

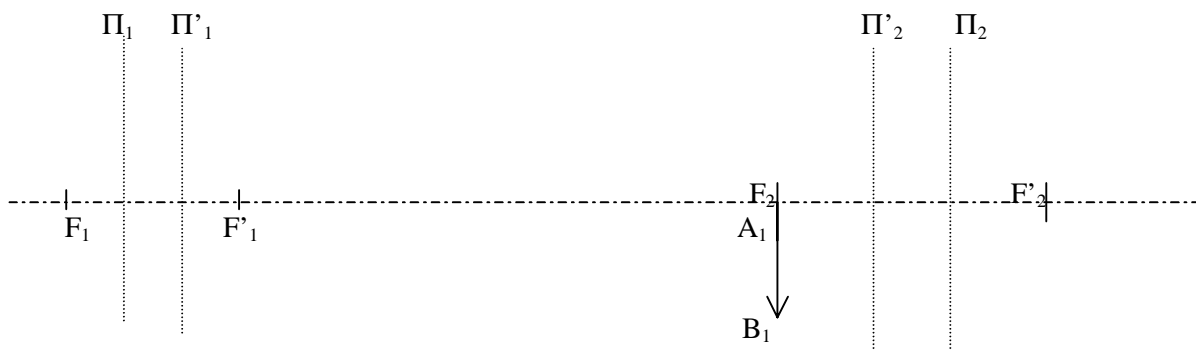
MICROSCOPE

Pour ce chapitre, revoir impérativement le chapitre «généralités sur les instruments d'optique ».

C'est un instrument subjectif pour objets proches. On peut, comme au T.P. D5, l'utiliser un instrument objectif par la méthode dite de projection.

Il est formé :
 - d'un objectif, système très convergent, de distance focale : f'_1 , d'ouverture numérique O.N et de grossissement γ_1
 - d'un oculaire, le plus souvent un doublet convergent, de distance focale : f'_2 et de grossissement commercial : Gc_2

1. Construction des éléments cardinaux du microscope :



On supposera :
 - l'objectif n'est pas à immersion : on dit qu'il travaille à sec
 - l'observateur est supposé emmétrope et n'accommodant pas
 - l'échelle de construction ne peut pas être respectée longitudinalement

Méthode de construction : partir de l'image intermédiaire A_1B_1

Pour trouver par le calcul la position des éléments cardinaux, utiliser les formules d'association déduites de la formule de Newton. - les rappeler -. On y rencontre **Δ appelé intervalle optique.**

2. Puissance et grossissement :

2.1. Puissance :

Par définition :

$$P = \alpha' / AB$$

En introduisant l'image objective A_1B_1 :

$$P = (\alpha' / A_1B_1) * (A_1B_1 / AB) = P_2 * |\gamma_1|$$

Ainsi, on retiendra que la puissance P du microscope est le produit du grandissement γ_1 de l'objectif par la puissance P_2 de l'oculaire.

De plus, on a toujours $P \cong P_i$ puissance intrinsèque, car l'œil est pratiquement au foyer F' du microscope. Cette situation se réalise de façon automatique car on verra que F' est confondu avec le cercle oculaire, lieu où se trouve le maximum de lumière à la sortie de l'appareil –vu dans le T.P. D5-.

2.2. Grossissement :

Par définition :

$$G = \alpha' / \alpha$$

mais attention à la définition de α car on obtient

$$G = (P * AB) / (AB / dm) = P * dm \quad \text{donc}$$

$$G = P * dm$$

Or on a $G = G_c$ si $P = P_i$ – c'est qui est pratiquement toujours le cas, on l'a vu- et $dm = 0,25m$ si œil emmétrépe standard n'accommodant pas : ainsi on a $G_c = P_i * 0,25 = P_i / 4$

De plus, la relation $P = P_2 * \gamma_1$ devient alors : $G_c = |\gamma_1| * G_{c2}$

3. Latitude de mise au point et champ moyen objet :

3.1. Latitude de mise au point l :

C'est le segment axial l limité par les points objets dont les images sont aux limites de vision distincte de l'observateur. On montre pour le cas de l'œil emmétrépe standard n'accommodant pas et placé au foyer F' du microscope, que l'on a : $l = A / P_i^2 = 4 / P_i^2 = 1 / G_c^2$ où A est l'amplitude dioptrique d'accommodation.

Il en résulte que l est de l'ordre du micron donc très faible, d'où l'utilisation sur le microscope de la vis appelée à juste titre vis micrométrique.

3.2. Champ moyen objet :

Si le champ moyen image de l'oculaire valant $2 * \omega'$ alors c'est le cercle de rayon r_m tel que :

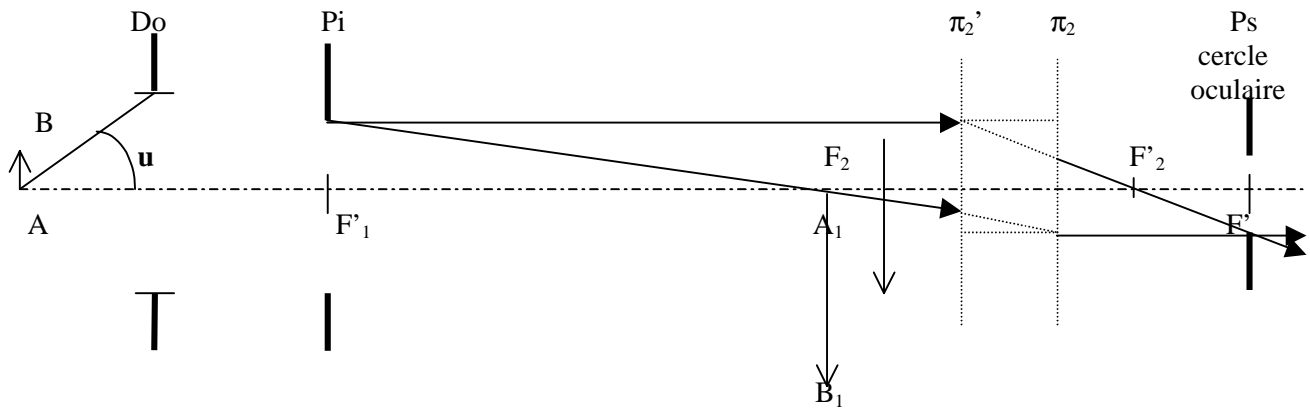
$$r_m = \tan \omega' / P \approx \omega' / P$$

En général, ω' est de l'ordre de 15° et r_m est inférieur à $1mm$ donc très réduit : c'est pourquoi il faut commencer avec les objectifs de plus faible puissance pour observer le maximum de l'objet donc avoir un r_m le plus grand possible.

4. Ouverture numérique de l'objectif et cercle oculaire :

4.1. Emplacement des pupilles :

Pour les constructions, voir le chapitre « généralités des instruments d'optique » et exercices.



Do : diaphragme d'ouverture

Pi : Pupille intermédiaire

On admettra que : *Pi est dans le plan focal image de l'objectif*

Démontrons que : *la pupille de sortie est dans le plan focal image du microscope.*

Remarque : on parle de grossissement **équipupillaire** quand les diamètres de la pupille de l'œil et du cercle oculaire sont égaux.

4.2. Ouverture numérique de l'objectif :

Par définition :

$$\text{O.N.} = n * \sin u$$

avec $n = 1$ pour un objectif «travaillant à sec » et u = demi-angle d'ouverture - voir figure précédente-
 $n = 1,5$ pour un objectif à immersion

u peut être très grand : un objectif de microscope fonctionne en dehors des conditions de Gauss. Il doit donc être fabriqué avec soin pour être corrigé des aberrations géométriques et chromatiques.

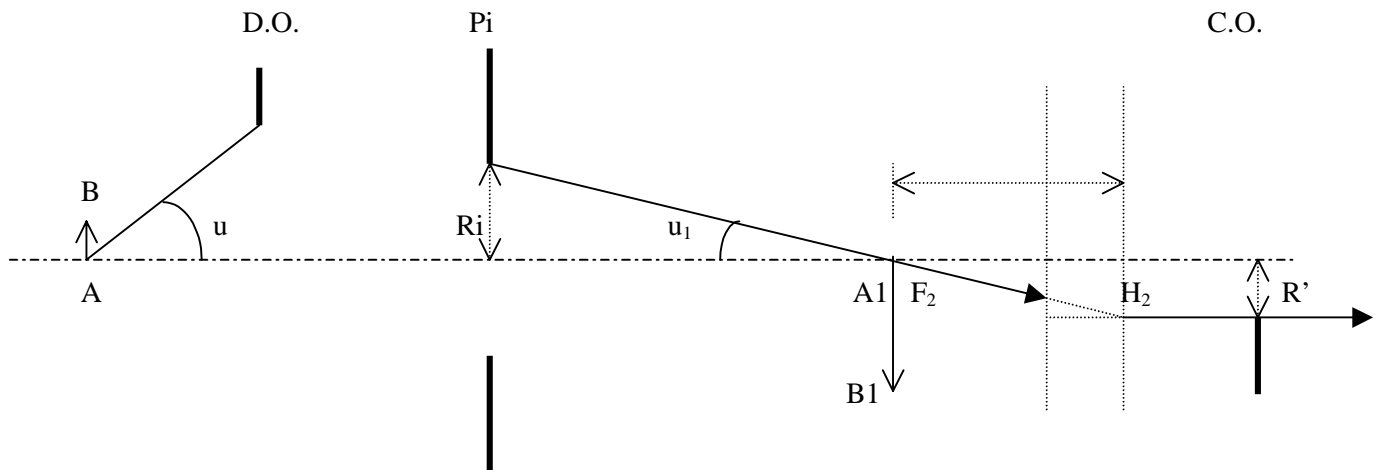
4.3. Aplanétisme. Condition d'aplanétisme :

L'objectif est aplanétique –image nette d'un objet rapproché- et la condition d'aplanétisme appliquée à cet objectif - ou condition des sinus ou condition d'Abbe- s'écrit :

$$n * AB * \sin u = n_1 * A_1B_1 * \sin u_1$$

Reportez-vous à la figure suivante.

4.4. Utilisation de la relation d'aplanétisme :



On retient que :

$$\boxed{\text{O.N.} = R' * P_i} \quad \text{avec } R' \text{ rayon du cercle oculaire en mètre et } P_i \text{ en dioptrie. -vu TP D5-}$$

Démonstration :

5. Pouvoir séparateur :

5.1. Rappel de la définition de la limite de résolution :

Reportez-vous au chapitre « généralités sur les instruments d'optique ». C'est la plus petite distance séparant dans l'espace objet deux points que l'appareil peut « séparer », c'est -à- dire dont les images A' et B' sont formées « distinctes ».

Encore faut-il que l'œil puisse distinguer ces deux images.

Il faut évaluer $\alpha' = P * AB_{\min}$ et comparer α' et ϵ . Pour que l'œil « sépare » les deux images A' et B' il faut que $\alpha' > \epsilon$.

5.2. Causes de la limitation :

Aux faibles puissances c'est la structure discontinue de la rétine qui limite le pouvoir séparateur de l'ensemble {microscope, œil}.

Aux fortes puissances c'est la diffraction ; dans ce cas :

$$AB_{\min} = 0,6 * \lambda / (n * \sin u)$$

Pour augmenter le pouvoir séparateur des microscopes optiques on ne peut jouer que sur le facteur $n \sin u$ d'où l'emploi de l'immersion.

La limite de résolution théorique est alors de $0,2 \mu\text{m}$.

Elle peut être rendue 100 fois plus petite avec le microscope électronique qui permet de jouer sur le facteur λ .