

## LP 16: Microscopies optiques

Niveau: Licence

Prérequis: optique géométrique, diffraction

Intro sur limite de résolution de l'œil.

(due à taille des cellules de la rétine  $\approx 5 \mu\text{m}$ .)

résolution angulaire  $\alpha \approx 1$  min d'arc.

"Considérant qu'on voit net un objet sans accommoder à une distance  $d_m$  punctum remotum"



$$\Rightarrow \overline{AB} \approx 10 \mu\text{m}.$$

taille typique des cellules  $\rightarrow$  on peut pas voir le détail  $\rightarrow$  MICROSCOPE.

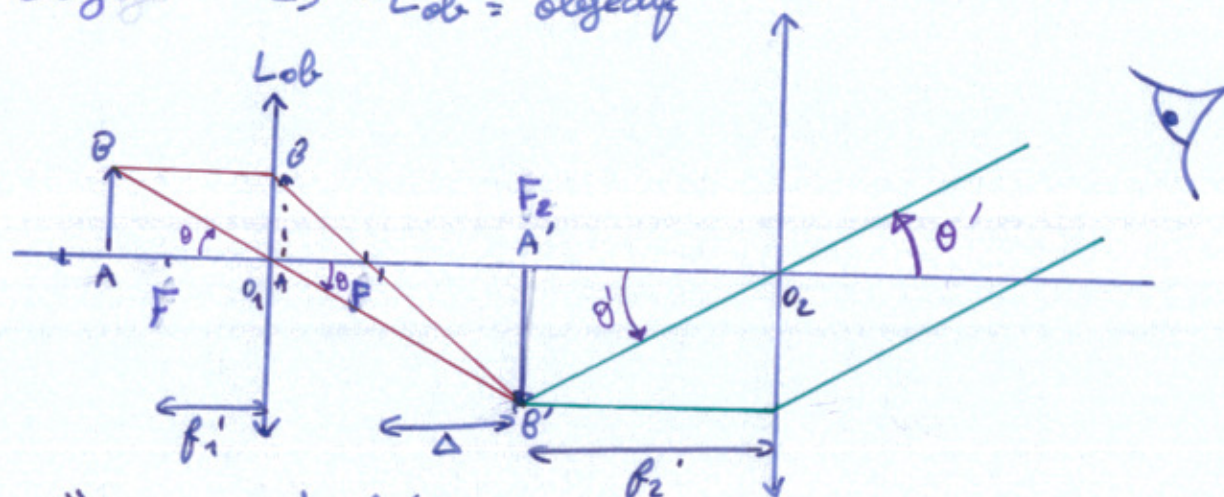


# I - Microscope optique classique

"On veut transformer un objet d'une taille petite en une image de plus grande taille."

## 4.1. Montage

"On place l'objet entre  $f$  et  $2f$ , pr agrandir l'objet"  $\rightarrow$  \*  $L_{ob}$  = objectif



"On met l'objet  $A'B'$  au foyer d'une lentille  $L_{oc}$  pour que l'œil n'accomode pas son image à l' $\infty$ "  $\rightarrow$  à l'instar d'une loupe  
 $L_{oc}$  = oculaire.

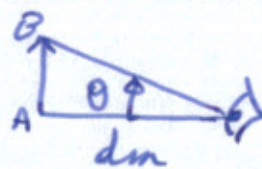
("Ici on voit que l'angle d'observation est augmenté")  $\rightarrow$  exemple d'image.

"On peut définir un grossissement"

## 4.2. Grossissement commercial.

"On compare l'angle maximal d'observation sans instrument (associé à *punctum proximum*) à l'angle en sortie".

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





•  $\tan \theta = \frac{\overline{AB}}{dm} \stackrel{\text{Gauss}}{\sim} \theta$

•  $\tan \theta' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{O_2 F_2}} = - \frac{\overline{A'B'}}{f_2'} \sim \theta'$

Or Thalès:  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'A}} = \frac{\Delta}{-f_1'}$

Donc  $\theta' = + \frac{\Delta}{f_1' f_2'} \times \overline{AB}$ .  $\Delta$  intervalle optique

Et donc

$$G_c = \frac{\Delta dm}{f_1' f_2'}$$

( parler de  $G_{c, mic} = |\delta_d| G_{c, ac}$  )

"Pour améliorer  $G_c$ , il faut choisir  $\Delta$  grand et courtes focales."

En général :

$$\left. \begin{array}{l} \Delta = 160 \text{ mm} \\ f_1' = 40 \text{ mm} \leftarrow \text{varie} \\ f_2' = 25 \text{ mm} \end{array} \right\} G_c = 40$$

→ "on chariotte pour former  $\overline{A'B'}$  à  $F_2$ ."

Exp: Vérif MIC lentille 100 cm led/QI filtre antithermique  
log. écran. micrométrique ENSP 507.

→ rapport  $\frac{\theta'}{\theta}$ .



### 4.3. Limites du microscope

(4)

"On peut avoir l'impression qu'on peut agrandir autant qu'on veut mais limite due à la diffraction et aux aberrations"

#### a) Limite de résolution

"On montre que objet min discernable est :"

$$AB_{\min} > \frac{0,82 \lambda}{n_0 \sin u_0}$$

"Due à la diffraction par l'ouverture de l'objectif  $\rightarrow$  mélange des taches d'Airy."

"On définit l'ouverture numérique O.N. =  $n_0 \sin u_0$  où  $n_0$  est l'indice du milieu."



$\rightarrow$  forme pr assurer stigmatisme et aplanétisme  
L'image de AO  
Derez p 160.  
(diaphte de réfraction)

"Amélioré en immergant objet dans une solution de  $n_0$  plus important"

AN:

$$\left. \begin{array}{l} u = 56^\circ \\ n = 1,50 \\ \text{huile} \\ 400 \text{ nm.} \end{array} \right\}$$

$$AB_{\min} = 0,2 \mu\text{m.}$$

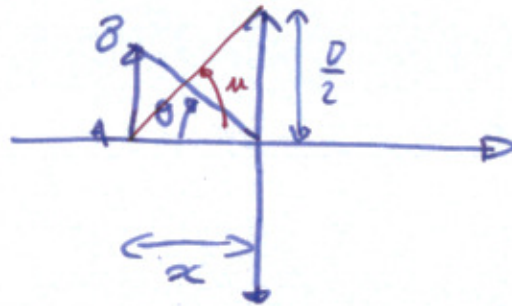
$\hookrightarrow$  on ne peut pas comparer avec l'œil car on voit plus gros, ici limite due à diffraction

Rayleigh criteria:

Young / Rayleigh:

$$\theta > \frac{1,22 \lambda}{D}$$

verre lentille



$$\sin u \approx \tan u = \frac{D/2}{x} = \frac{D}{2x}$$

$$\theta \approx \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{AB}{x}$$

$$\frac{AB}{x} > \frac{1,22 \lambda}{2 \sin u}$$

$$AB > \frac{0,61 \lambda}{\sin u}$$

$$AB > \frac{0,61 \lambda_0}{n_0 \sin u}$$

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{1}{n_0}$$

↑ air



## b) Aberrations

- aberration géométrique  
Lui on considère grand angle  $\rightarrow$  aberration géométrique  $\rightarrow$  "corrigé par des jeux de lentilles spéciale pour ça que lentille sphérique"  
 $\hookrightarrow$  "pour corriger stigmatisme et aplétisme"

- aberration chromatiques:  $\neq \lambda$  peuvent donner  $\neq$  image car loi de Cauchy

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

$\hookrightarrow$  corrigé avec objectifs

- achromatiques  $\rightarrow$  corrige 2 couleurs b et r.
- apochromatiques  $\rightarrow$  — 3 couleurs

## 1.4. Eclairage.

Discussion choix des lentilles

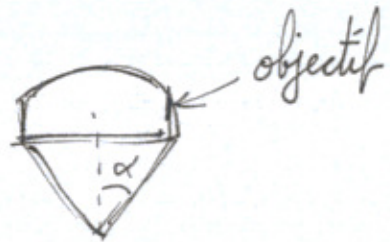
→ on peut bien agrandir mais lim<sup>o</sup> de la résolut<sup>o</sup> à cause de la diff

## I- 2-Limites de résolut<sup>o</sup>

$\lambda_{\min} \sim \lambda \sim 500 \text{ nm}$  ( $\sim 20^\circ$ )

diapo sur ouverture numér<sup>o</sup> 9.

NO: nombre d'ouverture =  $n \times \sin \alpha$   
↑  
indice opt<sup>o</sup>



caractérist<sup>o</sup> objectif: sur slide pr<sup>o</sup> indicat<sup>o</sup> sur obj.

(22'45") → pr faire mieux, autres techn<sup>o</sup>.

## II- 1) Principe:

Schéma sur diapo.

$$S_o = E_o \sin(\omega t) \xrightarrow{\text{objet de } \varphi} E_o \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \text{on ne peut pas l'observer à l'œil nu}$$
$$= E_o (\cos(\omega t) \sin \varphi + \sin(\omega t) \cos \varphi)$$
$$\sim E_o (\varphi \cos(\omega t) + \sin(\omega t)) \quad \varphi \ll 1$$

stroboscopie: on retire le terme en  $\sin(\omega t)$ :  $S \approx E_o \varphi \cos(\omega t) \Rightarrow \frac{I}{I_o} \sim \varphi^2 \rightarrow \text{très faible}$

⇒ meth du contraste de  $\varphi$ : on ajoute 1 déphasage de composante en  $\sin(\omega t)$ .

⇒  $S \approx E_o (\varphi \pm 1) \cos(\omega t)$ , ⇒ améliorat<sup>o</sup> contraste.

2- Utilisat<sup>o</sup>:

→ site internet avec illustrat<sup>o</sup>

(~29')