I. Actionneur électromécanique

I.1. rem : le champ magnétique est créé par les fils électriques.

Q1 : par ex : $\vec{rot}\,\vec{B} = \mu_0 \vec{j} \Rightarrow [\mu_0] = T.m^{-1}\,(A.m^{-2})^{-1} = T.A^{-1}.m \;(= H.m^{-1})$

$[\mu_r] = \emptyset$ pour ce fer $10^4 < \mu_r < 10^5$

Q2. Il y a invariance par translat° selon Oz du circuit : $\vec{H}$ et $\vec{B}$ st indep. de z

$\vec{B} = \vec{B}(x,y)$ et $\vec{H} = \vec{H}(x,y)$ (Au vu de la fig 2, on adopte les coord. cartésiennes)

Q3. $\vec{rot}\,\vec{H} = \vec{j}_{libre} \rightarrow \oint \vec{H}.\vec{dl} = I_{fil,e} \Rightarrow 2e\,H_{air} + l_{fer}\,H_{fer} = I$

Q4. $\vec{B}$ est à flux conservatif $\iint_S \vec{B}.\vec{dS} = 0$ car $\mathrm{div}\,\vec{B} = 0$

les sections du tube de champ étant égales on a bien : $B_{fer} = B_{air} = B$

Q5. On a : $B = \mu_0 H_{air}$ et $B_{fer} = \mu_0 \mu_r H_{fer}$ (rem : on suppose donc le fer non saturé)

Avec Q3,4,5 $\Rightarrow$ $\dfrac{2e\,B}{\mu_0} + \dfrac{l_{fer}\,B}{\mu_0 \mu_r} = I$

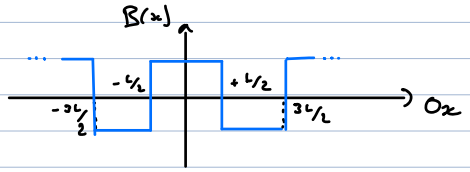
$$B = \frac{\mu_0 I}{2e + l_{fer}/\mu_r} \simeq \frac{\mu_0 I}{2e} \quad \text{si } e \downarrow,\ B \uparrow$$

Q6. $\vec{B} = B(x)\,\vec{e_y}$ le résultat précédent vaut pour 1 fil et si $-L/2 < x < L/2$

↳ le fil d'à côté va créer un champ opposé car I est aussi de sens opposé

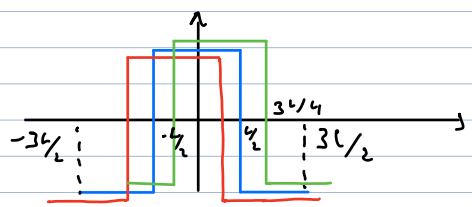
↳ On peut aussi dire que le plan $x=0$ est 1 π^- de I donc 1 π^+ de $\vec{B}$

$\Rightarrow$ $B(x)$ est paire

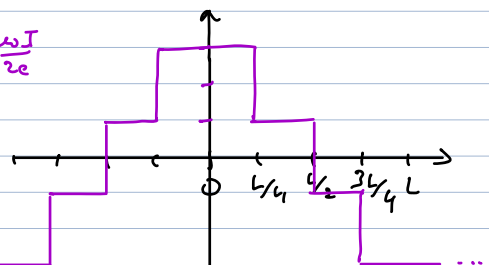


Q7. On utilise la courbe précédente mais décalée ou translatée de $\pm L/4$ pour 4 fils

(Comme dans le cours sur le moteur synchrone avec le décalage angulaire des spires du rotor)



unité : $\frac{\mu_0 I}{2e}$



(les courbes sont légèrement décollées)

$B(x)$ paire et $2L$ périodique

Q8. $B(x) = KI\cos\left(\frac{\pi x}{L}\right)$ pour 1 multi-pole (rem: on retrouve $B(x)$ paire et $2L$ périodique)

$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = K\left(\cos(\omega_s t)\cos\left(\frac{\pi x}{L}\right) + \sin(\omega_s t)\cos\left(\frac{\pi(x - L/2)}{L}\right)\right) I_s$

$\cos\left(\frac{\pi x}{L} - \pi/2\right) = \sin(\pi x/L)$

et $\cos a\cos b + \sin a \sin b = \cos(a-b)$

donc $\vec{B} = K I_s \cos\left(\omega_s t - \frac{\pi x}{L}\right)\vec{e_y}$ OPPH de vitesse $v_\varphi = \frac{\omega_s L}{\pi}$ selon les x φ

$\cos\left(\omega_s t - \frac{\pi x}{L}\right) = \cos\left(\omega_s\left(t - \frac{x}{L\omega_s/\pi}\right)\right)$ v_φ

ou

$\varphi = \omega_s t - \frac{\pi x}{L} \rightarrow v_\varphi = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi\omega_s}{L}$

Q9 Il faut : $\cos\left(\omega t - \frac{\pi x}{L}\right) \rightarrow \cos\left(\omega t + \frac{\pi x}{L}\right)$

donc un $\cos(a+b)$ donc $\cos a\cos b - \sin a.\sin b$, il faut donc inverser le courant $i_2(t) = -I_s\sin(\omega_s t)$

AN : $L = \frac{\pi v_\varphi}{\omega_s} = \frac{\pi v_\varphi}{2\pi f_s} = 0{,}7$ m

Q10. $F = \vec{\Pi}.\frac{\partial\vec{B}}{\partial x}\Big|_{\text{centre}} = 2Lb\,I.\,B_0 k\sin(\omega_s t - kx)$ avec $x(t) = x_0 + vt$

$x(t)$

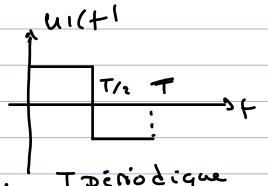
$F = 2Lb\,I\,k\,B_0\sin((\omega_s - kv)t - kx_0)$

Q11. Cette force a une valeur moyenne nulle sauf si $\omega_s = kv$ (condition de synchronisme)

$|Fx|$ max si $|\sin(-kx_0)| = +1 \Rightarrow kx_0 = (2n+1)\pi/2$

Partie II. Filtrage

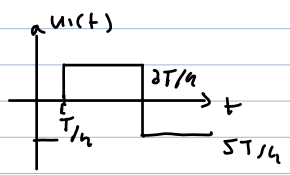
Q12. (cf cours pour les schémas) $0 < t < T/2$ $u_1(t) = U_0$; $T/2 < t < T$ $u_1(t) = -U_0$



Q13. Il faut un déphasage de $|\pi/2|$ donc un décalage temporel de $|T/4|$

$x > 0$ $i_1(t) = I_s\cos(\omega t)$ et $i_2(t) = I_s\sin(\omega t) = I_s\cos(\omega t - \pi/2) = I_s\cos(\omega(t - T/4))$

i_2 en retard de $T/4$ $\Rightarrow$



	K_{2a}	K_{2b}	K_{2c}	K_{2d}
$0 < t < T/4$	0	F	F	0
$\Rightarrow$ $T/4 < t < 3T/4$	F	0	0	F
$3T/4 < t < T$	0	F	F	0

$x<0$ de même $u_1(t)$ doit être en avance de $T/4$

	K_{2a}	K_{2b}	K_{2c}	K_{2d}
$0<t<T/4$	F	O	O	F
$T/4<t<3T/4$	O	F	F	O
$3T/4<t<T$	F	O	O	F

Q14. Avec cette expression de $\vec{B}$, $\frac{\partial \vec{B}}{\partial x}$ s'écrit

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial x} = Kk\left[I_1 \sin(\omega_s t - kx + \varphi_1) + I_3 \sin(3\omega_s t + kx + \varphi_3) + I_5 \sin(5\omega_s t - kx + \varphi_5)\right]\vec{e}_y$$

si $x = x_0 + V_s t = x_0 + \frac{\omega_s t}{k}$

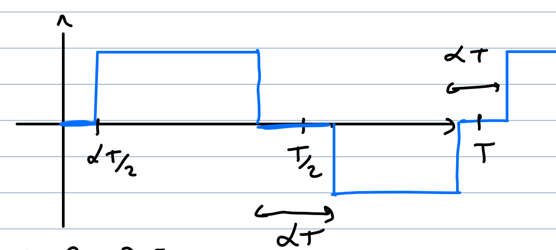
alors $$\vec{n}\cdot\frac{\partial \vec{B}}{\partial x} = \underbrace{Knk\left[I_1 \sin(\varphi_1 - kx_0) + I_3 \sin(4\omega_s t + \varphi_3 + kx_0) + I_5 \sin(4\omega_s t + \varphi_5 - kx_0)\right]}_{F(t)}$$

On retrouve bien sûr un terme constant (comme à Q10) et une 1re vibrat° à $f_1 = 4f_s$

rem: il ne faut surtout pas injecter d'abord la condit° de synchronisme puis dériver...

Q15. $\alpha T/2 < t < T/2 - \alpha T/2$ $\quad u_1(t) = u$

$T/2 + \alpha T/2 < t < T - \alpha T/2$ $\quad u_1(t) = -u$



On note que ce chronogramme est celui dont la DSF est fournie en annexe.

Pour éliminer l'harmonique de rang 3 (dont l'amplitude est la + élevée)

il faut : $\left.\frac{\cos((2k+1)\alpha\pi)}{2k+1}\right|_{k=1} = \frac{\cos 3\alpha\pi}{3} = 0 \Rightarrow 3\alpha\pi = \pi/2 \Rightarrow \alpha = 1/6$

rem: avec cette valeur il subsiste l'harmonique de rang 5.

Q16. I : (ℓ), II : (ℓ) + Bi(s), III (ℓ) + Sn(s), IV Bi(s) + Sn(s)

Q17 : E pour eutectique ; En ce point $w_{Sn} = 0.42 = \frac{m_{Sn}}{m}$ On veut x_{Sn} et x_{Bi}

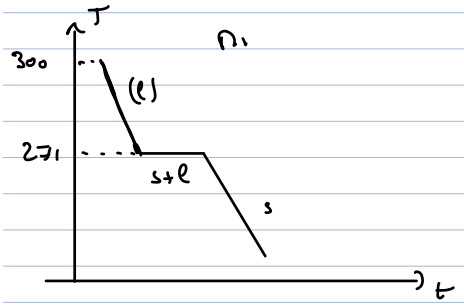
Or $x_{Sn} \hat{=} \frac{n_{Sn}}{n_{Sn}+n_{Bi}} = \frac{m_{Sn}\Pi_{Sn}}{m_{Sn}\Pi_{Sn} + m_{Bi}\Pi_{Bi}} = \frac{m_{Sn}\Pi_{Sn}}{m_{Sn}\Pi_{Sn} + (m - m_{Sn})\Pi_{Bi}}$

↪ $m_{Bi} + m_{Sn} = m$

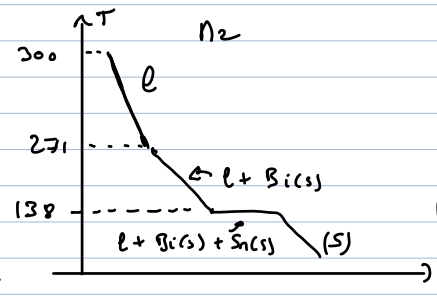
$= \frac{w_{Sn}\cdot\Pi_{Sn}}{w_{Sn}\cdot\Pi_{Sn} + (1 - w_{Sn})\Pi_{Bi}} = \frac{w_{Sn}}{w_{Sn} + (1-w_{Sn})\frac{\Pi_{Bi}}{\Pi_{Sn}}} = 0,56$

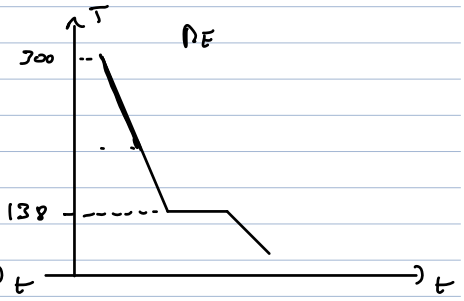
$w_{Bi} = 0.58$

Q18.



refroidissemt isotherme et isobare d'1 corps pur





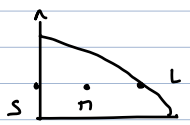
La courbe de refroidissemt du mélange eutectique est analogue à celle d'1 corps pur

Q19. On lit $T_f(Bi) = 271$ et $T_f(Sn) = 232$ (°C)

On constate que $T_f(E) = 138 <$ aux précédents. La soudure est + simple à réaliser.

Q20. $w_{Sn} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} = 0.2$. A 150°C on est dans la zone II. On y lit

$w_{Bi(s)} = 1$, $w_{Sn(s)} = 0$ et $w_{Sn(l)} = 0.36$



Par ailleurs $m^s + m^l = m_{tot}$ et $m^s \cdot n_S = m^l n_L$ (th. des moments)

$$\begin{cases} m^s + m^l = 20 \\ 0.2\, m^s = 0.16\, m^l \Rightarrow m^l = 1.25\, m^s \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m^s = 8.9 \\ m^l = 11.1 \end{cases}$$

Au final : $m^s_{Bi} = 8.9$ g ; $m^l_{Bi} = 7.1$ g ; $m^l_{Sn} = 4$ g ($= 0.36 \times 11,1$ aussi)

Q21 $T_f(E_{Sn-Ag}) = 220°C > T_f(E_{Sn-Bi})$

Ainsi la soudure Sn-Bi ne peut pas | refondre / ressouder | les précédents.