

- 1) $m_p \gg m_e$ donc en première approximation le proton est fixe (Born Oppenheimer) ①
 2) électrostatique $\vec{F}_{el} = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$ gravitationnelle $\vec{F}_g = -\frac{G m_e m_p}{r^2} \vec{u}_r$

$\frac{F_g}{F_{el}} \ll 1$ donc on peut négliger la gravitation.

- 3) $2\pi\Omega = \omega \times T$, pendant $\frac{dt}{T}$, on a une charge $dq = \frac{dt}{T} \times e = \frac{\omega}{2\pi} e dt = Idt$
 d'où $I = \frac{\omega e}{2\pi}$ et $M = IS = \frac{\omega e}{2} e$

4) $L = n\hbar \times \omega$ d'où $M = \frac{L}{\omega} e$

5) $L = n\hbar$ d'où $M = n \frac{\hbar e}{2m} = n \mu_B$

$\mu_B = \frac{\hbar e}{2m} \approx 9,26 \cdot 10^{-24} \text{ A m}^2$
 NB Δ il y a une erreur pour la valeur de $e \dots$

6) $E_p = -\vec{M} \cdot \vec{B} = -MB(\Omega) \cos\theta$

or $\vec{F} = -\text{grad } E_p = + M \frac{dB}{d\Omega} \cos\theta \vec{u}_{\Omega}$

NB = il faut supposer $\theta = \text{cte}$ ce qui est vrai car il y a précession autour d' Ω mais peu écarté...)

7) $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\tau} = \vec{M} \wedge \vec{B} = MB \sin\theta \vec{u}$

or $\vec{M} = \vec{L} \frac{e}{2m} \Rightarrow \frac{2m}{e} \frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{M} \wedge \vec{B}$

$\vec{B} = B \vec{e}_3 \Rightarrow \frac{2m}{e} \frac{dM_3}{dt} = 0 \Rightarrow M_3 = \text{cte.}$

or $\vec{M} \cdot \frac{d\vec{M}}{dt} = \frac{m}{e} \frac{dM^2}{dt} = \vec{M} \cdot (\vec{M} \wedge \vec{B}) = 0 \Rightarrow M^2 = \text{cte}$

or tourne à la pulsation $\omega = \frac{e}{2m}$

- 8) $\vec{M}$ tourne à $\omega \Rightarrow$ la projection de M sur Ox_3 est un cercle
 or M_x et M_y sont nuls en moyenne.

- 9) la PFD appliquée à l'atome s'écrit

si on suppose $\frac{dB}{d\Omega} = \text{cte}$ (non précisé par l'énoncé)

$m_e \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} = M \frac{dB}{d\Omega} \cos\theta \vec{u}_3$

sur $Ox_3 \Rightarrow m \frac{dz_3}{dt} = M \frac{dB}{d\Omega} \cos\theta$

$\Rightarrow \frac{dz_3}{dt} = \frac{M}{m} \frac{dB}{d\Omega} \cos\theta$
 $z_3(t) = \frac{M}{m} \frac{dB}{d\Omega} \frac{t^2}{2} + \sqrt{z_0} t$
 " par hyp.

2

Sur Ox $m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \Rightarrow x = \sqrt{x_0} t + \text{cte}$

on arrive en l'écran pour t_0 tq $x(t_0) = \sqrt{x_0} t_0 = 2l$

NB il y a incohérence ds un cas les pds font 2l (figure)
 ds le texte ils font une longueur l... j'attire la seconde
 en sorte d'ailleurs on a $B_3(t_0) = \frac{\mu_0 dB}{4\pi} \frac{t_0^2}{2m}$ $B_3(t_0) = \frac{\mu_0 dB}{4\pi} \frac{t_0}{m}$ $\sqrt{x_0}(t_0) = \sqrt{x_0} =$
 $x(t_0) = l$

à partir de là, il n'y a plus de champ magnétique d'on

$\frac{d^2 z}{dt^2} = 0 \Rightarrow z = \sqrt{z_0}(t) t + z_0(t)$

$x = \sqrt{x_0}(t_0) t + 2l$

NB j'ai changé l'origine des temps.

on arrive en l'écran pour $x(t_1) = l + D \Rightarrow \sqrt{x_0} t_1 = D$

et alors $z(t_1) = \sqrt{z_0}(t_1) \times t_1 + z_0(t_1) = \frac{\mu_0 dB}{4\pi} \times \frac{2l}{m\sqrt{x_0}} \times \frac{D}{\sqrt{x_0}} + \frac{\mu_0 dB}{4\pi} \left(\frac{2l}{\sqrt{x_0}}\right)^2$

soit $z(t_1) = \frac{\mu_0 dB 2l (l+D)}{\frac{1}{2} m \sqrt{x_0}^2} = \boxed{\frac{1}{2} \frac{\mu_0 dB 2l (l+D)}{E_c/3}} = \boxed{\frac{1}{2} \frac{\mu_0 dB 2l (l+D)}{E_c/3}}$

10) si $\cos \theta$ est aléatoire on a une tâche centrée sur l'axe.

11) on $\cos \theta = \pm 1$ AN $M_3 = \frac{2E_c}{3} \frac{1}{dB 2l(l+D)} = 8,2 \cdot 10^{-24} A$

on est pas très loin du premier modèle...

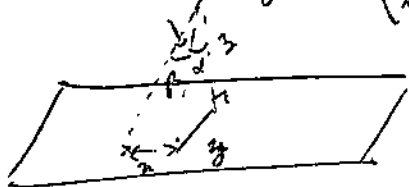
12) (Ox_3) est plan de sym
 (Oy_3) " " " $\Rightarrow \vec{E} = E \vec{u}_3$

NB $d\vec{E} = \frac{\sigma dS \vec{MP}}{4\pi\epsilon_0 MP^3}$ pas défini...

13) $dE_z = d\vec{E} \cdot \vec{u}_3 = \frac{\sigma dS}{4\pi\epsilon_0 PM^3} \vec{MP} \cdot \vec{u}_3$ or $\vec{OM} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix}$ $\vec{OP} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ z \end{pmatrix}$ $\vec{MP} = \begin{pmatrix} -x \\ -y \\ z \end{pmatrix}$

et $dE_z = \frac{\sigma dx dy}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2})^3} = \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{(\sqrt{x^2 + (\frac{y}{x'})^2})^3} dx dy$

$y^2 + z^2 = \left(\frac{x}{x'}\right)^2$ $2dy \cdot y = \frac{2dx x}{x'^2} - \frac{2dx'}{x'^3} x^2$ $2dy y = -2 \frac{dx'}{x'} \left(\frac{y^2 + z^2}{y}\right)$
 $dy = -dx' \frac{x}{x'^2}$



$x' = \frac{x}{\sqrt{y^2 + z^2}} = \tan \beta$

à y fixe $dx dy = dx' \sqrt{y^2 + z^2} dy$

$dx = dx' \sqrt{y^2 + z^2}$

or $E_z = \int dy \int dx' \frac{\sigma_z}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sqrt{y^2 + z^2}}{(y^2 + z^2)^{3/2} (1 + x'^2)^{3/2}}$
 $= \frac{\sigma_z}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dy}{y^2 + z^2} \int \frac{dx'}{(1 + x'^2)^{3/2}}$

il est plus simple de passer par β $x' = \tan \beta$
 $dx' = \frac{d\beta}{\cos^2 \beta}$ or $1 + x'^2 = 1 + \tan^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}$

d'où $\int \frac{dx'}{(1+x'^2)^{3/2}} = \int \frac{d\beta}{\cos^2 \beta} \times \frac{1}{\frac{1}{\cos^3 \beta}} = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \beta d\beta$

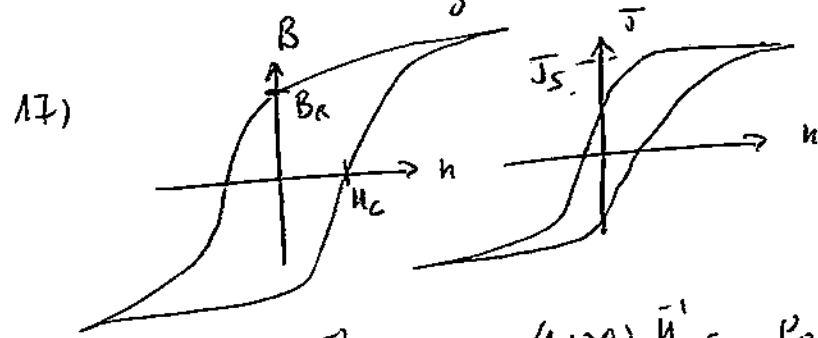
si d est grand β varie de $-\pi/2$ à $+\pi/2$ $= [\sin \beta]_{-\pi/2}^{\pi/2}$
 (NB: on pourrait utiliser la formule de l'arctangente...)

or $E_z \approx \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \pi} \int_{-d}^d \frac{dy}{y^2 + z^2} = \frac{\sigma_z}{2\pi\epsilon_0} \frac{2}{\sqrt{4z^2}} \left[\arctan\left(\frac{2y}{2z}\right) \right]_{-d}^d$

soit $E_z \approx \frac{\sigma}{\pi\epsilon_0} \times \arctan\left(\frac{d}{z}\right)$

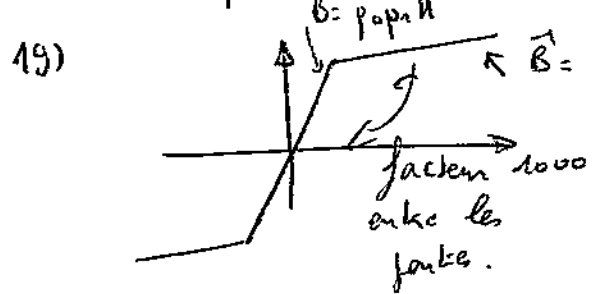
d'où $E_z = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ car le plan est infini

16) Pour $d \gg z$, $\frac{d}{z} \rightarrow +\infty$ or $\arctan \frac{d}{z} \rightarrow \frac{\pi}{2}$



B_k = champ rémanent
 H_c = excitation coercitive
 J_s = polarisation à saturation

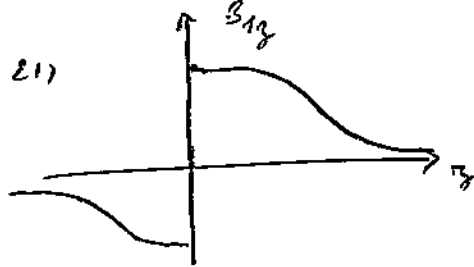
18) $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M}) = \mu_0(1+\chi)\vec{H} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$ avec $\mu_r = 1+\chi$
 saturation $\Leftrightarrow J_s = \mu_0 M_s = \mu_0 \chi H_s$



à la saturation $\frac{\mu_0 H_s}{J_s} \approx \frac{1}{\chi} = \frac{1}{1000}$ donc la contribution de H est très faible or $\vec{B} \approx \vec{J_s}$

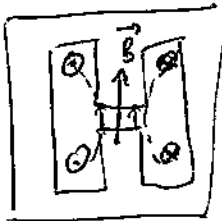
20) $B_{13} = \frac{J_S}{\pi} \arctan \frac{d}{z}$

21)



22) Il y a pas de monopole magnétique ?
honnêtement je ne comprends pas trop la question...

23)

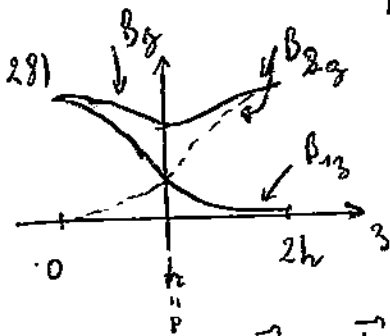


24) la surface est chargée -> 0...
comprends pas la question...

25) $B_{23} = \frac{J_S}{\pi} \text{Arctan} \left(\frac{d}{2h-z} \right)$

26) $B_3(P) = B_{13}(P) + B_{23}(P) = \frac{2J_S}{\pi} \text{Arctan} \left(\frac{d}{h} \right) \approx 1T$

27) si $h \ll d$ $\frac{d}{h} \rightarrow +\infty$ et $\text{Arctan} \frac{d}{h} \rightarrow \pi/2$ d'où $B_3(P) \rightarrow J_S$.



28) (x, y) est plan de symétrie d'où $\frac{dB_1}{dz} = -\frac{dB_2}{dz}$ voir graphique

et $\frac{dB}{dz} = \frac{dB_1}{dz} + \frac{dB_2}{dz} = 0 \dots$

30) $\vec{MP} = \vec{MO} + \vec{OP} = \vec{OP} - \vec{OM} = \begin{pmatrix} -x \\ -y \\ z_P - z \end{pmatrix}$ or $\tan \theta = \frac{y}{z}$
d'où $z = -\frac{y}{\tan \theta}$

31) $dB_{13} = \frac{J_S}{4\pi} \cdot \frac{\vec{r} \cdot \vec{e}_3}{r^3} \times \frac{1}{(x^2 + y^2 + (z_P + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta})^2)^{3/2}} \times dS$
avec $dS = \frac{dy dz}{\sin \theta}$ et $\sin \theta = \frac{y}{r}$
 $\Rightarrow dl = \frac{dy}{\sin \theta}$

soit $dB_{13} = \frac{J_S}{4\pi} \frac{z_P - y \frac{\cos \theta}{\sin \theta}}{(x^2 + y^2 \frac{1}{\sin^2 \theta} + 2z_P y \frac{\cos \theta}{\sin \theta} + z_P^2)^{3/2}} \frac{dy}{\sin \theta} dz$

32) $z' = \frac{z}{\sqrt{y^2 + (z_P + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta})^2}}$ $dB_{13} = \frac{J_S}{4\pi} \frac{z_P - y \frac{\cos \theta}{\sin \theta}}{(y^2 + (z_P + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta})^2)^{3/2}} \frac{dy}{\sin \theta} dz' \sqrt{y^2 + (z_P + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta})^2}$

33) on calcule que précédemment si $h \ll d$
 $\int_{-l}^l \frac{dz'}{(1+z'^2)^{3/2}} \approx 2$

Alors $B'_{13} = 2 \times \frac{J_s}{4\pi} \int_{-d}^d \frac{(B_p + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta}) \frac{dy}{\sin \theta}}{\left((B_p + y \frac{\cos \theta}{\sin \theta})^2 + y^2 \right)^{3/2}}$ (5)

→ CQFD en développant... ah bien non... chez moi le $\sin \theta$ est bien en bas!

31) pour $\theta = \pi/4$

$$B'_{13} = \frac{J_s}{\sqrt{2} \pi} \int_{-d}^d \frac{B_p + y}{2y^2 + 2yB_p + B_p^2} dy$$

$$= \frac{J_s}{\pi \sqrt{2}} \left[\frac{2B_p/2}{\sqrt{2B_p^2 - B_p^2}} \right] \frac{B_p/2}{y^2 + yB_p + B_p^2/2} + \frac{y/2}{y^2 + yB_p + B_p^2/2}$$

$$\times \left[\arctan \left(\frac{B_p + 2y}{B_p} \right) \right]_{-d}^d + \frac{1}{4} \left[\ln (y^2 + yB_p + \frac{B_p^2}{2}) \right]_{-d}^d$$

$$- \left[\arctan \left(\frac{B_p + 2y}{B_p} \right) \right]_{-d}^d$$

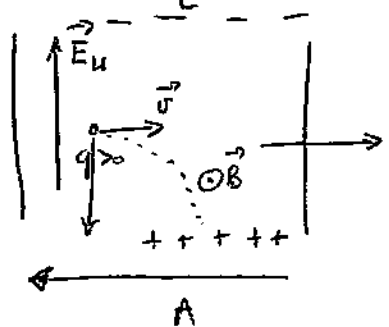
soit... $B'_{13} = \frac{J_s}{4\pi\sqrt{2}} \ln \left(\frac{2d^2 + B_p^2 + 2dB_p}{2d^2 + B_p^2 - 2dB_p} \right) \dots$

36) $B'_{13}(h/2) \approx 0,02 T$ $B'_{23}(h/2) = 0,98 T$ $B'_3(h/2) = 0,95 T$

$B'_{13}(3h/2) \approx 0,06 T$ $B'_{23}(3h/2) = 1,04 T$ $B'_3(3h/2) = 1,10 T$

37) $\frac{dB_3}{dz} \approx \frac{B'_3(3h/2) - B'_3(h/2)}{h} \approx 5 T \cdot m^{-1}$ car le barreau de grandeur au moins...

38)



Le porteur de charge subit une force $\vec{F}_L = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ qui le dirige vers le bas. Il y a accumulation de charge + au bas et, par électrostatique - en haut d'où champ E_H des + vers -

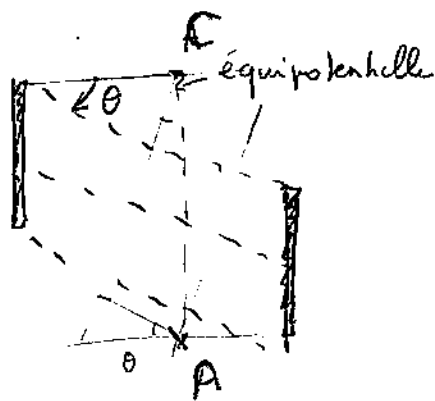
en stationnaire $q\vec{E}_H$ compense la force de Lorentz soit $\vec{E}_H = \vec{v} \wedge \vec{B}$ donc $V_H = V_A - V_C \geq 0$

39) $\vec{E}_H = \vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow E_H = vB = \frac{nqvS}{nqS} B = \frac{IB}{nqS}$

ou $V_H = E_H \times b = \frac{bI}{qS} B$

$\gamma = \frac{bI}{nqb} = \frac{I}{nqC} = 0,1$

40)



Cet A et C sont plus équipotentiels.

$$V_0 = V_A - V_C \approx b \sin \theta \times \frac{|\vec{E}|}{\frac{J}{\gamma}}$$

$$V_0 \approx b \sin \theta \rho \times \frac{I}{bc} = \rho \frac{I \sin \theta}{c}$$

$$\text{or } \tan \theta \approx \theta \approx \sin \theta = \frac{db}{a} \quad \text{cohérent avec la suite}$$

$$\text{d'où } V_0 \approx \frac{d}{ac} b I \rho \quad \underline{AN} \quad V_0 \approx 9038 \text{ V}$$

41) Millmann on -

$$\frac{V - \left(\frac{3}{R}\right)}{V_+ = 0} = \frac{V_{E1}}{R} + \frac{V_B}{R} + \frac{V_F}{R}$$

car rétroaction -

$$V_F = -(V_{E1} + V_B) \quad \text{c'est un sommateur inverseur}$$

Millmann en B

$$V_B \left(\frac{1}{\beta R_p} + \frac{1}{(1-\beta) R_p} + \frac{1}{R} \right) = \frac{V_-}{R} + \frac{V_{sat}}{\beta R_p} + \frac{-V_{sat}}{(1-\beta) R_p}$$

42)

$$\leftarrow V_B \left(R_p + \beta(1-\beta) \frac{R_p^2}{R} \right) = (1-2\beta) R_p V_{sat}$$

$$\text{d'où } V_B = \frac{1-2\beta}{1 + \beta(1-\beta) \frac{R_p}{R}} V_{sat} \approx (1-2\beta) V_{sat} \quad \text{si } R \gg R_p$$

β fait varier V_B ce qui permet de compenser le terme constant $k_0 V_p$.

$$k_0 V + (1-2\beta) V_{sat} = 0 \Rightarrow \beta = \frac{1 + \frac{k_0 V_p}{V_{sat}}}{2} = 0,501$$

Pour un capteur idéal, $k_0 \rightarrow \infty \Rightarrow \beta \rightarrow \frac{1}{2}$

43)

$$\frac{V_-}{0} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + Y_C \right) = \frac{V_F}{R_1} + V_K \left(\frac{1}{R_2} + Y_C \right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_K}{V_F} = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j R_2 C \omega}$$

$$44) V_0 = \frac{R_2}{R_1}$$

$$45) V_K = k_{H1} V_p B \times \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = R_1 \times \frac{V_K}{k_{H1} \times V_p \times B} = 100 \text{ k}\Omega$$

$$46) |H| = 1 \approx \frac{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{10}}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}}$$

$$\Rightarrow (RC\omega)^2 = 99 \Rightarrow C = \frac{\sqrt{99}}{R \times 2\pi \times f} = 317 \text{ nF}$$

47) on atténue les hautes fréquences donc le bruit, on fabrique un passe bas.

48) Pour l'A03, la rétroaction est en le + ce qui devrait saturer l'A0... comme le but est de fabriquer un soustracteur (je pense) je sa s'oppose les bornes inversées...

$$V_+ \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = \frac{V_L}{R_3} \Rightarrow V_{L+} = \frac{1}{1 + \frac{R_3}{R_4}} V_L$$

c'est un soustracteur

$$\frac{V_-}{V_+} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = \frac{V_K}{R_3} + \frac{V_S}{R_4} \Rightarrow V_S = \frac{R_4}{R_3} (V_L - V_K)$$

$$50) V_S = \frac{R_4}{R_3} \times k_u \times V_P \left(\frac{B(\frac{3h}{2}) - B(\frac{h}{2})}{h} \right) \approx \frac{R_4}{R_3} k_u V_P \times \frac{dB}{d3} \times h$$

$$\Rightarrow R_4 = R_3 \times \frac{V_S}{k_u V_P \frac{dB}{d3} \times h} \approx 10 M\Omega$$

$$51) \mu_B \text{ est la magnitude de Bohr calculé au 5... } \mu_B = 9,26 \cdot 10^{-24} \text{ A m}^2$$

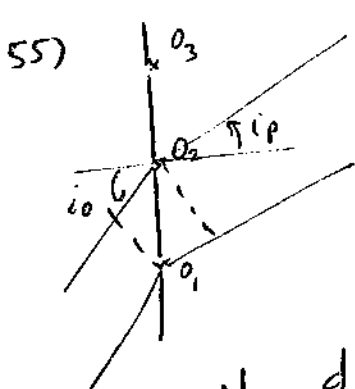
$$52) \begin{aligned} E_{2(-1)} &= E_2 + \mu_B B = h \nu_{-1} \\ E_{2(+1)} &= E_2 - \mu_B B = h \nu_{+1} \\ E_{2(0)} &= E_2 = h \nu_0 \end{aligned}$$



$$\text{AN } \nu_0 = \frac{c}{\lambda_0} = 4,86 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad \nu_{+1} = \nu_0 - \frac{\mu_B B}{h} \text{ et } \nu_{-1} = \nu_0 + \frac{\mu_B B}{h}$$

$$53) \Delta \nu = \frac{\mu_B B}{h} = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda^2} \Rightarrow \Delta \lambda = \frac{\lambda^2 \mu_B B}{c h} \approx 0,08 \text{ nm}$$

54) la lunette doit observer à l'∞ ⇒ antecollimation
le collimateur doit envoyer la lumière à l'∞ ⇒ forte nette au travers de la lunette réglée



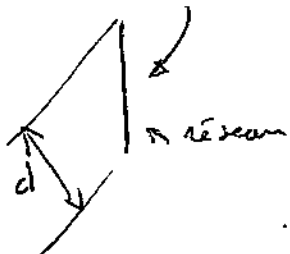
il y a interférence constructive pour

$$\delta = p \times \lambda = a (\sin i_p - \sin i_0)$$

$$\Rightarrow \sin i_p - \sin i_0 = p \frac{\lambda}{a} = p n \lambda$$

$$N = \frac{d \times n}{\sin i_0} \text{ et on veut } p \frac{d \times n}{\sin i_0} \geq \frac{1}{\Delta \lambda} = 38 \cdot 10^4$$

56)

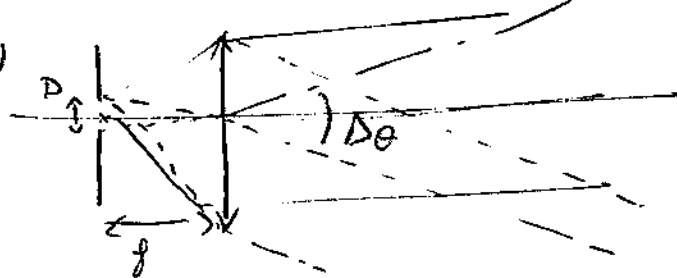


$$n \geq \frac{1}{\Delta \lambda} \sim \frac{\Delta \sin i_0}{d \times p} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ traits/mm}$$

valeur "usuelle" 3500 LPI "line per inch"

≈ 500 traits/mm, c'est juste

58)



on a $\Delta\theta = \frac{D}{f}$

(8)

donc on a une incertitude sur i_0 qui se retrouve sur i_p et donc sur λ !

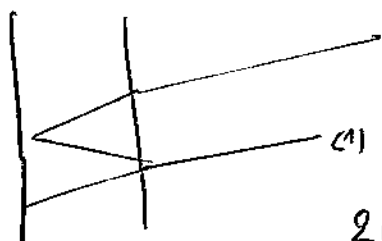
$$59) \text{ min } i_p - \text{max } i_0 = p \Delta i_0 \Rightarrow \Delta\theta \cos i_0 = \frac{\delta\lambda \times p n}{p n}$$

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\theta \cos i_0}{p n} = \frac{D}{f} \frac{\cos i_0}{n p} \lesssim \Delta\lambda$$

$$\Rightarrow D \lesssim \frac{f n p \Delta\lambda}{\cos i_0} = 2 \mu m \text{ c'est peu!}$$

il va y avoir diffraction.

60



(2) il y a interférence constructive pour

$$\delta = L_2 - L_1 = p \lambda$$

$$= 2 n e \cos \alpha_p \leftarrow \text{cos} \alpha$$

$$2 n e \cos \alpha_p = p \lambda$$

61) il y a invariance par rotation autour de l'axe optique
 $\Rightarrow$ anneaux lumineux $\Leftrightarrow i_p = \text{cte}$

$$2 n e \cos i_p = p \lambda$$

au centre, on a $2e = p \cos \alpha$

a priori si le centre n'est pas lumineux, le premier anneau correspond à l'ordre entier supérieur à $p \cos \alpha$ soit $E(p \cos \alpha) = P_1$

Le q-ème anneau lumineux correspond alors à

d'ordre $p_q = p_1 - (q-1)$ et on a l'incidence i_{pq} qui

$$\text{vaut } 2e \cos i_{pq} = (p_1 - (q-1)) \lambda$$

$$1 - \frac{i_{pq}^2}{2} \approx \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{i^2}{2}\right) = E\left(\frac{2e}{\lambda}\right) - q + 1$$

$$\text{et } \frac{2e}{\lambda} \frac{i_q^2}{2} = E_\lambda + q - 1 \Rightarrow i_q = \sqrt{2(E_\lambda + q - 1) \times \frac{\lambda}{2e}}$$

on a alors $R_q = f \lambda_q = f \sqrt{2(\epsilon_{\lambda_q} + 1)} \times \frac{\lambda_q}{2e}$

62) il y a dédoublement de la raie lumineuse
ce qui conduit à 3 rayons différents pour chaque q
donc la épaisseur est rayon.

63) la raie centrale correspond à λ_0

on a donc $R_2(0) = 5,941 \text{ mm} = f \sqrt{2(\epsilon_{\lambda_0} + 1)} \times \frac{\lambda_0}{2e}$

l'ordre d'interférence au centre est entier $\Rightarrow \epsilon_{\lambda_0} = 0$.

on $R_1(0)^2 = f^2 \frac{2\lambda}{2e}$

$\therefore e = \frac{f^2 \times \lambda}{R_1(0)^2} = 182 \mu\text{m}$

NB avec $R_2(0)^2$ on a $e = \frac{2 f^2 \lambda}{R_2(0)^2} \approx 190 \mu\text{m}$

$R_2(0)^2 = f^2 2(\epsilon_{\lambda_0} + 1) \frac{\lambda_0}{2e}$

$R_3(0)^2 = f^2 2(\epsilon_{\lambda_0} + 2) \frac{\lambda_0}{2e}$

$R_3(0)^2 - R_2(0)^2 = f^2 \frac{\lambda_0}{e} \Rightarrow e \approx \frac{\lambda_0 f^2}{R_3^2 - R_2^2} \approx 200 \mu\text{m}$

hgh $E\left(\frac{2e}{\lambda}\right) = \text{cte pour } \lambda_0, \lambda_{+1} \text{ et } \lambda_{-1} \text{ (}\lambda \text{ varie les } j\text{)}$

alors on a $R_2^2(+1) = f^2 2(\epsilon_{\lambda_{+1}} + 1) \frac{\lambda_{+1}}{2e}$

$R_2^2(-1) = f^2 2(\epsilon_{\lambda_{-1}} + 1) \frac{\lambda_{-1}}{2e}$

$R_3^2(+1) = f^2 2(\epsilon_{\lambda_{+1}} + 2) \frac{\lambda_{+1}}{2e}$

$R_3^2(-1) = f^2 2(\epsilon_{\lambda_{-1}} + 2) \frac{\lambda_{-1}}{2e}$

$\Rightarrow R_3^2(+1) - R_2^2(+1) = f^2 \frac{\lambda_{+1}}{e} \Rightarrow \lambda_{+1} = 643,857 \text{ nm}$

de m $\lambda_{-1} = 643,98 \text{ nm}$

$\Delta\lambda = \lambda_{-1} - \lambda_0 = \lambda_0 - \lambda_{+1} =$
 $0,18 \text{ nm} \quad 0,06 \text{ nm}$