

CCP PSI Physique 2 session 2002

Première partie :

$$1.1.1 \quad \text{rot}\left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}\right) = \vec{j}_{\text{lib}} = \text{rot}(\vec{H}) \quad \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{lib}} \quad \text{rot}(\vec{B}) = \mu_0 \left(\vec{j}_{\text{lib}} + \text{rot}(\vec{M}) \right)$$

$$1.1.2 \quad \text{rot}\left(\frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}\right) = \vec{j}_{\text{lib}} = \text{rot}(\vec{H}) \quad , \text{ et } \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{lib}} , \text{ th. d'Ampère.}$$

1.2.1 Pour un tore, on peut réaliser un enroulement pour lequel H est invariant par rotation autour de son axe. $l^2 \gg S$ donnera H quasi-uniforme dans le tore.

$$1.2.2 \quad \frac{v_y}{u_2} = \frac{1}{1 + jRC\omega} \quad . \text{ L'intégration est bonne si } RC\omega \gg 1 \text{ soit si on veut un facteur } 100 : C = 4,7 \mu\text{F} \text{ très bon et } 1 \mu\text{F} \text{ acceptable.}$$

$$1.2.3 \quad Hl = n_1 \cdot i_1 = n_1 \frac{v_x}{R_o} \Rightarrow H = \frac{n_1 v_x}{R_o l}$$

La valeur importante de R impose un courant i_2 faible et $u_2 \approx \frac{d\Phi_2}{dt} = n_2 S \frac{dB}{dt}$. L'intégrateur donne

$$u_2 = RC \frac{dv_y}{dt} = n_2 S \frac{dB}{dt} \Rightarrow B = \frac{RC}{n_2 S} v_y + K$$

où K est une constante. A un facteur d'échelle près, la courbe $v_y(v_x)$ est le cycle d'hystérésis du matériau.

$$1.2.4 \quad H = 100 \cdot v_x \text{ et } B = 0,2 \cdot v_y \text{ en S.I.}$$

$$1.2.5 \quad B_r = 0,22,6 = 0,52T \quad , \quad H_c = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ Am}^{-1} \quad \text{et} \quad M_r = \frac{B_r}{\mu_0} = 4,1 \cdot 10^5 \text{ Am}^{-1}$$

$$1.3.1 \quad P_h = u_1 \cdot i_1 = n_1 S \frac{dB}{dt} \frac{Hl}{n_1} = Sl \cdot H \frac{dB}{dt} \Rightarrow \text{par cycle} \quad W = Sl \oint \vec{H} \cdot d\vec{B} = A \cdot Sl \Rightarrow P_h = f \cdot ASl$$

1.3.2 Un carreau correspond à $100 \cdot 0,2 = 20 \text{ T} \cdot \text{A/m}$ soit $P = 6 \text{ W}$.

1.4 P faible implique aire faible d'où H_c faible.

Deuxième partie

2.1 Le plan $(\vec{u}_r, \vec{u}_z)$ est plan d'antisymétrie des causes de l'induction.

$$2.2 \quad \text{rot}(\vec{E}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Rightarrow E(r) \cdot 2\pi r = B_o \cdot \pi r^2 \omega \cdot \sin(\omega t) \Rightarrow \vec{E} = \frac{B_o \cdot \pi r \omega \cdot \sin(\omega t)}{2} \vec{u}_\theta$$

$$2.3.1 \quad p(t) = \iiint \gamma E^2 \cdot d\tau \Rightarrow P_j = \gamma \frac{\pi}{4} S_o^2 B_o^2 L f^2$$

$$2.3.2 \quad \text{A.N. } P_j = 78,5 \text{ W}$$

$$2.4.1 \quad \frac{\epsilon_o \frac{\partial E}{\partial t}}{j} \sim \frac{\epsilon_o \omega}{\gamma} = \frac{\omega^2}{c^2} \delta^2 \approx \frac{\delta^2}{\lambda^2} \text{ valable à la fréquence très faible concernée.}$$

2.4.2 La distribution de courant est une superposition de nappes surfacique. On l'assimile à une superposition de solénoïdes infinis. Le domaine compris entre les distances r et r+dr de l'axe est parcouru par un courant par unité de longueur j(r).dr.

En un point de matériau, B est créé par les solénoïdes *extérieurs* et

$$B(r) = \int_r^R \mu_0 j(r') \cdot dr' = \mu_0 \gamma \frac{B_0}{4} \omega \sin(\omega t) (R^2 - r^2) \quad , \text{ max en } r=0.$$

$$\mu_0 \gamma \frac{B_0}{4} \omega R^2 \ll B_0 \Rightarrow R^2 \ll \frac{4}{\mu_0 \gamma \omega} \Rightarrow R \ll \delta$$

2.4.3 L'approximation est bonne si

2.4.4 $\delta = 5.10^{-2} \text{ m}$. L'approximation faite n'est pas satisfaisante $\otimes$ (?)

2.5.1 $P_j = K.S_0^2 \Rightarrow P'_j = n \frac{P_j}{n^2} = \frac{P_j}{n}$

2.5.2 C'est dans ce but que l'on utilise des matériaux feuilletés.

2.6 En charge, $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = n_1 \cdot i_1 + n_2 \cdot i_2$ et à vide $\oint \vec{H}_v \cdot d\vec{l} = n_1 \cdot i_{1v}$. La résistance des enroulements étant faible, ainsi que les fuites, le champ B est pratiquement le même dans le matériau, à vide comme en charge. H est donc aussi le même. Le cycle d'hystérésis est donc semblable, et donc les pertes par hystérésis sont identiques. B étant le même, le champ électromoteur est le même et les pertes par courants de Foucault sont identiques. A vide, la faiblesse du courant donne des pertes Joule négligeables devant les pertes fer : elles sont donc correctement mesurées à vide par la puissance consommée.

Troisième partie :

3.1 $E_p = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 \cdot i_2$. En notant B_1 (resp. B_2) le champ créé par le circuit 1 seul (resp. 2) :

$$E_{p1} = \frac{1}{2} L_1 i_1 = \frac{1}{2\mu_0} \iiint B_1^2 \cdot d\tau \quad , \text{ de même pour 2. L'énergie potentielle de la distribution de courant s'écrit}$$

$$E_p = \frac{1}{2\mu_0} \iiint (B_1 + B_2)^2 \cdot d\tau = E_{p1} + E_{p2} + \frac{1}{\mu_0} \iiint B_1 \cdot B_2 \cdot d\tau \quad \text{soit} \quad M = \frac{1}{\mu_0} \iiint \frac{B_1 \cdot B_2}{i_1 \cdot i_2} \cdot d\tau$$

Le terme $A = \frac{1}{\mu_0} \iiint \left(\frac{B_1}{i_1} + a \cdot \frac{B_2}{i_2} \right)^2 \cdot d\tau$ (où a est un réel quelconque) est positif (somme de termes tous positifs). En

développant : $A = \frac{1}{\mu_0} \iiint \left(\frac{B_1}{i_1} \right)^2 \cdot d\tau + \frac{a^2}{\mu_0} \iiint \left(\frac{B_2}{i_2} \right)^2 \cdot d\tau + \frac{2a}{\mu_0} \iiint \frac{B_1 \cdot B_2}{i_1 \cdot i_2} \cdot d\tau$ soit $L_1 + a^2 L_2 + 2a \cdot M \geq 0$. Cette

condition n'est vérifiée que si l'annulation se produit au plus une fois soit $\Delta = 4(M^2 - L_1 L_2) \leq 0 \Rightarrow M^2 < L_1 L_2$.

3.2.1 Le spectre présente deux raies

3.2.2 Si M augmente , les deux raies s'écartent.

3.2.3 Le spectre ne présente qu'une raie si l'on a excité un mode propre avec des conditions initiales particulières.

3.2.4.1 $v_1 - e + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} = 0$ et $v_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} = 0$.

3.2.4.2 En posant $u = v_1 + v_2$ et $v = v_1 - v_2$ il vient avec $e=0$: $u + (L + M) \cdot C \frac{d^2 u}{dt^2} = 0$ et $v + (L - M) \cdot C \frac{d^2 v}{dt^2} = 0$ soit

$$v_1 = a \cdot \cos(\Omega_1 t) + b \cdot \sin(\Omega_1 t) + c \cdot \cos(\Omega_2 t) + d \cdot \sin(\Omega_2 t) \quad \text{et}$$

$$v_2 = a \cdot \cos(\Omega_1 t) + b \cdot \sin(\Omega_1 t) - c \cdot \cos(\Omega_2 t) - d \cdot \sin(\Omega_2 t) \quad \text{avec} \quad \Omega_1 = \sqrt{\frac{1}{C(L+M)}}, \Omega_2 = \sqrt{\frac{1}{C(L-M)}} .$$

3.2.5.1 Les conditions initiales donnent : $v_o = a + c$, $0 = a - c$ soit $a = c = \frac{v_o}{2}$ et

$b.\Omega_1 + d.\Omega_2 = 0$, $b.\Omega_1 - d.\Omega_2 = 0$ soit $b=d=0$. Ainsi

$$v_1 = \frac{v_o}{2}(\cos(\Omega_1 t) + \cos(\Omega_2 t)), v_2 = \frac{v_o}{2}(\cos(\Omega_1 t) - \cos(\Omega_2 t))$$

3.2.5.2.a $M \ll L$. Les pulsations se simplifient selon $\Omega_1 \approx \Omega_o \cdot \left(1 - \frac{M}{2L}\right)$ et $\Omega_2 \approx \Omega_o \cdot \left(1 + \frac{M}{2L}\right)$ avec $\Omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}}$.

Ainsi
$$v_1(t) = v_o \cdot \cos\left(\frac{M}{2L}\Omega_o t\right) \cdot \cos(\Omega_o t) \quad \text{et} \quad v_2(t) = v_o \cdot \cos\left(\frac{M}{2L}\Omega_o t\right) \cdot \sin(\Omega_o t)$$

3.2.5.2.b On observerait en plus un amortissement au cours du temps.

3.3 En régime permanent, les tensions cherchées sont sinusoïdales de même pulsation. En notation complexe, on aura

$$\underline{v}_1(t) = \underline{V}_1 \cdot \exp(j\omega t), \underline{v}_2(t) = \underline{V}_2 \cdot \exp(j\omega t) \quad \text{En reportant : } \underline{V}_1 \cdot (1 - LC\omega^2) - \underline{V}_2 \cdot MC\omega^2 = E \quad \text{et}$$

$$-\underline{V}_1 \cdot MC\omega^2 + \underline{V}_2 \cdot (1 - LC\omega^2) = 0$$

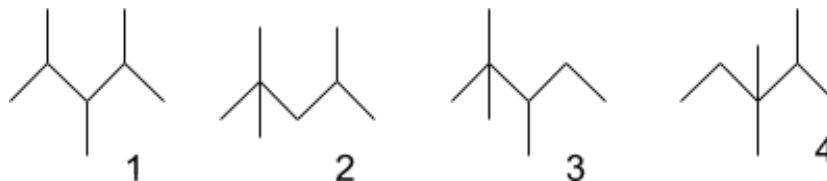
soit
$$\underline{V}_1 = E \frac{1 - LC\omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 - (MC\omega^2)^2} \quad \text{et} \quad \underline{V}_2 = E \frac{MC\omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 - (MC\omega^2)^2}$$

Chimie :

Q1 Octane C_8H_{18}

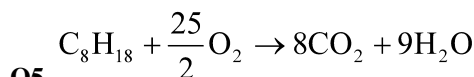
Q2 2,2,4-triméthylpentane.

Q3 Il y a quatre isomères satisfaisant aux conditions données :



Le 3 a un carbone asymétrique.

Q4 Source + filtre + polariseur + polarimètre de Laurent, ou **Q4** Source + filtre + 2 polariseurs.

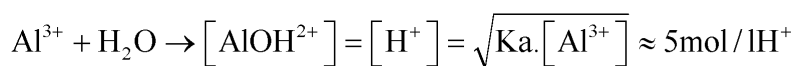
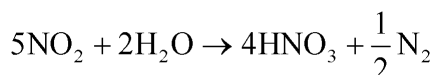


Q5

Q6 1% de 1l d'octane contient N moles d'octane, et donne 8N moles de carbone. La masse d'un litre est de 692g, soit avec une masse molaire de 114g/mol, $N=0,0607$ mol et $m(\text{suie})=8N.M(C)$ donne $m(\text{suie})=5,83$ g/l consommé.

Q7 L'azote est porteur d'un électron célibataire, ce qui lui confère ses propriétés paramagnétiques.

$$K = 6,25 \cdot 10^{-6} \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} \cdot P_{O_2}} \Delta_r S^\circ = 24,76 \text{ J/K/mol} \frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2} > 0$$

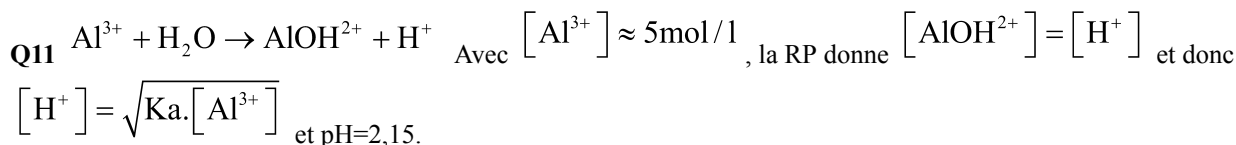
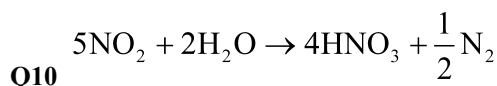


$$K = \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} \cdot P_{O_2}}$$

Q8

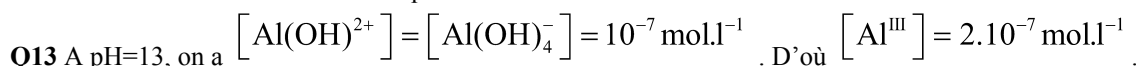
$\Delta_r H^\circ = 180,58 \cdot 10^3 \text{ J/mol}$ et $\Delta_r S^\circ = 24,76 \text{ J/K/mol}$. La constante d'équilibre pour 0,1% est $K = 6,25 \cdot 10^{-6}$, ce qui donne $T=1452\text{K}$.

Q9 L'équilibre est indépendant de la pression puisque le nombre de moles de gaz est identique pour les réactifs et produits. C'est un problème de cinétique qui intervient.



Q12 $\text{Log}(5)=0,7$. On lit sur le graphe un pH de début de précipitation de 3 environ.

La précipitation est totale (?) lorsque les concentrations en espèces dissoutes sont minimales, c'est à dire à $\text{pH}=6$.
La fin de dissolution est obtenue lorsque



Q14 On utilise x moles de Al_2O_3 , y moles de $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, et 2 moles de $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{11}$ pour 3 moles de cordiérite. En moles, on a pour l'aluminium, $12=2(x+y)$, pour le silicium $15=8+2y$ soit $y=3,5$ et $x=2,5$. On vérifie la cohérence pour

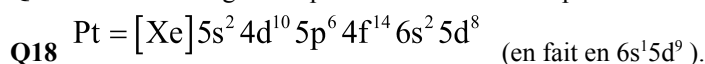
l'oxygène. Les pourcentages molaires sont 31% Al_2O_3 , 44% $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, 25% $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{11}$.

Q15 Maille cubique centrée : coordinence 8. Compacité non maximale car coordinence max. 12.

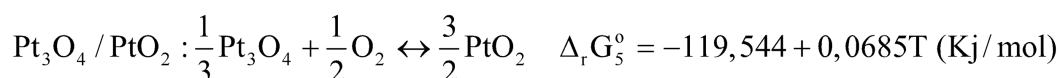
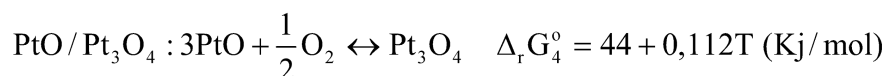
Q16 Pour 1Kg d'alliage, la masse de fer est 748g, soit 13,39mol. De même, pour le chrome, 200g soit 3,85mol et pour

l'aluminium 52g soit 1,93mol. La formule 'brute' est donc $\text{Fe}_7\text{Cr}_2\text{Al}$. Il y a deux atomes par maille, ce qui donne une masse volumique de $7,4\text{g.cm}^{-3}$.

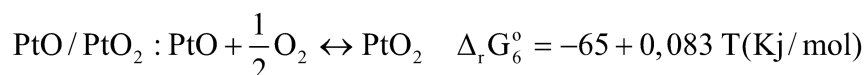
Q17 A : fer C alliage avec passivation B impossible



Q19 On établit le diagramme d'Ellingham pour $\frac{1}{2}$ mole d'oxygène :



Le tracé montre que Pt_3O_4 n'est pas stable. Il faut donc étudier Pt/PtO et PtO/PtO_2 .



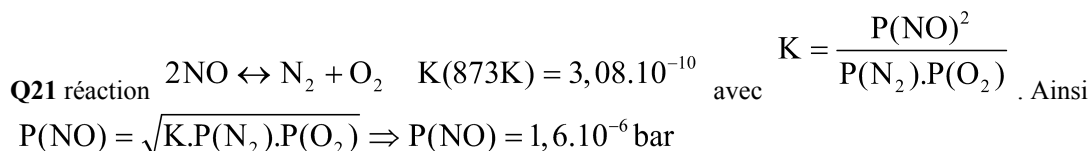
. Allure ci-dessus.

On superpose au graphique $RT/2 \cdot \ln(P(\text{O}_2))=0$, et on obtient la stabilité de PtO entre les points A et B du graphique, soit entre les températures 783K et 850K

A température ordinaire, c'est PtO_2 qui est stable.

Aucun oxyde de platine n'est stable au delà de B, soit si $T > 850\text{K}$, ce qui indique qu'il est inefficace au démarrage.

Q20 faux : 1 4 6 vrai 2 3 5



Fin du problème.

