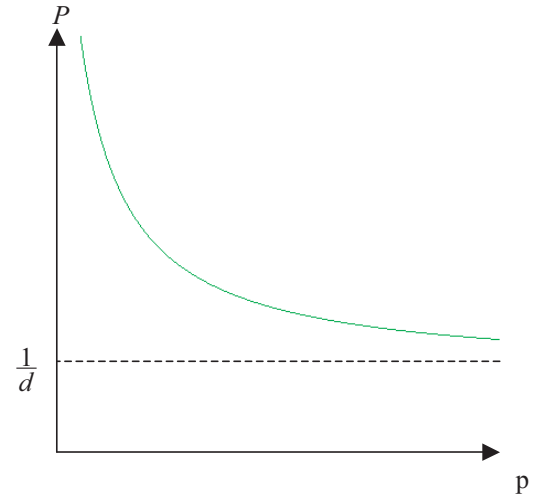
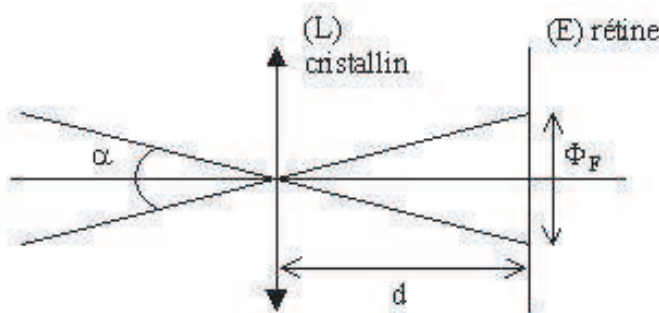


Microscopie

1^{ère} partie : Œuil

1.1 Champ latéral et champ en profondeur

1.1.1 d'après la figure : $\frac{\Phi_F}{2d} = \tan \frac{\alpha}{2}$ A.N : $\Phi_F = 1.5 \text{ mm}$



1.1.2 l'image étant sur la rétine , la conjugaison s'écrit : $\frac{1}{d} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} = P$ soit $\boxed{\frac{1}{d} + \frac{1}{p} = P}$

1.1.3 $\frac{1}{d} + \frac{1}{OP_p} = P_{max} \Rightarrow \boxed{P_{max} = 62.8 \delta}$

1.1.4 $\frac{1}{d} + \frac{1}{\infty} = P_{min} \Rightarrow \boxed{P_{min} = 58.8 \delta}$

1.1.5 $A = P_{max} - P_{min} = \frac{1}{OP_p} = 4 \delta$

1.2 Défauts de l'œil et correction

1.2.1 Myopie

1.2.1.1 si l'œil n'accomode pas (muscles relâchés) $P = P_{min}$, A_o étant loin (càd à l'infini) :

$$\frac{1}{OA_i} + \frac{1}{\infty} = P_{min} = \frac{1}{d} \Rightarrow \overline{OA_i} = d < d_m \text{ l'image se forme avant la rétine}$$

l'œil myope formera l'image de l'objet lointain sur la rétine si : $\exists p \in [P_{min}, P_{max}]$ tel que :

$$\frac{1}{d_m} + \frac{1}{\infty} = P \Rightarrow P = 57.1 \delta \text{ n'appartient pas à } [P_{min}, P_{max}] \text{ l'œil ne peut pas voir loin}$$

1.2.1.2 l'image A_i sur la rétine :

$$\frac{1}{d_m} - \frac{1}{OP_r} = P_{min} \Rightarrow \overline{OP_r} = \frac{1}{\frac{1}{d_m} - P_{min}} = -60 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d_m} - \frac{1}{OP_p} = P_{max} \Rightarrow \overline{OP_p} = \frac{1}{\frac{1}{d_m} - P_{max}} = -17.7 \text{ cm}$$

1.2.1.3 on aura :(sans accommodation)

$$\frac{1}{d_m} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f_m} + P_{min} \Rightarrow f_m = \frac{d_m - d}{d_m d} < 0$$

Autrement la lentille de correction doit former l'image de l'infini au point P_r de l'œil myope soit : $\frac{1}{OP_r} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f_m} \Rightarrow f_m = \overline{OP_r} = -60 \text{ cm} < 0$ la lentille est divergente , c'est logique puisque l'image sans lentille se forme avant la rétine

1.2.2 Hypermétropie

1.2.2.1 $\frac{1}{OA_i} + \frac{1}{\infty} = P_{min} = \frac{1}{d} \implies \overline{OA_i} = d > d_h$ l'image se forme après la rétine

l'œil myope formera l'image de l'objet lointain sur la rétine si $\exists P \in [P_{min}, P_{max}]$ tel que :
 $\frac{1}{d_h} + \frac{1}{\infty} = P \implies P = 60.6 \delta \in [P_{min}, P_{max}]$ l'œil hypermétrope peut voir loin en accommodant
 (il se fatigue)

1.2.2.2 l'image A_i sur la rétine :

$$\frac{1}{d_h} - \frac{1}{\overline{OP}_r} = P_{min} \implies \overline{OP}_r = \frac{1}{\frac{1}{d_h} - P_{min}} = 55.3 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d_h} - \frac{1}{\overline{OP}_p} = P_{max} \implies \overline{OP}_p = \frac{1}{\frac{1}{d_h} - P_{max}} = -45.6 \text{ cm}$$

1.2.2.3 la lentille de correction doit former l'image de l'infini au point P_r de l'œil hypermétrope
 soit : $\frac{1}{\overline{OP}_r} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f_h} \implies f_h = \overline{OP}_r = 55.3 \text{ cm} > 0$ la lentille est convergente , c'est logique
 puisque l'image sans lentille se forme après la rétine.

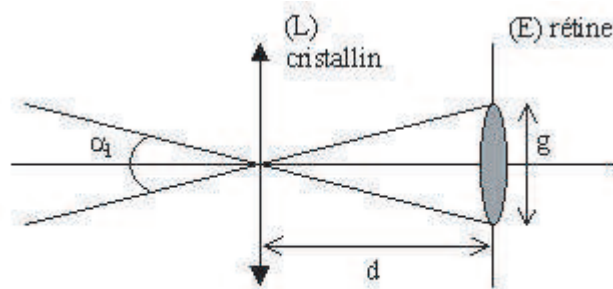
1.2.3 Presbytie

initialement $P_{max} = 62.8 \delta$

avec l'âge $P'_{max} = (62.8 - 1.14) \delta = 61.6 \delta$ donc le nouveau punctum proximum est donné par :
 $\frac{1}{d} - \frac{1}{\overline{OP}'_p} = P'_{max} = 61.6 \delta \implies \overline{OP}'_p = -35 \text{ cm}$ au lieu de $\overline{OP}_p = -25 \text{ cm}$ pour un œil jeune
 et normal

1.3 Limite de résolution de l'œil

1.3.1 $\tan \frac{\alpha_\ell}{2} = \frac{g}{2d}$ A.N : $\alpha_\ell = 3.10^{-4} \text{ rad}$



1.3.2 l'angle sous lequel l'œil voit l'objet devient maximal si celui-ci est au punctum proximum
 c'ad à 25 cm devant l'œil

2^{ème} partie : Microscope composé

2.1 Mise au point

2.1.1 tout rayon incident doit être faiblement incliné par rapport à l'axe optique et doit rencontrer
 les dioptrés et miroirs du système optique au voisinage de leurs sommets , ce sont les rayons
 paraxiaux

2.1.2 non , car l'angle d'incidence $\alpha_m = 70^\circ$ n'est pas faible

2.1.3 les triangles semblables d'après la figure 2 donnent :

$$G_{t1} = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{A_0 B_0}} = \frac{\overline{A_1 F_{i1}}}{\overline{H_{i1} F_{i1}}} = \frac{\overline{A_1 F_{i1}}}{f_{i1}}$$

$$G_{t1} = \frac{\overline{A_1 B_1}}{\overline{A_0 B_0}} = \frac{\overline{H_{o1} F_{o1}}}{\overline{A_o F_{o1}}} = \frac{f_{o1}}{\overline{A_o F_{o1}}}$$

2.2.3 on a : $\frac{R}{\Delta} = \frac{\rho}{f_{i2}} \implies \rho = \frac{\Omega_n f_{i1} f_{i2}}{\Delta}$

2.2.4

2.2.4.1 le disque oculaire sera l'image par l'oculaire du diaphragme fictif , on aura :

$$\frac{1}{\overline{O_2C}} - \frac{1}{\overline{O_2F_{i1}}} = \frac{1}{f_{i2}}$$

or $\overline{O_2F_{i1}} = -(\Delta + f_{i2}) \implies$

$$\overline{O_2C} = [1 + \frac{f_{i2}}{\Delta}] f_{i2}$$

et $\rho_c = \rho = \frac{\Omega_n f_{i1} f_{i2}}{\Delta}$

pour recevoir le maximum d'intensité lumineuse il faut placer l'œil sur le cercle oculaire

2.2.4.2 A.N : $\rho_c = 0.57 \text{ mm}$ et $\overline{F_{i2}C} = \overline{O_2C} - f_{i2} = 2 \text{ mm}$ très proche du plan focal image de l'oculaire

2.3 Grossissement

2.3.1 $\theta \approx \tan \theta = \frac{A_o B_o}{\delta}$ et $\theta' \approx \tan \theta' = \frac{A_i B_i}{f_{i2}}$

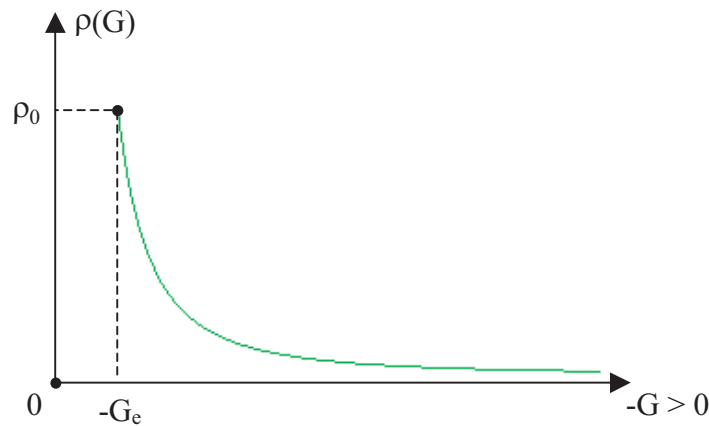
$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{G_{t1} \delta}{f_{i2}} = -\frac{\Delta}{f_{i1} f_{i2}} \delta$$

A.N : $G = -600$ (image inversée)

2.3.2 on a $\rho_c = \frac{\Omega_n f_{i1} f_{i2}}{\Delta}$ or $G = -\frac{\Delta}{f_{i1} f_{i2}} \delta$ soit : $\rho_c = -\frac{\delta \Omega_n}{G}$

2.3.3 $G = G_e$ si $\rho_c = \rho_0 = 2.5 \text{ mm}$ donc $G_e = -\frac{\delta \Omega_n}{\rho_0}$ A.N : $G_e = -142$

2.3.4 $\rho_u = \rho_c = -\frac{\delta \Omega_n}{G} = \rho_0 \frac{-G_e}{-G}$



2.4 Pouvoir de résolution

2.4.1 Influence de la diffraction

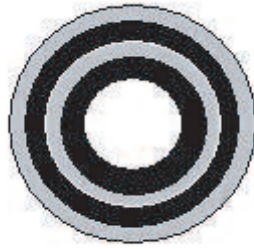
2.4.1.1 diffraction est la déviation observée lorsque la lumière de longueur d'onde λ rencontre un obstacle de taille de l'ordre de λ , la notion de rayon lumineux n'existe plus

2.4.1.2 $I_d(\theta) = |a_d(\theta)|^2 = 4a_0^2 \frac{J_1^2(\frac{2\pi R\theta}{\lambda})}{(\frac{2\pi R\theta}{\lambda})^2}$

or d'après fig4 on a : $I_d(\theta = 0) = 4a_0^2 \times (0.5)^2 = a_0^2$ soit :

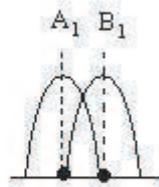
$$I_d(\theta) = 4I_0 \frac{J_1^2(\frac{2\pi R\theta}{\lambda})}{(\frac{2\pi R\theta}{\lambda})^2}$$

2.4.1.3 on a invariance par rotation autour de l'axe $F_{o2}z$ on aura des tâches circulaires concentriques d'axe $F_{o2}z$ d'intensité décroissante



2.4.1.4 $\theta_d = \rho_1 \frac{R}{\lambda} = 0.61 \frac{R}{\lambda}$

2.4.1.5 $A_1 B_{1min} \approx \theta_d \Delta \implies S_d = A_o B_{omin} = 0.61 \frac{|Gt1|R\Delta}{\lambda} = 0.61 \frac{\lambda}{\Omega_n}$



$S_d \nearrow$ si $\lambda \nearrow$ ou si $\Omega_n \searrow$, le pouvoir de résolution est élevé si on peut distinguer deux points très voisins càd $S_d \rightarrow 0$

2.4.2 Influence du pouvoir séparateur de l'œil

2.4.2.1 voir fig

2.4.2.2 $A_1 B_{1min} \approx \alpha_\ell f_{i2} \implies S_s = A_o B_{omin} = \frac{\alpha_\ell f_{i2}}{|Gt1|} = \frac{\alpha_\ell \delta}{|G|}$

2.4.3 Discussion

2.4.3.1 la diffraction est nuisible si $S_d > S_s \iff 0.61 \frac{\lambda}{\Omega_n} > \frac{\alpha_\ell \delta}{|G|} \implies$

$$|G| > G_d = \frac{\Omega_n \alpha_\ell \delta}{0.61 \lambda}$$

2.4.3.2 A.N : $\lambda = 0.5 \mu m \implies G_d = 1000 > |G| = 600$ non la diffraction n'est pas le facteur limitant de la résolution

2.4.3.3 on a : $G_d = \frac{\Omega_n \alpha_\ell \delta}{0.61 \lambda} \nearrow$ si $\lambda \searrow$ la résolution sera améliorée dans le visible pour $\lambda_{min} = 0.4 \mu m$

3^{ème} partie :
Microscope électronique

3.1 Principe

3.1.1 TEC : $\frac{1}{2} m_e (v_0^2 - 0) = eV_c \implies v_0 = \sqrt{\frac{2eV_c}{m_e}}$

3.1.2 $\lambda_e = \frac{h}{m_e v_0} = \frac{h}{\sqrt{2eV_c m_e}}$

3.1.3 A.N : $v_0 = 5.9 \cdot 10^7 m.s^{-1}$ et $\lambda_e = 1.2 \cdot 10^{-5} \mu m$

3.1.4 $\lambda_{visible} \in [0.4, 0.8] \mu m \implies \lambda_e \ll \lambda_{visible}$

d'après 2.4.3.3 le pouvoir de résolution du microscope électronique est meilleur

3.2 Lentille électrostatique

3.2.1 Champ électrostatique dans la lentille

3.2.1.1 la distribution est invariante par rotation autour de Oz (variable θ éliminée) \implies tout plan

$\Pi \equiv (\vec{e}_r, \vec{e}_z)$ est un plan de symétrie $\implies \vec{E} \subset \Pi(\vec{e}_r, \vec{e}_z) \implies \vec{E} = F(r, z)\vec{e}_r + G(r, z)\vec{e}_z$

3.2.1.2 le plan $z = 0$ est un plan de symétrie donc $\vec{E}(r, z = 0) \subset xOy \implies G(r, 0) \equiv 0$

3.2.1.3 M-G : $div \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$ M-F : $r \overrightarrow{rot} \vec{E} = \vec{0}$

3.2.1.4 données : $div \vec{E} = \frac{1}{r} \frac{\partial rF}{\partial r} + \frac{\partial G}{\partial z} = 0 \implies \frac{\partial rF}{\partial r} + \frac{\partial rG}{\partial z} = 0$

et : $r \overrightarrow{rot} \vec{E} = (\frac{\partial F}{\partial z} - \frac{\partial G}{\partial r})\vec{e}_\theta = \vec{0} \implies \frac{\partial F}{\partial z} - \frac{\partial G}{\partial r} = 0$

3.2.1.5 $F(r, z) = \beta r \implies \begin{cases} \frac{\partial G}{\partial r} = \frac{\partial F}{\partial z} = 0 \\ r \frac{dG}{dz} = -\frac{\partial \beta r^2}{\partial r} = -2\beta r \end{cases} \implies G(z) = -2\beta z + cte$

or

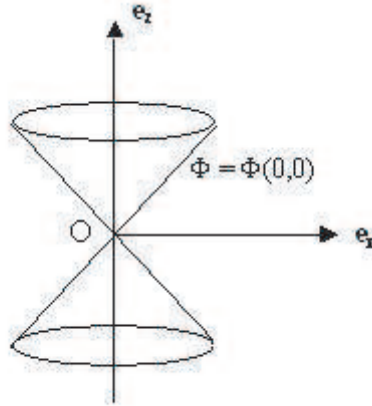
$$G(r, z = 0) = 0 \implies G(z) = -2\beta z \implies \beta' = -2\beta = \frac{-4U_0}{R^2}$$

3.2.1.6 $r \overrightarrow{rot} \vec{E} = \vec{0} \implies \exists \Phi$ tel que $\vec{E} = -\vec{\nabla} \Phi \iff$

$$\begin{vmatrix} \beta r \\ 0 \\ -2\beta z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -\frac{\partial \Phi}{\partial r} (*) \\ -\frac{\partial \Phi}{r \partial \theta} \\ -\frac{\partial \Phi}{\partial z} (**) \end{vmatrix} \implies \Phi(r, z)$$

(*) $\implies \Phi(r, z) = -\beta \frac{r^2}{2} + f(z)$ injectée dans (**) donne $f'(z) = 2\beta z \implies f(z) = \beta z^2 + cte \implies \Phi(r, z) = -\beta \frac{r^2}{2} + \beta z^2 + cte = \frac{2U_0}{R^2}(z^2 - \frac{r^2}{2}) + cte$

3.2.1.7 l'équipotentielle passant par O est donnée par : $\Phi(r, z) = \Phi(0, 0) \iff z^2 = \frac{r^2}{2} \implies z = \pm \frac{r}{\sqrt{2}}$
c'est un double cône d'axe Oz



$U_0 = \Phi(0, 0) - \Phi(R, 0)$ la ddp entre le centre et la périphérie de la lentille électrostatique

3.2.2 Mouvement de l'électron dans la lentille

3.2.2.1 TMC en O dans R_{Gal} exprimé dans la base cylindrique : $\frac{d\vec{\sigma}_o}{dt} = \overrightarrow{OM} \times -e\vec{E}$ or

$$\vec{\sigma}_o = \vec{r} \times m_e \vec{v} = \begin{vmatrix} r \\ 0 \\ z \end{vmatrix} \times m_e \begin{vmatrix} \dot{r} \\ r\dot{\theta} \\ \dot{z} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -m_e r z \dot{\theta} \\ m_e (\dot{r} z - \dot{z} r) \\ m_e r^2 \dot{\theta} \end{vmatrix}$$

soit le TMC en O :

$$\begin{cases} -m_e(rz\dot{\theta})' \\ m_e(\dot{r}z - \dot{z}r)' \\ m_e(r^2\dot{\theta})' \end{cases} = \begin{cases} 0 \\ -3e\beta rz \\ 0 \end{cases}$$

sur \vec{e}_z donne $r^2\dot{\theta} = cte = r_0^2\dot{\theta}_0$ or $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_z \implies \dot{\theta}_0 = 0$ d'où : $r^2\dot{\theta} \equiv 0 \implies \theta \equiv cte$ le mouvement se fait dans le plan méridien $\theta = cte$

$$3.2.2.2 \text{ TRD } (\theta = cte) \begin{cases} m_e\ddot{r} \\ 0 \\ m_e\ddot{z} \end{cases} = \begin{cases} -e\beta r \\ 0 \\ 2e\beta z \end{cases} \implies \begin{cases} \ddot{r} + \frac{2U_0e}{m_eR^2}r = 0 \\ 0 \\ \ddot{z} - \frac{4U_0e}{m_eR^2}\beta z = 0 \end{cases}$$

avec $U_0 > 0 \implies \omega = \sqrt{\frac{2eU_0}{m_eR^2}}$

3.2.2.3 $z(t) = Ae^{\sqrt{2}\omega t} + Be^{-\sqrt{2}\omega t}$, les CIs sont $z(0) = -\ell = A + B$ et $\dot{z}(0) = v_0 = (A - B)\sqrt{2}\omega$
soit :

$$z(t) = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{v_0}{\sqrt{2}\omega} - \ell \right) e^{\sqrt{2}\omega t} - \left(\frac{v_0}{\sqrt{2}\omega} + \ell \right) e^{-\sqrt{2}\omega t} \right]$$

3.2.2.4 $\ddot{z} = 2\omega^2 z \iff \dot{z}^2 = v_0^2 + 2\omega^2(z^2 - \ell^2)$

or $v_0 \gg \omega\ell > \omega|z|$ donc $\dot{z} \approx v_0$ d'où $t_1 = \frac{2\ell}{v_0}$

3.2.2.5 $r(t) = C \cos \omega t + D \sin \omega t$, les CIs sont $r(0) = r_0 = C$ et $\dot{r}(0) = 0 = \omega D$

soit : $r(t) = r_0 \cos \omega t < r_0 \ll R$ la trajectoire est confinée au voisinage de l'axe c'est analogue au rayon paraxial !

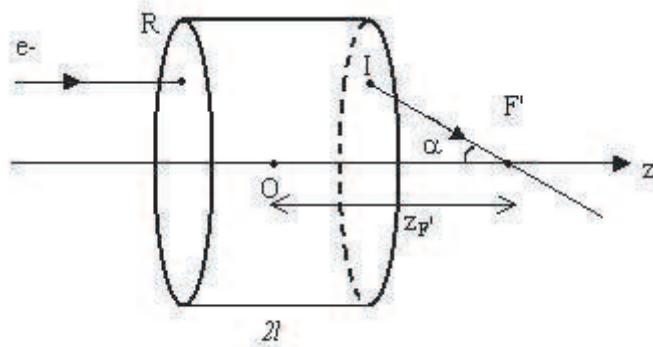
3.2.2.6 au point de sortie I : $t = t_1$ et $z = +\ell$, on aura :

$$\vec{v}_I = \begin{cases} \dot{r}(t_1) = -r_0\omega \sin \omega t_1 \\ 0 \\ \dot{z}(t_1) \end{cases} \approx \begin{cases} -\omega^2 r_0 t_1 = -\frac{2\ell\omega^2}{v_0} r_0 \\ 0 \\ v_0 \end{cases}$$

3.2.2.7 TRD en dehors de la lentille, poids négligé, s'écrit : $m_e\vec{a} = \vec{0}$ le mouvement sera rectiligne uniforme

pour $t > t_1$ $\vec{v} = \vec{v}_I$

3.2.2.8 $z_{F'} = \ell + \frac{r_I}{\tan \alpha} = \ell + \frac{v_0^2}{2\ell\omega^2 r_0} r_0 \cos \omega t_1 \approx \ell + \frac{v_0^2}{2\ell\omega^2} \left(1 - \frac{\omega^2 t_1^2}{2}\right) = \frac{v_0^2}{2\omega^2 \ell} > \ell$



non $z_{F'}$ est indépendant de r_0 donc de I_0 , les e^- incidents parallèlement à l'axe $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_z$ passe après la lentille par F' , de plus $z_{F'} > \ell$ la lentille est convergente

la distance focale est contrôlée par U_0 ou v_0 .

3.2.2.9 A.N : $z_{F'} = 0.5 m$.

fin du corrigé