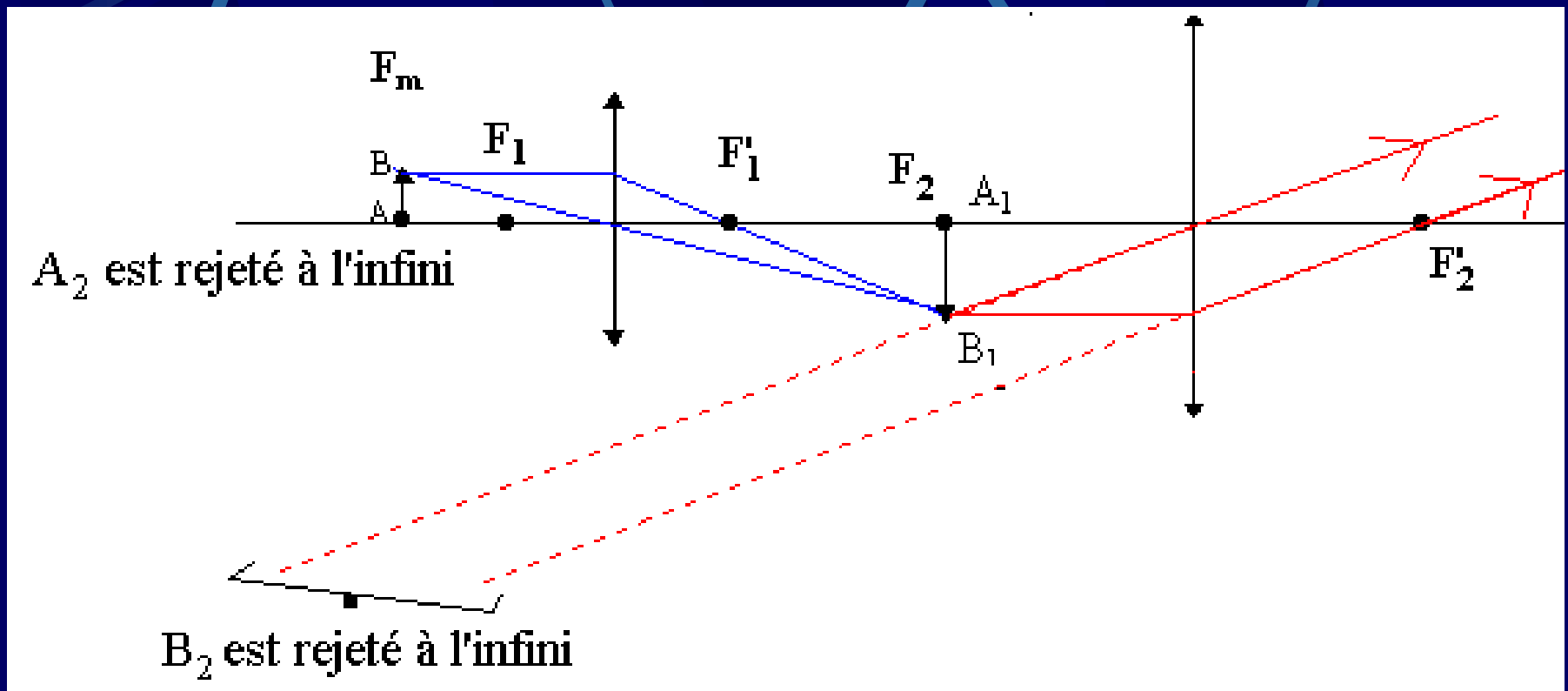
- Remarque : $P = \theta' / A_1 B_1 \cdot |A_1 B_1| / AB$
 $= P_2 \cdot |\gamma_1|$

Avec P_2 : puissance de l'oculaire

Et γ_1 : Grandissement de l'objectif.

b-La puissance intrinsèque

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



- Dans ce cas, A_1B_1 est sur le foyer objet F_2 .

- On a $|\gamma_1| = A_1B_1/AB = A_1B_1/O_1I$
 $= F'_1F_2/F'_1O_1$ (triangles homothétiques)

Donc $|\gamma_1| = \Delta / f_1$

- $\theta' = A_1B_1 / f_2$ (il est assimilable à $\tan \theta'$)

Donc $P_2 = \theta' / A_1B_1 = 1 / f_2$

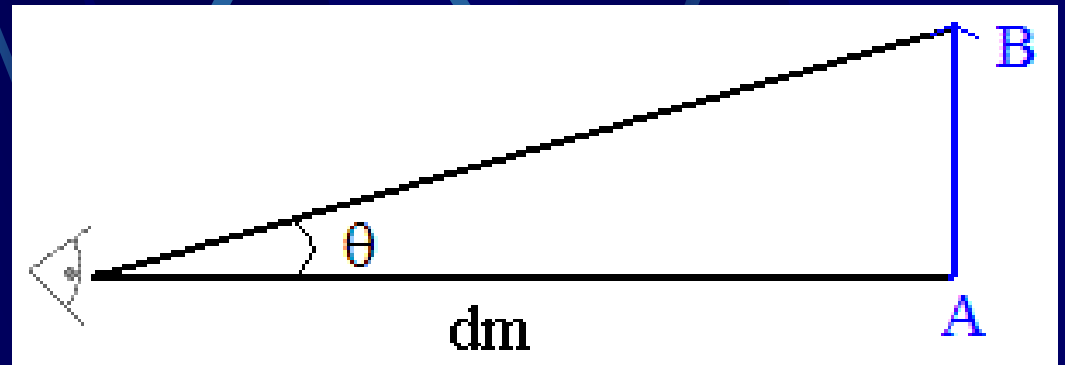
- Or $P_i = |\gamma_1| \cdot P_2 = \Delta / f_1 f_2$

$$P_i = \Delta / f_1 f_2$$

c- Le grossissement

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

- $G = \theta' / \theta$



- Or $\theta' = P \cdot AB$ et $\tan \theta = \theta = AB / dm$.

- Donc $G = P \cdot AB \cdot dm / AB$

$$G = P \cdot dm$$

- Remarque : $\text{dm} = 25 \text{ cm} = \frac{1}{4} \text{ m}$.
- G est sans unité.

d- Le grossissement commercial.

- Le grossissement commercial, G_c , est le grossissement dans le cas de la vision de l'image finale à l'infini.
- Donc $P = P_i$.

$$G_c = P_i / 4 = \Delta / 4f_1f_2$$

Remarque : G_c est sans unité.

e- Le pouvoir séparateur, ou la limite de résolution.

- **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, d , peut être exprimée par la formule suivante (limite d'Abbe) :

$$d = \frac{1.22 \lambda}{2 n \sin (u)}$$

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

Exercice :

- L'œil est capable de séparer deux points si l'angle apparent sous lesquels il les voit est d'au moins $3 \cdot 10^{-4}$ radians (en moyenne).
- Déterminer le pouvoir séparateur lorsque cet œil regarde à travers un microscope de grossissement $G = 400$.

La formule de la limite d'Abbe n'est pas nécessaire pour résoudre cet exercice.

IV Les indications lues sur le microscope.

- Ces indications concernent le cas où l'image finale est à l'infini.
- Sur la monture de l'**objectif**, on lit $|\gamma_1| = \Delta / f_1$.
- Sur la monture de l'oculaire on lit G_{C2} .
 G_{C2} est le grossissement commercial d'une loupe, $G_{C2} = dm / f_2 = 1/4f_2$
- On a donc $G_c = |\gamma_1| G_{C2}$.
- L'ouverture numérique est $n \sin(u)$ avec $n = 1$ dans l'air.



FIN

