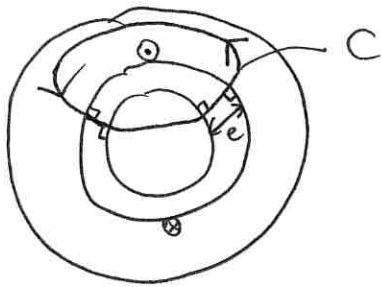


1- Extrait CC-INP 2024

Q26.



Flux d'Ampère avec $\vec{H}$ sur le contour C (fermé et orienté)

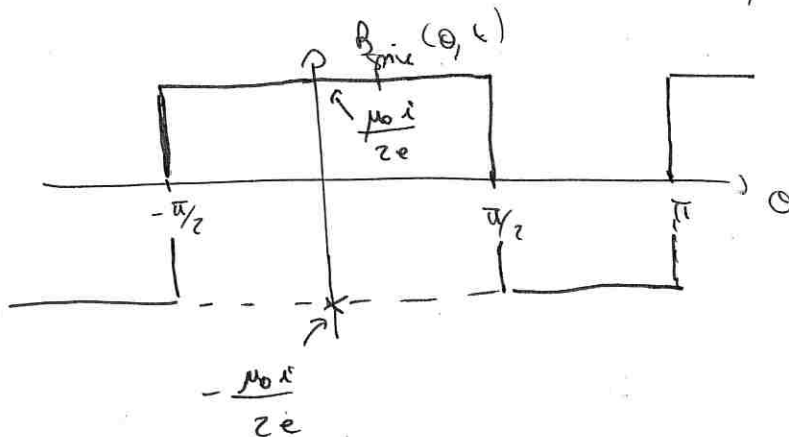
$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = i_{\text{enc}} = i$$

hyp: les ferromagnétiques constituant le rotor et le stator sont supposés parfaits ($\mu_r \rightarrow +\infty$) et de leur domaine de linéarité ($B_{\text{fer}} = \mu_0 \mu_r H_{\text{fer}}$)

B_{fer} ne pouvant diverger, on a donc $\boxed{H_{\text{fer}} \rightarrow 0}$

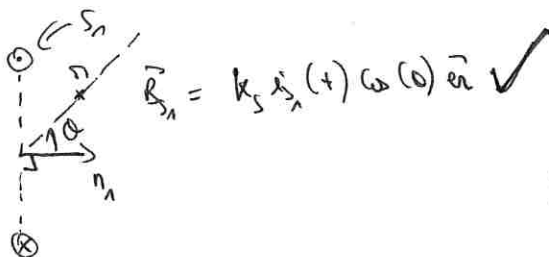
$$\begin{aligned} \oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} &= \cancel{H_{\text{fer, stator}} l_{\text{stator}}} + \cancel{H_{\text{fer, rotor}} l_{\text{rotor}}} + H_e \cdot 2e \\ &= 2e \cdot H_e \rightarrow H_e = \frac{i}{2e} \end{aligned}$$

$$B_e = \mu_0 H_e = \frac{\mu_0 i}{2e}$$

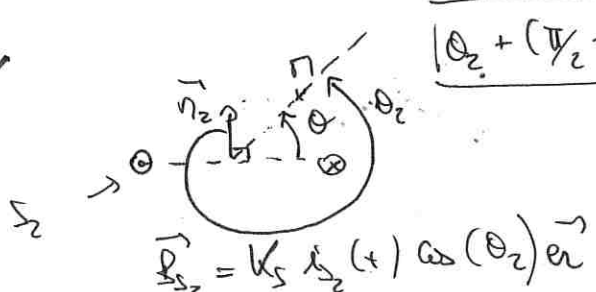


Q27- En cons, on a vu qu'avec 3 spires décalées, on a construit un champ à 4 pôles. En extrapolant, on voit ici qu'il y a 7 pôles donc 6 spires.

Q28-



$$\vec{B}_n = k_S \hat{n}_n(t) \omega(\theta_n) \vec{e}_n \quad \checkmark$$



$$\vec{B}_{S_2} = k_S \hat{n}_2(t) \omega(\theta_2) \vec{e}_n$$

$$\boxed{|\theta_2 + (\pi/2 - \theta) = 2\pi|}$$

on fait l'hypothèse que les courants I_1 sont identiques et à la même distance du centre du repère : K_5 identiques

$$\cos(\theta_2) = \cos\left(\frac{3\pi}{2} + \theta\right) = \sin(\theta)$$

on a donc bien la formule demandée.

Champ total :

$$\vec{B}_5 = \vec{B}_{S1} + \vec{B}_{S2}$$

$$= K_5 I_{\text{max}} \left(\cos(\omega_5 t) \cos(\theta) + \sin(\omega_5 t) \sin(\theta) \right) \vec{e}_r$$

$$= K_5 I_{\text{max}} \left(\cos(\omega_5 t - \theta) \right) \vec{e}_r$$

↓ formules
trigo. de
les données

$$\boxed{\vec{B}_5(\theta, t) = B_{S0} \cos(\omega_5 t - \theta) \vec{e}_r}$$

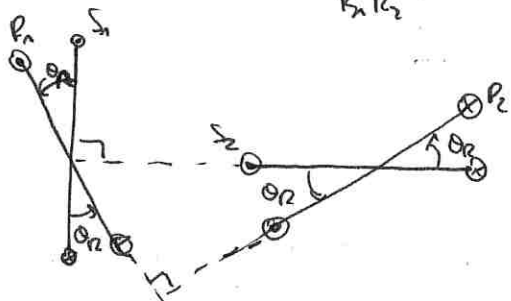
Rq : $\cos(\omega t - kx)$ traduit une onde progressive se déplaçant en translation selon les x croissants.

→ $\cos(\omega t - \theta)$ est formellement analogue à l'onde précédente, mais elle tourne à la vitesse $\omega = \omega_5$.

Q29 - les bobines sont considérées orthogonales, les flux mutuels sont supposés nuls : $\Pi_{12} = 0$

$$\Pi_{R1R2} = 0$$

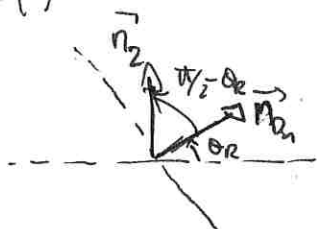
Q30 -



$$\text{si } \Pi_{S1R1} = \Pi_{SR} \cos(\theta_R)$$

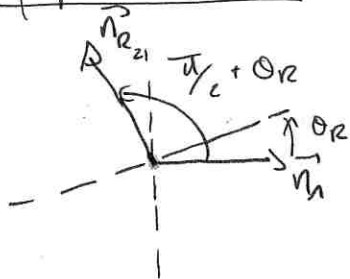
$$\text{alors } \boxed{\Pi_{S2R2} = \Pi_{SR} \cos(\theta_R)}$$

Configuration : S_2, R_1 on représente les normales aux spires



$$\cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta_R\right) = \sin(\theta_R) \checkmark$$

Configuration $S_1 R_2$:



$$\rightarrow \cos\left(\frac{\pi}{2} + \theta_R\right) = -\sin(\theta_R)$$

on en déduit que :

$$\boxed{\Gamma_{S_1 R_2} = -\Gamma_{S_2} \sin(\theta_R)}$$

Q31. Pour qu'un courant apparaisse, et faut qu'une "alimentation virtuelle" le fournisse. Cette adm. doit être la fem induite apparaissant à cause des variations du flux de R_1 .

$$\phi_{R_1} = \underbrace{\phi_{\text{propr. } R_1} + \phi_{S_1 \rightarrow R_1} + \phi_{S_2 \rightarrow R_1}}_{\text{ces 3 grandeurs dépendent à priori de } t \text{ donc, } \phi_{R_1} \text{ aussi}}$$

$$\rightarrow \frac{d\phi_{R_1}}{dt} \neq 0 \rightarrow \text{fem induite} \neq 0$$

$$\rightarrow i_{R_1} \neq 0$$

Q32.

$$\begin{aligned} \phi_{S_1 R_1} &= \Gamma_{S_1 R_1} i_{S_1}(t) \\ &= \Gamma_{S_2} \cos(\theta_R) \cdot I_{\text{source}} \cos(\omega_s t) \end{aligned}$$

$$\boxed{\phi_{S_1 R_1} = \frac{\Gamma_{S_2} I_{\text{source}}}{2} \left(\cos(\omega_s t + \theta_R) + \cos(\omega_s t - \theta_R) \right)}$$

$$\phi_{S_2 R_1} = \Gamma_{S_2 R_1} i_{S_2}(t)$$

$$= \Gamma_{S_2} I_{\text{source}} \sin(\theta_R) \sin(\omega_s t)$$

$$\boxed{\phi_{S_2 R_1} = \frac{\Gamma_{S_2} I_{\text{source}}}{2} \left(\cos(\omega_s t - \theta_R) - \cos(\omega_s t + \theta_R) \right)}$$

Q33. Par la loi de Faraday:

$$e_{S_1 R_1} = - \frac{d\phi_{S_1 R_1}}{dt} = - \frac{\Gamma_{S_2} I_{\text{source}}}{2} \frac{d}{dt} \left(\cos((\omega_s + \omega_r)t) + \cos((\omega_s - \omega_r)t) \right)$$

$$(1) \quad = + \frac{\Gamma_{S_2} I_{\text{source}}}{2} \left((\omega_s + \omega_r) \sin((\omega_s + \omega_r)t) + (\omega_s - \omega_r) \sin((\omega_s - \omega_r)t) \right)$$

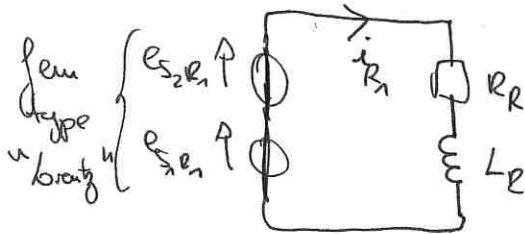
$$\underline{R_4}: e_{S_1 R_1} = - \Gamma_{S_2} \left(-\omega_r \sin(\omega_r t) i_{S_1}(t) + \cos(\omega_r t) \frac{di_{S_1}(t)}{dt} \right) \quad (\text{par la qst 34})$$

$$e_{S_2 R_1} = - \frac{d\phi_{S_2 R_1}(t)}{dt}$$

$$= + \frac{N_{SR} I_{smax}}{2} \left((\omega_3 - \omega) \sin((\omega_3 - \omega)t) - (\omega_3 + \omega) \sin((\omega_3 + \omega)t) \right) \quad (7)$$

Q9: $e_{S_2 R_1} = - N_{SR} \left(\Omega \cos(\omega t) i_{S_2}(t) + \sin(\omega t) \frac{di_{S_2}}{dt} \right)$ (par la q9 et 30)

Q34 - Schéma électrique équivalent:



→ loi des mailles

$$e_{S_1 R_1} + e_{S_2 R_1} = R_L i_{R_1} + L_L \frac{di_{R_1}}{dt}$$

$$R_L i_{R_1} + L_L \frac{di_{R_1}}{dt} = - N_{SR} \left(-\Omega \sin(\omega t) i_{S_1}(t) + \cos(\omega t) \frac{di_{S_1}}{dt} + \Omega \cos(\omega t) i_{S_2}(t) + \sin(\omega t) \frac{di_{S_2}}{dt} \right)$$

on développe les expressions de i_{S_1} et i_{S_2}

$$\dots = - N_{SR} \left(-\Omega \sin(\omega t) I_{smax} \cos(\omega_3 t) - I_{smax} \cos(\omega t) \cdot \omega_3 \sin(\omega_3 t) + \Omega \cos(\omega t) I_{smax} \sin(\omega_3 t) + \sin(\omega t) I_{smax} \omega_3 \cos(\omega_3 t) \right)$$

$$= \text{labonienne} \dots$$

on reprend (1) et (2):

$$e_{S_1 R_1} + e_{S_2 R_1} = N_{SR} I_{smax} \cdot (\omega_3 - \omega) \sin((\omega_3 - \omega)t)$$

on en déduit:

$$\begin{cases} A = N_{SR} I_{smax} \cdot (\omega_3 - \omega) \\ \omega = \omega_3 - \omega \end{cases}$$

Q35 - si i_{R_1} et sinusoidal, on peut se placer en RSF.

donc $A \sin(\omega t)$ est une excitation à laquelle le courant i_{R_1} répond de un système linéaire. Ainsi $\boxed{\omega_R = \omega = \omega_3 - \omega}$

Q36. En complexe: $\underline{i}_{R1} = \underline{I}_{Rmax} \exp(j\omega_R t)$

du sujet de l'équation différentielle:

$$(j\omega_R L_R + R_R) \underline{i}_{R1} = A \exp(j(\omega t - \pi/2))$$

$$(R_R + j\omega_R L_R) \underline{I}_{Rmax} \exp(j(\omega_R t + \varphi_R)) = A \exp(j(\omega t - \pi/2))$$

on passe au module :

$$\left| \underline{I}_{Rmax} = \frac{A}{\sqrt{R_R^2 + (\omega_R L_R)^2}} = \frac{I_{SR} I_{Smax} (\omega_S - \omega_R)}{\sqrt{R_R^2 + (\omega_S - \omega_R)^2 L_R^2}} \right|$$

si $\omega_S = \omega_R$, $\underline{I}_{Rmax} = 0$, donc $i_R(t) = 0$, pas de courant
rotorique, donc pas d'induction électromagnétique, donc pas de
couple électromécanique.

Il faut donc $\omega_S \neq \omega_R$, la machine est donc asynchrone
(cas contraire à la condition de synchronisme par la machine
synchrone)

Q37. Soit $\vec{B}_R = \vec{B}_{R1} + \vec{B}_{R2}$ le champ total créé par le rotor.
par superposition, on a:

$$\vec{B}_R = K_R \underline{I}_{Rmax} \left(\sin(\omega_R t - \varphi) \cos(\theta - \theta_R) - \cos(\omega_R t - \varphi) \sin(\theta - \theta_R) \right) \vec{e}_r$$

$$= K_R \underline{I}_{Rmax} \sin(\omega_R t - \varphi - \theta + \theta_R) \vec{e}_r$$

$$= K_R \underline{I}_{Rmax} \sin((\omega_R + \omega_S)t - \varphi - \theta) \vec{e}_r$$

$$= K_R \underline{I}_{Rmax} \sin(\omega_S t - \varphi - \theta) \vec{e}_r$$

$$\downarrow \theta_R = \omega_R t$$

$$\downarrow \text{Q35}$$

$\vec{B}_R$ tourne donc à ω_S

Q38. Dans une FOC, les champs stationnaire et rotorique sont synchrones (et stationnaires ds le réf. du stator).

En effet, le système { balai - collecteur } assure l'inversion du courant dès qu'une spire franchit le plan neutre. Ainsi la visualisation de la distribution de courant ds les spires stationnaires et rotatoires (voir § 3.2.1 du cours)

$$Q39. P_S = P_g \cdot \omega_s = \frac{P_{RS}^2 I_{Smax}^2 R_R \cdot (\omega_s - \Omega)}{R_R^2 + L_R^2 (\omega_s - \Omega)^2}$$

or la puissance totale perdue ds le rotor est,

$$P_{JR} = R_R i_{Rell}^2 + R_R i_{Rself}^2 = R_R \left(\frac{I_{Rmax}^2}{2} + \frac{I_{Rmax}^2}{2} \right) = R_R I_{Rmax}^2$$

↓ Q36

$$= R_R \frac{P_{JR}^2 + I_{Smax}^2 (\omega_s - \Omega)^2}{R_R^2 + L_R^2 (\omega_s - \Omega)^2}$$

donc a donc immédiatement :

$$\boxed{P_S = \frac{P_{JR}}{g}}$$

Q40. à $t=0$, le rotor ne tourne pas, donc $\Omega = 0$

le glissement est maximal : $\boxed{g = 1}$

Rendement :

$$\eta = \frac{P_S}{P_S + P_{JR}}$$

$$\boxed{\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_{JR}}{P_S}} = \frac{1}{1+g}}$$

$$\lim_{g \rightarrow 0} \eta(g) = 1$$

→ on voit donc g proche de 0, ie $\Omega \approx \omega_s$

P_g : il faudrait aussi prendre en compte les pertes mécaniques et les pertes fer (ie les pertes collectives) mais l'énoncé ne les a pas mentionnées)

2. Extrait Centrale - Supélec 2024

Q24- le système étudié est un alternateur. donc $i(t)$ apparait par induction grâce à un mouvement imposé par un opérateur externe.

par où i apparaisse, et faut qu'il y ait une fem induite et donc un flux variant de temps.

$$\rightarrow \text{flux: } \Phi_B = \iint_{S_{\text{pole}}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = B \cdot \vec{u}_n \cdot S \vec{n} = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

$$\rightarrow \text{fem: } e = - \frac{d\Phi_B}{dt} \text{ par la loi de Faraday}$$

$$e(t) = \omega B S \sin(\omega t)$$

Modèle électrique de la spire :

on passe en RSE et en complexe.

$$\underline{e} = (R + j\omega L) \underline{i}$$

$$\text{donc } \underline{i} = \frac{\underline{e}}{R + j\omega L} (*)$$

on passe au module :

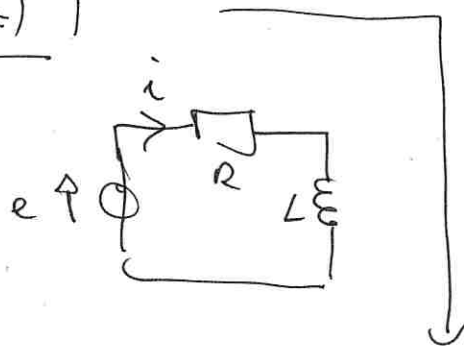
$$|\underline{i}| = i_m = \frac{|\underline{e}|}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$$i_m = \frac{\omega B S}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

on multiplie (*) par $\exp(-j\omega t)$ puis on prend l'argument.

$$\varphi = -\pi/2 - \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

$$\Rightarrow i(t) = \frac{\omega B S}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin\left(\omega t - \arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)\right)$$



$$\underline{e} = \omega B S \exp(j(\omega t - \pi/2))$$

(! sinus)

$$\underline{i} = i_m \exp(j(\omega t + \varphi))$$

Q25. la spire définit un dipôle magnétique de moment

$$\vec{m} = i S \vec{u}$$

Plongé dans $\vec{B}$, le dipôle reçoit le couple: $\vec{\Gamma} = \vec{m} \wedge \vec{B}$

$$\vec{\Gamma} = i S B (\vec{u} \wedge \vec{u}_n)$$

$$\text{avec } \vec{u} = \cos(\omega t) \vec{u}_n + \sin(\omega t) \vec{u}_y$$

$$\vec{\Gamma} = -i S B \sin(\omega t) \vec{u}_z$$

$$\boxed{\Gamma_z = -i S B \sin(\omega t)}$$

la spire $\ominus$ est la signature de la loi de modulation (Lenz).

Cause: opérateur exterieur qui met la spire en rotation

Effet: apparition de i , donc de $\vec{m}$ et de $\vec{\Gamma}$ tel que ce dernier s'oppose au mouvement de la spire.

Valeur moyenne: $\triangle!$ i dépend de t

$$\langle \Gamma_z \rangle = -BS \frac{\omega BS}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \langle \sin(\omega t + \phi) \sin(\omega t) \rangle$$

avec $\phi = -\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$

$$= -\frac{\omega (BS)^2}{2\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \left(\langle \cos(\phi) - \cos(2\omega t + \phi) \rangle \right)$$

$$\downarrow \langle \cos(2\omega t + \phi) \rangle = 0$$

$$= -\frac{\omega (BS)^2}{2\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos\left(\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)\right)$$

$$\downarrow \cos(\arctan(n)) = \frac{1}{\sqrt{1+n^2}}$$

$$\boxed{\langle \Gamma_z \rangle = -\frac{\omega (BS)^2 \cdot R}{2(R^2 + (\omega L)^2)}}$$

Q26. En supposant qu'il n'y a pas de perte mécanique

$$\langle P_{\text{turbine}} \rangle = |\langle P_{\text{méca alternateur}} \rangle| = \langle |I_z| \rangle W \quad (\text{car } W = \text{cte})$$

$$\boxed{\langle P_{\text{turbine}} \rangle = \frac{R(\omega BS)^2}{2(R^2 + (\omega L)^2)}}$$

puissance moyenne dissipée par effet Joule.

$i \rightarrow i(t)$ est sinusoidal donc

$$\begin{aligned} \langle P_{\text{Joule}} \rangle &= R i_{\text{eff}}^2 = R \frac{i_m^2}{2} \\ &= \frac{R(\omega BS)^2}{2(R^2 + (\omega L)^2)} = \langle P_{\text{turbine}} \rangle \end{aligned}$$

Ceci est cohérent :

- pas de perte mécanique prise en compte
- pertes Fer : sans objet
- pas de perte de la bobine d'inductance L (dipôle réactif)

$$\langle P_{\text{turbine}} \rangle = \langle P_{\text{Joule}} \rangle \quad \text{est une signature de}$$

la conversion électromécanique

(il n'y a pas de charge électrique)

3. Commande d'une MCC par un hacheur

1. $\mathcal{E} = \phi_0 \Omega$ et $C = \phi_0 i$
 fcem

AN: $\phi = \frac{\mathcal{E}}{\Omega} \approx 0,3 \text{ Wb}$

2. loi des mailles: $u = Ri + \mathcal{E} \rightarrow R = \frac{u - \mathcal{E}}{i} = \phi_0 \frac{u - \mathcal{E}}{C}$

Année du moment angulaire (TTC) en régime permanent (RP) à l'arbre moteur:
 ds la référence du labo. approx galiléen.

$J \frac{d\Omega}{dt} = 0 = C - C_r \Rightarrow C = C_r$ en RP

$$R = \phi_0 \frac{u - \mathcal{E}}{C_r}$$

AN: $R \approx 0,1 \Omega$ (cdg de).

3. $\triangle!$ ds cette gstr envist pas en RP:

TTC: $J \frac{d\Omega}{dt} = C - C_r = C - (a\Omega + b)$

$J \lambda \frac{dv}{dt} = c - a\lambda v - b$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{a}{J} v = \frac{c-b}{J\lambda} \quad (=) \quad \left[\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\tau} v = \frac{1}{\tau} v_{\text{lim}} \right]$$

avec $\tau = \frac{J}{a}$

$v_{\text{lim}} = \frac{c-b}{\lambda a}$

sol. homogène sol. particulière
 $\downarrow$
 $v(t) = v_h(t) + v_p$
 $= A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + v_{\text{lim}}$

AN: $v_{\text{lim}} \approx 1500 \text{ km/h}$ (416,8 m/s)
 $\tau = 150 \text{ s}$

CI: $v(t=0) = 0$ ("démarrage")

$= A + v_{\text{lim}} \Rightarrow A = -v_{\text{lim}}$

$$\Rightarrow v(t) = v_{\text{lim}} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right)$$

on cherche t_1 tel que $v(t=t_1) = v_1$ ($= 80 \text{ km/h}$)
($13,8 \text{ m/s}$).

$$v_{\text{lim}} \left(1 - \exp\left(-\frac{t_1}{\tau}\right) \right) = v_1$$

$$t_1 = -\tau \ln \left(1 - \frac{v_1}{v_{\text{lim}}} \right)$$

AN: ⚠ Conversion d'unités

$$t_1 \approx 5,08 \text{ s}$$

$$\Delta t_1 = t_1 - 0 = t_1 = 5,08 \text{ s}$$

4. Un interrupteur idéal n'a pas de résistance interne, donc ne dissipe pas de puissance par effet Joule.

5. la bobine sert à lisser le courant i , ie à s'opposer à ses variations brusque. Ainsi le dipôle "charge" peut être vu être une source de courant.

6. Etats interdits:

S_1 et S_2 fermés: la source de tension serait court-circuitée.

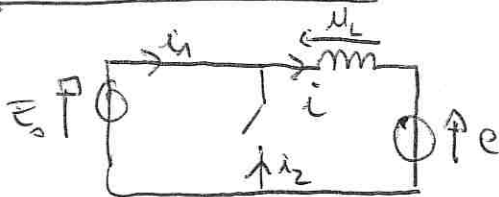
S_1 et S_2 ouverts: la "source de courant" serait en circuit ouvert.
(cela amènerait certainement des discontinuités de i).

Etats autorisés

S_1 ouvert et S_2 fermé et réciproquement.

7. par $0 < t < \alpha T$: $V \neq 0$, donc S_2 est ouvert, donc S_1 est fermé.

+8



$$i_2 = 0$$

$$i = i_1$$

(R négligée).

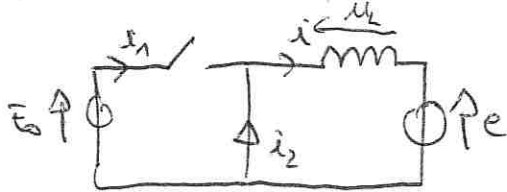
loi des mailles: $u_L = L \frac{di}{dt} = \bar{E} - e$

en considérant la f.cem constant (ce que confirment les chronogrammes)

$$i(t) = \frac{\bar{E} - e}{L} t + i(0) = \frac{\bar{E} - e}{L} t + I_m$$

$i(0) = I_m$ (en supposant le régime périodique établi pour $t < 0$)

par $\alpha T < t < T$: $V = 0 \Rightarrow S_2$ fermé $\Rightarrow I_1$ ouvert.



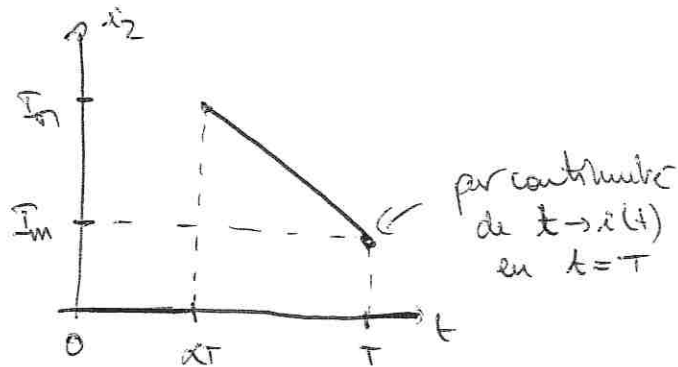
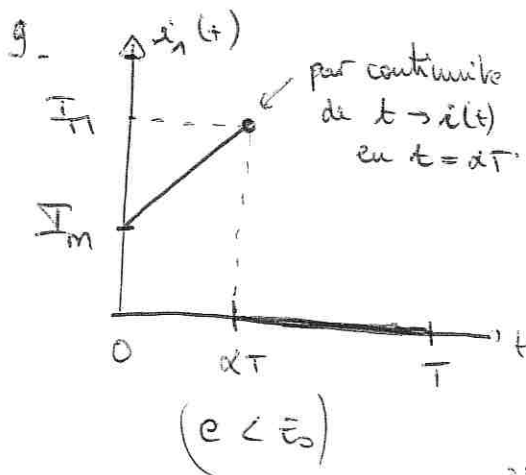
$$\begin{aligned} i_1 &= 0 \\ i &= i_2 \end{aligned}$$

loi des mailles: $L \frac{di}{dt'} = -e \rightarrow i(t') = -\frac{e}{L} t' + A$ avec $t' = t - \alpha T$.

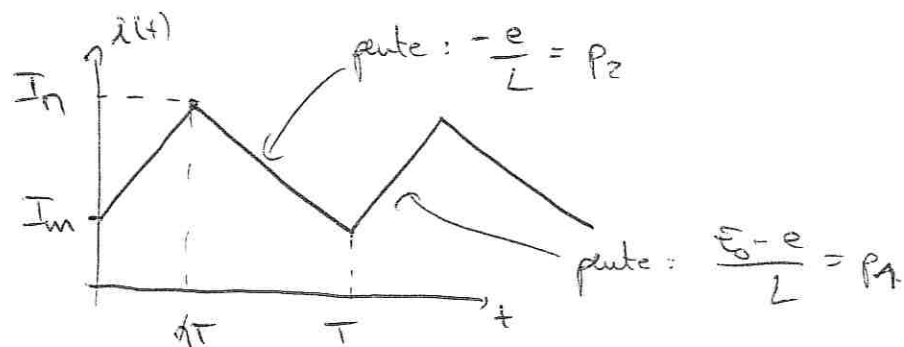
$$i(t' = 0) = \frac{I_m}{n} = A$$

($t = \alpha T$)

$$\begin{aligned} i(t') &= -\frac{e}{L} t' + \frac{I_m}{n} \\ i(t) &= -\frac{e}{L} (t - \alpha T) + \frac{I_m}{n} \end{aligned}$$



On en déduit



10. Avec la figure 3:

$$\alpha = \frac{2}{5} = 0,4$$

pour $0 < t < \alpha T$: $V = E_0 = 6 \times 20 = 120 \text{ V}$ (lecture sur le crêteau)

1) Voir 2 en mode AC. On n'a donc pas accès à la valeur moyenne!

$$P_1 = \frac{2 \times 0,1 \times 1}{2 \times 6 \times 10^{-6}} = 10^4 \text{ A/s}$$

$$P_2 = -\frac{2 \times 0,1 \times 1}{3 \times 6 \times 10^{-6}} \approx -0,67 \times 10^4 \text{ A/s}$$

$$P_2 = \frac{-e}{L}$$

$$P_1 = \frac{\bar{\epsilon}_0 - e}{L} = \frac{\bar{\epsilon}_0}{L} + P_2 \Rightarrow \boxed{L = \frac{\bar{\epsilon}_0}{P_1 - P_2} = 7,2 \text{ mH}}$$

on en déduit: $\boxed{e = -L P_2 = 68 \text{ V}}$

Rq: on aurait pu aussi calculer l'amplitude. $\Delta i = I_n - I_m$.

* Continuité + périodicité de i

$$i(t=0) = 0 + I_m = i(t' = (1-\alpha)\tau) = -\frac{e}{L}(1-\alpha)\tau + I_n$$

$$\Delta i = I_n - I_m = \frac{e}{L}(1-\alpha)\tau \quad \text{avec } \Delta i = 2 \times 0,1 \times 1 = 0,2 \text{ A.}$$

* Continuité en $t = \alpha$.

$$i(t = \alpha\tau) = \frac{\bar{\epsilon}_0 - e}{L} \alpha\tau + I_m = i(t' = 0) = I_n$$

$$\Delta i = I_n - I_m = \frac{\bar{\epsilon}_0 - e}{L} \alpha\tau$$

$$\frac{e}{L}(1-\alpha)\tau = \frac{\bar{\epsilon}_0 - e}{L} \alpha\tau$$

$$\boxed{e = \alpha \bar{\epsilon}_0 = 68 \text{ V}}$$

$$\bullet \quad \langle i_n \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i_n(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\alpha\tau} i_n(t) dt$$

$$\boxed{\langle i_n \rangle = \frac{1}{T} \times A_{\text{trapeze}} = \frac{1}{T} \times \frac{(I_n + I_m) \alpha \tau}{2} = \frac{\alpha}{2} (I_n + I_m)}$$

$$\bullet \quad \langle i \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt$$

$$\boxed{\langle i \rangle = \frac{1}{T} \left(\frac{(I_n + I_m) \alpha \tau}{2} + \frac{(I_n + I_m) (1-\alpha)\tau}{2} \right) = \frac{I_n + I_m}{2}}$$

or: puissance fournie par la source d'entrée

$$P(t) = \bar{\epsilon}_0 \times i_n(t)$$

puissance moyenne: $P = \langle P(t) \rangle = \bar{\epsilon}_0 \langle i_n \rangle \Rightarrow \boxed{\langle i_n \rangle = \frac{P}{\bar{\epsilon}_0} = 25 \text{ A}}$

donc $\frac{P}{\epsilon_0} = \frac{X}{2} (\frac{I_1}{T_1} + I_m) \Rightarrow \frac{I_1 + I_m}{2} = \frac{P}{\alpha \epsilon_0} = \langle i \rangle$

$\langle i \rangle = 62,5 \text{ A}$

question optimisation retirée du DS

11 - puissance moyenne perdue par effet Joule de l'induit

$P_J = R \langle i^2 \rangle$

or $i(t) = \langle i \rangle + \underbrace{(\delta i(t))}_{\text{terme associé à l'ondulation}}$

$i^2(t) = \langle i \rangle^2 + \delta i^2 + 2\delta i \langle i \rangle$

$\langle i^2 \rangle = \langle i \rangle^2 + \langle \delta i^2 \rangle + 2\langle \delta i \rangle \langle i \rangle$

or par définition : $\langle \delta i \rangle = 0$

$\langle i^2 \rangle = \langle i \rangle^2 + \langle \delta i^2 \rangle$

$P_J = R \langle i \rangle^2 + R \langle \delta i^2 \rangle$

$\Rightarrow P_J$ est d'autant plus petite (et donc le rendement d'autant $\oplus$ grand) que $\langle \delta i^2 \rangle$ est petite.

il faut donc une ondulation faible pour améliorer le rendement



donc un lissage efficace
avec L grand

