

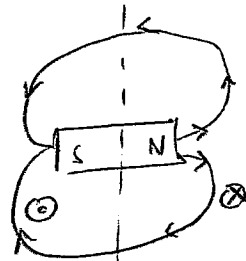
Q1) Pas de pièce mobile  $\rightarrow$  pas d'axe?

Q2) à mon avis, l'aimant est stable, il est collé

à un des aimants fixe, donc  $d_1=0$   $d_2=0$  sont 2 équilibres stables  
 $x=0 \Rightarrow d_1=d_2=\frac{d}{2}$  est une position d'éq instable

Enfin, l'aimant mobile pourrait minimiser son énergie en faisant 1/2 tour  
 donc l'éq est instable en rotation.

Q3)



plan d'Asymétrie  
 $\vec{B}$  donc de symétrie

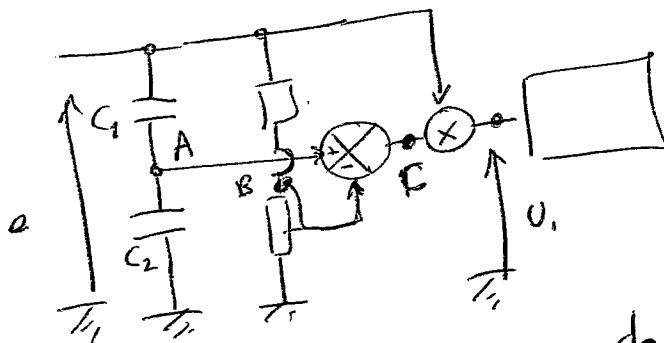
$\vec{F}_{\text{magnétique}} = -\alpha \vec{p}_m$  (id est  $\vec{B}$  est selon  $\vec{e}_x$  pour les 2 fils)  
 donc  $\vec{F}_{\text{spiral}} \rightarrow \vec{r} = +d \vec{e}_x$

Q4)

$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$  donc  $C_1 = \frac{\epsilon_0 b h}{d_1}$  et  $C_2 = \frac{\epsilon_0 b h}{d_2}$

AN  $C \approx \frac{10^{-11} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-4}} \approx 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$   
 $12 \text{ pF}$

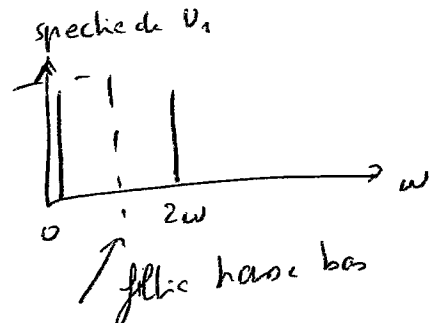
Q5)



on a  $V_A = \frac{Z_{C2}}{Z_{C1} + Z_{C2}} e = \frac{Y_{C1}}{Y_{C1} + Y_{C2}} e = \frac{d_2}{d_1 + d_2} e$  d'où  $V_C = \frac{d_2}{d_1 + d_2} e - \frac{1}{2} e$   
 $= \frac{d_1 - d_2}{d_1 + d_2} e$

$V_B = \frac{e}{2}$

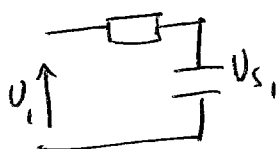
or  $V_1 = \frac{d_2 - d_1}{d_1 + d_2} \frac{e^2}{15} = \frac{-2x}{d} \frac{e^2}{15}$



Q6)  $V_1 = \frac{-2x}{d} E^2 \frac{1 + \cos 2\omega t}{30}$

Q7) Avec un passe bas tel que  $\omega_c \ll \omega$

on a  $V_{S1} \approx \frac{-2x}{d} \frac{E^2}{30} = \frac{-x}{d \cdot 15}$



$\frac{V_{S1}}{V_1} = \frac{R}{R + Z_C} = \frac{1}{1 + RC\omega} = \frac{1}{1 + RC\omega}$

$\omega_c = \frac{1}{RC} = \omega$

$C = \frac{1}{R\omega} \approx \frac{1}{500 \times 2 \cdot 10^6} \approx 10^{-9} \text{ F}$   
 $C = 1 \text{ nF}$

Q8) on a

$$\frac{V}{R_1} \left( \frac{1}{R_1} + Y_{C1} + Y_{C2} \right) = Y_{C1} e - Y_{C2} e + \frac{U_2}{R_2}$$

$V_t = 0$

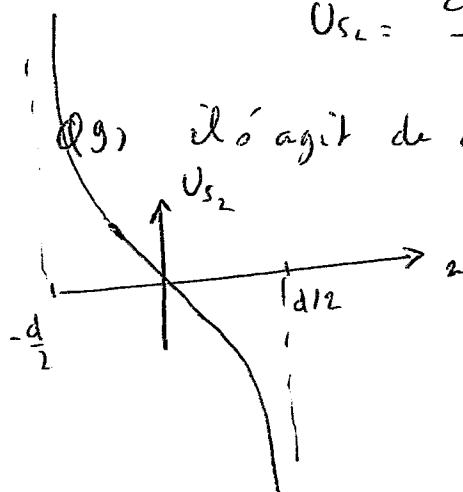
$$\Rightarrow U_2 = e (Y_{C2} - Y_{C1}) R_2 \Rightarrow U_2 = (C_1 - C_2) R_2 \omega E \sin \omega t$$

d'où  $U_{S2}$  en sortie du multiplieur  $U_{S2}' = U_2 \times E \sin \omega t \times \frac{1}{15}$

$$\text{d'où } U_{S2}' = \frac{(C_1 - C_2) R_2 \omega E^2}{15} \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \text{ composante filtrée}$$

$$\text{d'où } U_{S2} = (C_1 - C_2) \frac{R_2 \omega E^2}{30} = \epsilon_0 b h \left( \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \frac{R_2 \omega E^2}{30}$$

$$U_{S2} = \frac{d_2 - d_1}{d_1 d_2} \frac{\epsilon_0 b h R_2 \omega E^2}{30} \approx \frac{-2x}{d^2 - \frac{1}{4}x^2} \frac{\epsilon_0 b h R_2 \omega E^2}{30}$$



Q9) il s'agit de détection synchrone (COTP!)

si  $\frac{d}{2} \gg x$ ,  $U_{S2}$  a un pic des effets non linéaires apparaissent.

Q10) le circuit 2 a "la bonne tête" les circuit 1 est moins linéaire que le 2...

Le 2 circuit n'est pas très linéaire, le ② est plus variable que le ① et paraît + adapté.

Q11) Pente  $\frac{\Delta U}{\Delta x} \approx \frac{0,5}{0,6 \cdot 10^{-3} \times \frac{1}{8}} \approx 2 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} = 2 \text{ V} \cdot \text{mm}^{-1}$

ou  $\frac{\Delta U}{\Delta x} \approx \frac{dU}{dx} = \frac{E^2}{15d} \Rightarrow E^2 \approx 15d \times \frac{dU}{dx} \approx 15 \times 6 \cdot 10^{-4} \times 8 \cdot 10^4 \approx 180$

d'où  $E \approx 13,5 \text{ V}$

pour  $x = \pm 0,2 \text{ mm}$ , il y a variabilité / linéaire... je ne suis pas "très convaincu" mais bon admettons qu'on reste linéaire...

$G = \left. \frac{dU}{dx} \right|_2 = \frac{\Delta U}{\Delta x} \approx \frac{2 \times 1,7}{0,4} \approx 8 \text{ V} \cdot \text{mm}^{-1}$

théoriquement  $G \approx \frac{8}{30} \frac{1}{d^2} \epsilon_0 b h R_2 \omega E^2 \approx \frac{8}{30} \cdot \frac{1}{36 \cdot 10^{-12}} \times 500 \cdot 10^3 \times 2 \cdot 10^4 \times 180$

soit  $G \approx 2 \times 3 \times 5 \times 8 \times 9 \times 2 \approx 8500 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} = 8,5 \text{ V} \cdot \text{mm}^{-1}$

Q12) le réseau cristallin agit comme un réseau de masas...

(3)

Q13)  $y + \frac{3z}{2} + x = 4$

Q15)  $\frac{x \times (M_3 + M_1)}{M} = 0,152$   $\frac{y \times (M_4 + M_1)}{M} = 0,142$   $\frac{\frac{3}{2} \times (3M_1 + 2M_2)}{M} = 0,706$

ou  $M = x M_3 + y M_4 + \frac{3}{2} M_2 + 4 M_1$

$3 \times 157,8 - 1,412 M = 0$

on a 
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1,5 & 0 \\ 71,8 & 0 & 0 & -0,132 \\ 0 & 81,4 & 0 & -0,142 \\ 0 & 0 & 157,8 & -1,412 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

d'où  $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ M \end{pmatrix} = A^{-1} \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,48 \\ y = 0,4 \\ z = 2,08 \\ M = 232,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{cases}$

Q16)  $\rho = \frac{8 \times M}{a^3} \approx \frac{8 \times 232 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-23} \cdot 8,248^3 \cdot 10^{-30}} = \frac{58 \times 4 \times 8}{8,248^3 \cdot 6} \cdot 10^4$   
 $\approx 0,1 \times 5,3 \times 10^4$   
 $\approx 5300 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

or  $m = \rho \times b \times h \times L$   
 $= \rho \times 9 \times 4 \times 12 \cdot 10^{-9} \approx 48^2 \cdot 10^{-6} \approx 2,3 \text{ g}$

Q17) dans 1 cube de CFC il y a 8 sites T (centre des  $\frac{1}{8}$  de cube)  
 4 sites O (1 au centre +  $12 \times \text{carré} \times \frac{1}{4}$ )  
 donc on 64 T de une maille...  
 32 O

Q18) O antenne coordina de 6 chaque + proche voisins "intérieurs" de 4 maille  
 T " " " de 4  $\hookrightarrow 8 \times 6 \times \frac{1}{4} = 3$  pour le site O  
 charge de  $2^-$   $\hookrightarrow \text{Fe}^{3+}$  de O  
 chaque + proche voisin intérieurs de 4 maille  
 $\hookrightarrow 2 \times 4 \times \frac{1}{4} = 2 \rightarrow \text{Mn}^{2+}$  ou  $\text{Zn}^{2+}$  de T.

Les sites O sont + grand que les T  
 donc si c'est le "taille qui compte" on a  $\text{O} \hookrightarrow \text{Mn}^{2+}$   $\text{Zn}^{2+}$   
 T  $\hookrightarrow \text{Fe}^{3+}$

Q19) Pertes par courants de Foucault

Pertes par hystérésis   $H_c$  or  $B_c$  "gd" = une gde  
 MAIS  $B_c$  gd = gde aimantation hystérésis.

Q20) on voit bien que sans I,  $x=0$  est instable car  $F > 0$  pour  $x > 0 \dots$  (4)  
 $F < 0$  pour  $x < 0 \rightarrow \text{eq.}$

Pour  $x=0$ , avec I,  $F > 0$  c'est conforme à ce qu'on a prénv...

Q21)  $k_1 \approx \frac{\Delta F}{\Delta x} \approx \frac{0,08}{2 \cdot 10^{-4}} \approx 4 \cdot 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

$k_2 = \frac{\Delta F}{\Delta I} \Big|_{x=0} = \frac{0,04}{1} \approx 0,04 \text{ N} \cdot \text{A}^{-1}$

Q22) Rapide, "stable", indépendance des "maillages" et/ou de la discrétisation

Q23) si on ↓ la taille du maillage le nb de variables ↑ et le temps de calcul ↑ mais on est de + en + précis

Q24)  $13440 \times 4 \times 8 \approx 32 \times 13 = 400 \text{ KO}$  c'est peu...

$13 \times 1024 \xrightarrow{4 \text{ maillages}} 64 \text{ bits} = 8 \text{ octets.}$

Q25)  $\vec{M} = \frac{A m^2}{r^3} = A m^{-1}$  Par analogie  $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{(\vec{m} \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r - \vec{m}}{r^3}$

$U_p = - \vec{m} \cdot \vec{B}_{\text{ext}} \quad \vec{F}_{\text{ext}} = - \text{grad}(\vec{m} \cdot \vec{B}_{\text{ext}})$   
 $\vec{C}_{\text{ext}} = \vec{m} \wedge \vec{B}_{\text{ext}} \dots$

Le calcul est valable à gd distance ie pour  $x \gg R$ .

Q26)  $U_{12} = - \vec{m}_1 \cdot \vec{B}_2 = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} \left( \vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2 - 3(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)(\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) \right)$

Q27)  $\text{grad}(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) = \text{grad} \left( \underbrace{\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r}_{a} \times \underbrace{\frac{1}{r}}_b \right) = \underbrace{\text{grad}(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)}_{\vec{m}_1} \times \frac{1}{r} - \frac{1}{r^2} \vec{e}_r (\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) + \frac{1}{r} \vec{e}_r (\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)$

d'oà  $\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = - \text{grad} U_{21}$

$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3\vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2}{r^4} \vec{e}_r - \frac{3\mu_0}{4\pi r^4} 3(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)(\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r$

$+ \frac{3\mu_0}{4\pi r^3} \left( \text{grad}(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) (\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) + \text{grad}(\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) (\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) \right)$

soit finalement...

$\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = \frac{3\mu_0}{4\pi r^4} \left( (\vec{m}_1 \cdot \vec{m}_2) \vec{e}_r - 3(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)(\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r + \vec{m}_1 (\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) + \vec{m}_2 (\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) - 2\vec{e}_r (\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r)(\vec{m}_2 \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r \right)$

Q28)  $\vec{F}_{1 \rightarrow \vec{dl}} = I(\vec{dl} \wedge \vec{B}_1)$

et donc  $\vec{F}_{\vec{dl} \rightarrow 1} = -I \vec{dl} \wedge \vec{B}_1 = - \frac{\mu_0}{4\pi r^3} I \vec{dl} \wedge (3(\vec{m}_1 \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r - \vec{m}_1)$



d'où 
$$a_1 = \frac{T_2 - G \frac{k_2 k_c}{k_1} T_1}{1 - G \frac{k_2 k_c}{k_1}}$$

$$a_2 = \frac{-T^2}{1 - G \frac{k_2 k_c}{k_1}}$$

$$a_3 = \frac{T^2 T_2}{1 - G \frac{k_2 k_c}{k_1}}$$

Q35) les pôles sont 
$$p_1 = \omega_c e^{j\frac{4}{6}\pi} = \omega_c \left( \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$
  

$$p_2 = \omega_c e^{j\pi} = -\omega_c$$
  

$$p_3 = \omega_c e^{j\frac{8}{6}\pi} = \omega_c \left( -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

Ils sont tous à partie réelle  $< 0 \Rightarrow$  stable

$$D(p) = (p + \omega_c) \left( \left( p + \frac{\omega_c}{2} \right)^2 + \frac{3\omega_c^2}{4} \right) = (p + \omega_c) (p^2 + \omega_c p + \frac{7}{4}\omega_c^2)$$

Q36) Toutes les valeurs données sont celles calculées avant  $\rightarrow$  Vous Pl!

on lit  $\phi(GdB=0) = -148^\circ = -180^\circ + 32^\circ$

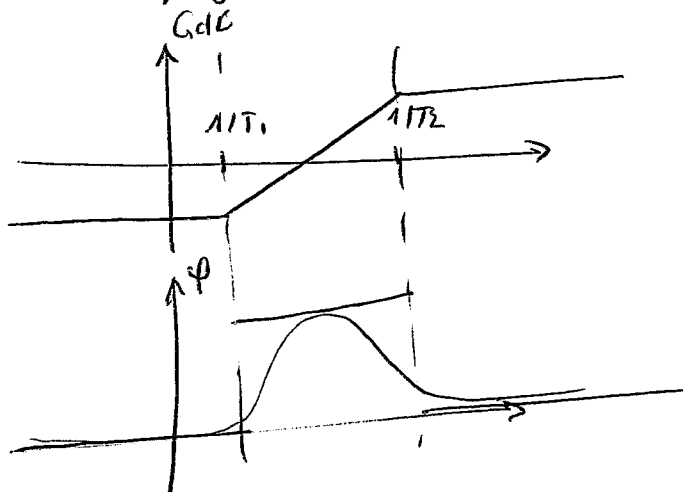
et  $t_{5\%} = t(d=1,65 \times 1 \pm 0,05) ? \approx 7ms < 10ms$

le temps de réponse est bon mais la marge en phase paraît trop faible...

$$\underline{BF} \quad \underline{H} \sim k_c \rightarrow GdB = 20 \log k_c$$
  

$$\rightarrow d=0$$

Q37



pour  $\frac{1}{T_1} < \omega < \frac{1}{T_2} \quad \underline{H} \sim \frac{k_c T_1 p}{1}$   

$$\hookrightarrow GdB = +20 dB/dec$$

$$\phi = \pi/2$$

pour  $\underline{HF} \quad \underline{H} \sim \frac{k_c T_1}{T_2}$

$$GdB = 20 \log \frac{k_c T_1}{T_2}$$

$$\phi = 0$$

$$G_H \approx -\frac{k_2}{k_1} \frac{1}{1-p^2 T^2} \quad \text{donc} \quad \frac{BF}{H} \approx -\frac{k_2}{k_1} \approx \text{cte} \rightarrow \text{dB} \rightarrow G_{dB} = 20 \log \left( \frac{k_1}{k_2} \right) \quad (7)$$

$$\frac{BF}{H} \approx +\frac{k_2}{k_1} \frac{1}{p^2 T^2}$$

on choisit  $k_c, T_1, T_2 \dots$

Q39)  $t_{5\%} \approx 3 \text{ ms}$  ça marche!

Q40)

$$Q41) \quad \vec{j} = \sigma \vec{E} \quad R_b = \frac{1}{\sigma} \times \frac{l}{S} = \frac{1}{\sigma} \times \frac{60 \times 10^9}{\pi R_1^2} \approx \frac{60}{6 \cdot 10^8} \cdot \frac{4 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-8}}$$

$$| R_b \approx 12 \Omega$$

$$Q42) \quad \frac{\Delta R_b}{R_b} \approx \frac{\Delta D}{D} + 2 \frac{\Delta R}{R} \approx 1\%$$

$$Q43) \quad \vec{B} = \mu_0 n \vec{I} = \mu_0 \frac{N}{l} \vec{I}$$

$$\Rightarrow L_B = \frac{\mu_0 N^2 \pi D^2}{4 e} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 60 \cdot 81 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 2 \times 10^{-4} \cdot 1,05}$$

$$\text{or } \Phi_{\text{max}} = B \times \frac{\pi D^2}{4} \times N = \mu_0 \frac{N^2 \pi D^2}{4 e} I = L_B I \quad L_B \approx \frac{2,7 \pi^2}{1,05} \cdot 10^{-7}$$

$$| L_B \approx 2,5 \mu H$$

$$Q44) \quad T_B \approx \frac{L_B}{R_B} \approx 2 \mu s$$

Q45)