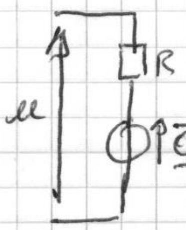
H asservissement moteur.

ⓐ Aspect électrique :



$$u = Ri + \Phi_0 \omega$$

Aspect mécanique : TMC

$$J\frac{d\omega}{dt} = \Phi_0 i$$

Elimination de i $\Rightarrow$ $u = \frac{RJ}{\Phi_0}\left(\frac{d\omega}{dt}\right) + \Phi_0 \omega$.

En notation de Laplace $\frac{d}{dt} \equiv p$ $\Rightarrow$

$$\boxed{\underline{H} = \frac{\Omega}{U} = \frac{1}{\Phi_0} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{RJ}{\Phi_0^2}\right)p}}$$

Apparition de la constante $\tau = \frac{RJ}{\Phi_0^2} = 0{,}4\ s$; $\Omega_f = \frac{U}{\Phi_0} = 100\ s^{-1}$

ⓑ Avec le couple résistant, l'équation mécanique devient :

$$J\frac{d\omega}{dt} = \Phi_0 i - C$$

En régime stationnaire $\frac{d\omega}{dt} = 0 \Rightarrow i = \frac{\Phi_0}{C}$ qu'on reporte ds l'équation électrique

$$\Rightarrow \Omega'_f = \frac{1}{\Phi_0}\left(U - \frac{R\Phi_0}{C_0}\right) = 80\ s^{-1}$$

Le couple résistant fait baisser la vitesse de rotation de 20%

ⓒ $u' = K\varepsilon = K(u - \Phi_0\omega) = Ri + \Phi_0\omega$. $J\frac{d\omega}{dt} = \Phi_0 i$

Notation de Laplace $\Rightarrow$ $H' = \frac{K}{\Phi_0(1+K)}\left(\frac{1}{1 + p\frac{RJ}{\Phi_0^2(1+K)}}\right)$

↳ Nouvelle cte de temps $\tau' = \frac{\tau}{1+K}$ plus petite que τ : le moteur réagit plus vite.

Vitesse de rotation finale $\Omega_f = \frac{KU}{\Phi_0(K+1)}$

On reprend le calcul en régime stationnaire en tenant compte de la charge :

$$\Omega'_f = \underbrace{\frac{KU}{(K+1)\Phi_0}}_{\Omega_f}\left(1 - \underbrace{\frac{RC_0}{KU\Phi_0}}_{0{,}05}\right) = 0{,}95\ \Omega_f$$

SUR LE SYSTÈME BOUCLÉ, LA CHARGE ENTRAÎNE SEULEMENT UNE BAISSE DE LA VITESSE DE ROTATION DE 5%.

H hystérésis ENSI.

(a) Le matériau ferromagnétique guide très bien les lignes de champs. On va donc supposer $\vec{H} = H\,\vec{e_\theta}$, $\vec{B} = B\,\vec{e_\theta}$ avec H et B constant.

Pour le sens des enroulements, le meilleur choix après essais est le suivant :

Pour le Primaire $\vec{n_1} = \vec{e_\theta}$

Pour le Secondaire $\vec{n_2} = -\vec{e_\theta}$

Du fait de valeurs de R et r, on peut supposer $|N_2 i_2| \ll |N_1 i_1|$
$50 k\Omega \gg 4\,\Omega$

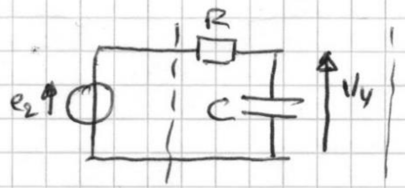
Théorème d'Ampère sur le contour moyen : $H\ell = N_1 i_1 - N_2 i_2 \simeq N_1 i_1$

et $i_1 = \frac{V_X}{r}$ $\Rightarrow$ $\boxed{H = \left(\frac{N_1}{\ell r}\right) V_X}$

On calcule maintenant la tension induite au secondaire :

$\Phi_2 = N_2 s\,(B\vec{e_\theta})(\vec{n_2}) = -N_2 s B \Rightarrow e_2 = -\frac{\partial \Phi_2}{\partial t} = N_2 s \frac{dB}{dt}$

et on a le montage suivant :



Si le filtre RC fonctionne en intégrateur (Cf question b), V_Y est une image de B.

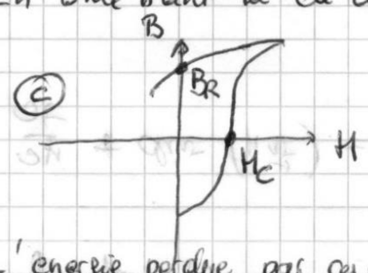
$\rightarrow$ EN MODE XY, on a donc $\boxed{B = B(H)}$

(b) Cette question aurait dû être posée avant... La fréquence de coupure du filtre RC est $f_c = \frac{1}{2\pi RC} \simeq 0{,}3\ \text{Hz} \ll 50\ \text{Hz}$

On est ds la bande atténuée donc la zone où le filtre fonctionne en intégrateur.

En omettant la cte d'intégration, on obtient $\boxed{B = \left(\frac{RC}{N_2 s}\right) V_Y}$

(c)



H_C correspond à $V_X = 1\,V$ $\quad H_C = 200\ \text{A.m}^{-1}$

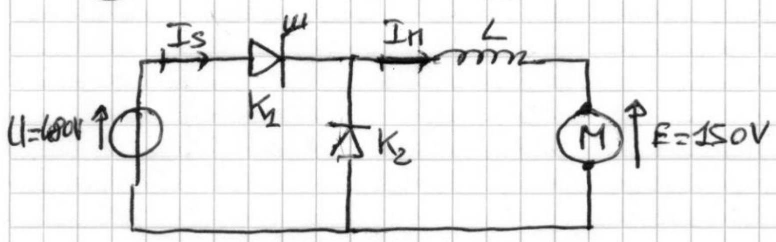
B_R $\quad V_Y \simeq 0{,}5\,V \quad B_R = 1\,T$

L'énergie perdue par cycle est l'aire du cycle. En considérant qu'il s'agit d'un rectangle $\Rightarrow S \simeq 4\,H_C B_R$

On a 50 cycles par seconde

$\Rightarrow P_V = 4 \times 50 \cdot (200) \times 1 = \underline{40\ kW.m^{-3}}$

(a) HACHEUR SERIE OU DEVOLTEUR.



(b)

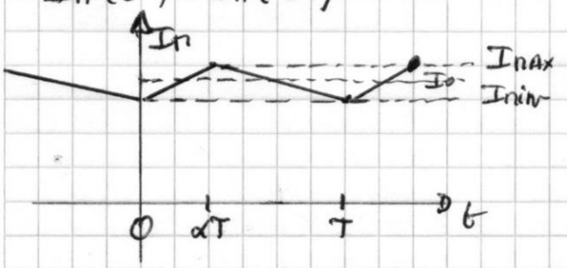
Pour $t \in [0 \ \alpha T[$ K_1 fermé $\Rightarrow$ K_2 ouvert $I_S = I_M$

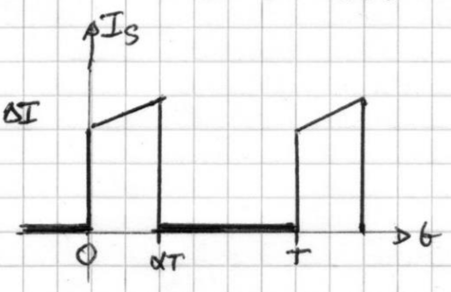
LDM $\Rightarrow$ $\dfrac{dI_n}{dt} = \dfrac{dI_S}{dt} = \dfrac{U-E}{L} > 0.$

Pour $t \in [\alpha T \ T[$ K_1 ouvert $\Rightarrow$ K_2 fermé $I_S = 0.$

LDM $\Rightarrow$ $\dfrac{dI_n}{dt} = -\dfrac{E}{L} < 0.$

Sur une periode, I_n est d'abord croissant puis décroissant, de façon linéaire par rapport au temps. La continuité de $I_n(t)$ impose $I_n(0^+) = I_n(T^-)$





L'intégration de 2 LDM donne : $\boxed{\dfrac{I_{max}-I_{min}}{\alpha T} = \dfrac{U-E}{L}}$ $\boxed{\dfrac{I_{max}-I_{min}}{(1-\alpha)T} = \dfrac{E}{L}}$

On en soit $\boxed{E = \alpha U}$ soit $\alpha = 0{,}3125$

$$\boxed{L = \frac{\alpha T(U-E)}{\Delta I} \simeq 0{,}1 \ H}$$

$I_0 = \langle I_n \rangle$ sur une periode. Mais comme les lois sont linéaires, on a

$$\langle I_n \rangle_{[0 \ \alpha T[} = \langle I_n \rangle_{[\alpha T \ T[} = \langle I_n \rangle_{[0 \ T[} = I_0.$$

sur $[0 \ \alpha T[$ $I_S = I_n$. donc vaut I_0 en moyenne sur $[0 \ \alpha T[$
$[\alpha T \ T[$ $I_S = 0$

↳ $\langle I_S \rangle = \alpha I_0 = 25 \ A$ (CALCUL EXACT)

Rem : on aurait pu utiliser le transfert de puissance.

Hb etude d'un hacheur.
Le courant I_L est une fonction périodique continue du temps, donc doit avoir la même valeur au début du cycle et à la fin .

1)On suppose ici que U est une fonction consante du temps.
Sur l'intervalle de temps [0 αT[, la LDM donne : $\frac{dI_L}{dt} = \frac{E-U}{L}$
Sur l'intervalle comploémentaire, la LDM donne : $\frac{dI_L}{dt} = \frac{E}{L} > 0$
Les deux dérivées sont constantes, on revient au point de départ, et la dérivée est positive dans le second intervalle. Elle doit donc être négative lors du premier.

Sur l'intervalle de temps [0 αT[, $I_L(t)$ décroît linéairement de I_{MAX} à I_{min} et fait l'inverse sur le second intervalle. Sur un segment de droite, on a identité entre dérivée et pente moyenne. On a donc sur le premier intervalle : $\frac{dI_L}{dt} = \frac{E-U}{L} = \frac{I_{min}-I_{MAX}}{\alpha T}$ et sur le second : $\frac{dI_L}{dt} = \frac{E}{L} = \frac{I_{MAX}-I_{min}}{(1-\alpha)T}$
En faisant le rapport des deux expressions , on obtient : U=E/α.

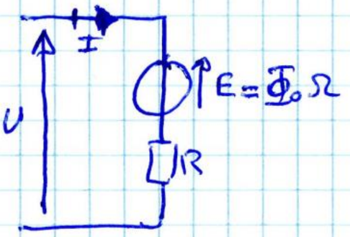
Il ne reste plus qu'à analyser la caractéristique courant-tension desz deux interrupteurs (Cf cours) pour vérifier que Kn est un transistor commandé et K' est une diode.

2)On reprend : $\Delta I_L = I_{MAX} - I_{min} = \frac{(1-\alpha)TE}{L}$
Et ΔI_L<0,3A entraîne L>0,33mH.
A partie de la valeur de α et de E, on calcule U=83,3V. A partir de la puissance moyenne fournie par le générateur soit P=E<I_L>, on calcule <I_L>=3A.
Du fait de la structure linéaire de $I_L(t)$, on a $\langle I_L \rangle = \frac{I_{MAX}+I_{min}}{2}$
On a donc deux équations linéaires à deux inconnues et on calcule : I_{MAX}=3,15A et I_{min}=2,85A.

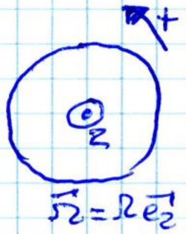
Hc conversion de puissance.

MODELES EQUIVALENTS MOTEUR.

ELECTRIQUE :



MECANIQUE



$\vec{\Omega} = \Omega \vec{e_z}$

$\vec{\sigma} = J\Omega \vec{e_z}$

$E_c = \frac{1}{2} J \Omega^2$

$\vec{\Gamma_m} = \Phi_0 I \vec{e_z}$

① SI ON CONNAIT U et I, ON CALCULE $E = U - RI$
SI ON CONNAIT AUSSI Ω, ON PEUT VERIFIER E PROPORTIONNEL À Ω.

② ON CONNAIT MAINTENANT $\Phi_0 \Rightarrow$ ON CALCULE $\Gamma_m = \Phi_0 \cdot I$

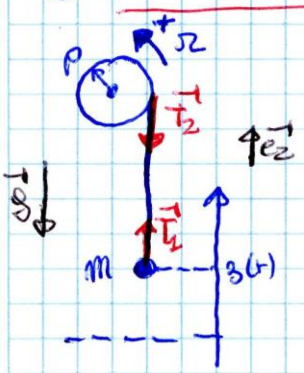
③ ON ETUDIE À VIDE LA REPONSE INDICIELLE DU MOTEUR À L'ECHELON DE TENSION U_0.

TMC SUR L'AXE $Oz \Rightarrow J\frac{d\Omega}{dt} = \Gamma_m = \Phi_0 I = \frac{\Phi_0 (U_0 - E)}{R} = \Phi_0 \left(\frac{U_0 - \Phi_0 \Omega}{R}\right)$

$$\Rightarrow \underbrace{\boxed{\left(\frac{RJ}{\Phi_0^2}\right)}}_{\tau} \frac{d\Omega}{dt} + \Omega = \underbrace{\boxed{\frac{U_0}{\Phi_0}}}_{\Omega_{\infty}} \qquad \text{ORDRE 1}$$

$\Rightarrow$ LA MESURE DE LA CONSTANTE DE TEMPS τ, DONNE L'ACCÈS À J.

④ $\boxed{\text{NE PAS APPELER } R \text{ LE RAYON DU CYLINDRE}}$



$\vec{T_1} = T\vec{e_z} = -\vec{T_2}$ PFD à m $m\ddot{z}\vec{e_z} = m\vec{g} + \vec{T_1}$

$$\boxed{m\ddot{z} = -mg + T}$$

PAS DE GLISSEMENT DU FIL SUR LE CYLINDRE $\dot{z} = \rho\Omega$

TMC SUR MOTEUR + CYLINDRE :

$$\boxed{J\frac{d\Omega}{dt} = \Phi_0 I - \rho T} \text{ avec } \boxed{I = \frac{U - E}{R}} \; \boxed{E = \Phi_0 \Omega}$$

ON NOTE $v = \dot{z}$. ON GARDE LA SEULE VARIABLE $v(t)$

$$\underbrace{\boxed{\frac{R}{\Phi_0^2}\left(J + m\rho^2\right)}}_{\tau} \dot{v} + v = \underbrace{\boxed{\frac{R\rho}{\Phi_0^2}\left[\frac{\Phi_0 U}{R} - m\rho g\right]}}_{v_{\infty}}$$

SI $v(0) = 0$, $v(t) = v_{\infty}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$. ON PEUT REMARQUER QUE m PEUT MONTER, MAIS AUSSI DESCENDRE ($v_{\infty} < 0$)

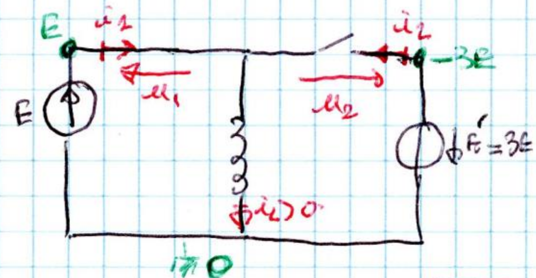
(EN SUPPOSANT $U = $ cte)

Hd hacheur indirect.

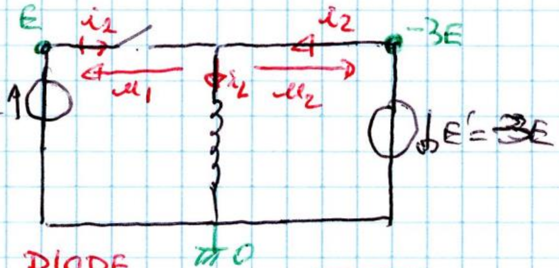
HACHEUR INDIRECT À STOCKAGE INDUCTIF.

① NATURE DES INTERRUPTEURS

PREMIÈRE PHASE



SECONDE PHASE



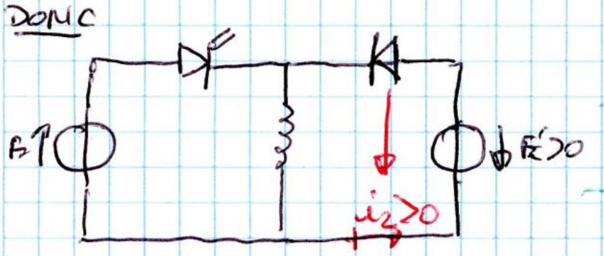
DIODE

$u_1 = 0$ $\quad$ $u_2 = -4E < 0$ $\quad$ $u_1 = 4E > 0$ $\quad$ $u_2 = 0$

$i_1 = i_L > 0$ $\quad$ $i_2 = 0$ $\quad$ $i_1 = 0$ $\quad$ $i_2 = i_L > 0$

TRANSISTOR

DONC



PUISSANCE REÇU $E' i_2 > 0$

DONC RÉCEPTEUR

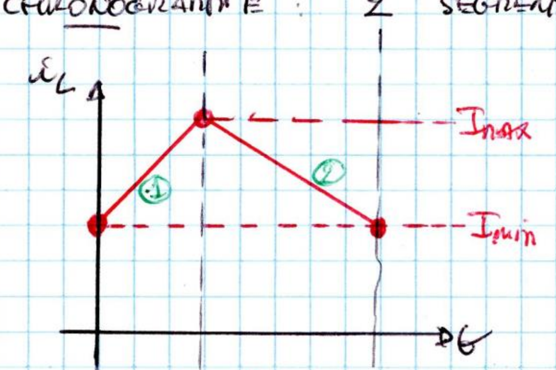
2a) MÉTHODE HABITUELLE DE CALCUL : ON UTILISE LA PÉRIODICITÉ ET LA CONTINUITÉ DU COURANT $i_L(t)$

CONTINUITÉ → BOBINE

PREMIÈRE PHASE $t \in [0\ \alpha T[$ $\quad E = L\dfrac{di_L}{dt} \Rightarrow \dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{E}{L} > 0$ CROISSANCE LINÉAIRE

SECONDE PHASE $t \in [\alpha T\ T[$ $\quad E' = +3E = -L\dfrac{di_L}{dt} \Rightarrow \dfrac{di_L}{dt} = -\dfrac{3E}{L} < 0$ DÉCROISSANCE LINÉAIRE

CHRONOGRAMME : 2 SEGMENTS ↗ PUIS ↘ AVEC RETOUR À L'ÉTAT INITIAL



● CONTINUITÉ DE $i_L(t)$

① $\dfrac{E}{L} = \dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{\Delta i_L}{\Delta t} = \dfrac{I_{max} - I_{min}}{\alpha T}$

② $-\dfrac{3E}{L} = \dfrac{di_L}{dt} = \dfrac{\Delta i_L}{\Delta t} = \dfrac{I_{min} - I_{max}}{(1-\alpha)T}$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{3}{4}}$$

(2b) ON REMARQUE QUE, SUR LES TROIS INTERVALLES $[0\ \alpha T[$, $[\alpha T, T]$ ET $[0\ T]$, LA VALEUR MOYENNE DU COURANT EST LA MÊME ET VAUT :

$$I_L = \langle i_L(t) \rangle = \frac{I_{max} + I_{min}}{2}$$

LE GÉNÉRATEUR E FOURNIT DE L'ENERGIE SUR L'INTERVALLE DE TEMPS $[0\ \alpha T[$
ET FOURNIT DONC $E\, I_L\, \alpha T$
SOIT DONC LA PUISSANCE MOYENNE $P = \alpha E I_L$ SUR T

$\hookrightarrow$ $I_L = \dfrac{P}{\alpha E} \simeq 13\,A.$

(2c) ON PEUT CALCULER L'ONDULATION DE COURANT SUR $[0\ \alpha T[$

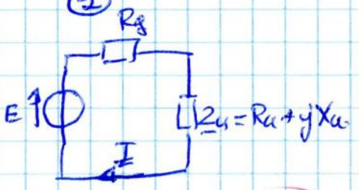
$\hookrightarrow$ $I_{max} - I_{min} = \dfrac{\alpha T E}{L} \Rightarrow L = \dfrac{\alpha T E}{I_{max} - I_{min}}.$

$I_{max} - I_{min} < \beta I_L \Rightarrow L > \dfrac{\alpha T E}{\beta I_L}$

AN $\simeq$ 110 mH.

He transformateur et transfert de puissance

TRANSFORMATEUR ET TRANSFERT DE PUISSANCE

① 

LDM $\underline{I} = \dfrac{E}{(R_g+R_u)+jX_u}$

$\Rightarrow$ AMPLITUDE $I = \|\underline{I}\| = \dfrac{E}{\sqrt{(R_u+R_g)^2+X_u^2}}$

FORMULE DE COURS (cf chap tp1)

$P_1 = Re(\underline{Z}_u) \cdot I_{eff}^2 = \dfrac{R_u E^2}{2\left[(R_u+R_g)^2+X_u^2\right]}$

SIMPLIFICATION $X_u = 0$, $R_u = 2R_g$ $\Rightarrow$ $P_1 = \dfrac{E^2}{9R_g^2}$

② TRANSFO IDEAL : $\boxed{u_2 = m u_1}$

PUISSANCE REÇUE AU PRIMAIRE = PUISSANCE FOURNIE PAR LE SECONDAIRE

A TOUT INSTANT

$u_1 i_1 = u_2 i_2 \Rightarrow \boxed{i_2 = \dfrac{i_1}{m}}$

(2a) $\underline{U}_1 = E - R_g \underline{I}_1$

$\underline{U}_2 = m \underline{U}_1 = (R_u + jX_u)\underline{I}_2$

$\underline{I}_2 = \dfrac{\underline{I}_1}{m}$

ON NE GARDE QUE $\underline{I}_2$

$\boxed{\underline{I}_2 = \dfrac{mE}{(R_u+m^2R_g)+jX_u}}$

$I_2 = \dfrac{mE}{\sqrt{(R_u+m^2R_g)^2+X_u^2}}$

$\boxed{P_2 = \dfrac{R_u}{2}\dfrac{m^2E^2}{(R_u+m^2R_g)^2+X_u^2}}$

(2b) ON CONSIDERE P_2 fct de $x = m^2$, $x \geq 0$ $\quad P_2(x) \geq 0 \quad P_2(0) = 0 \quad P_2(+\infty) = 0$

$\Rightarrow$ IL Y A AU MOINS UN MAXIMUM.

RESOLUTION de $\dfrac{dP_2}{dx} = 0 \Rightarrow \boxed{x = m^2 = \dfrac{\sqrt{R_u^2+X_u^2}}{R_g}}$ UNE SEULE SOLUTION.

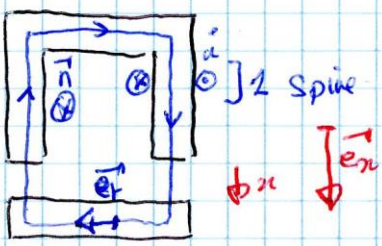
POUR LE CAS PARTICULIER $X_u = 0$, $m = \sqrt{\dfrac{R_u}{R_g}}$ ici $\sqrt{2}$

ET ON CALCULE $P_{2max} = \dfrac{E^2}{2R_g} > P_1$

UN TRANSFORMATEUR PEUT AMELIORER LE TRANSFERT DE PUISSANCE ENTRE UNE SOURCE $(e(t), R_g)$ ET UNE CHARGE (R_u)

Hf électroaimant.

ELECTRO-AIMANT



LE MATÉRIAU MAGNÉTIQUE GUIDE LES LIGNES DE CHAMP DE $\vec{B}$.

SUR LE CONTOUR FERMÉ, ON PEUT ÉCRIRE $\vec{B} = B\,\vec{e_t}$

EN SUPPOSANT QUE LA SECTION DROITE SOIT LA MÊME PARTOUT, LA CONSERVATION DU FLUX (LIÉE À MT $\operatorname{div}\vec{B} = 0$) CONDUIT À B UNIFORME SUR LE CONTOUR
CE QUI PERMET D'EXPRIMER $\vec{H}$

* DANS L'AIR DE L'ENTREFER $\vec{H_a} = \dfrac{\vec{B}}{\mu_0} = \dfrac{B}{\mu_0}\vec{e_t}$
* DANS LE MATÉRIAU MAGNÉTIQUE $\vec{H_m} = \dfrac{\vec{B}}{\mu_0\mu_r} = \dfrac{B}{\mu_0\mu_r}\vec{e_t}$

ON APPLIQUE MAINTENANT LE THÉORÈME D'AMPÈRE GÉNÉRALISÉ

$$\oint \vec{H}\cdot d\vec{\ell} = I_{enl} \Rightarrow H_m\cdot\ell + H_a(2x) = NI$$

↳ longueur du contour ds le fer

ON SORT ALORS $B = \dfrac{\mu_0 N i}{2x + \frac{\ell}{\mu_r}}$

ON CALCULE ALORS LE FLUX de $\vec{B}$ À TRAVERS LES SPIRES

$$\hookrightarrow \Phi = N\iint \vec{B}\cdot\vec{e_t}\,dS = \underbrace{\boxed{\left(\frac{\mu_0 N^2 S}{2x + \frac{\ell}{\mu_r}}\right)}}_{L} i$$

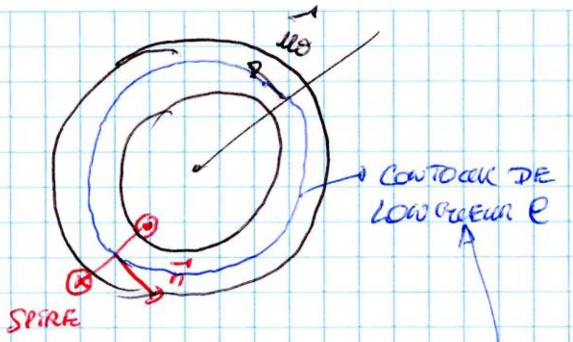
ET L'ÉNERGIE MAGNÉTIQUE VAUT $E_{mag} = \dfrac{1}{2} L i^2$

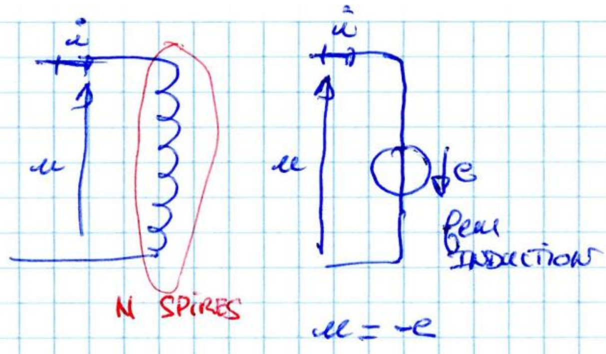
LA FORCE SUBIE PAR LA PARTIE MOBILE EST, D'APRÈS LE COURS :

$$\vec{F} = \left(\frac{\partial E_{mag}}{\partial x}\right)\vec{e_x} = -\frac{\mu_0 N^2 S i^2}{\left(2x + \frac{\ell}{\mu_r}\right)^2}\vec{e_x} = -\frac{B^2 S}{\mu_0}\vec{e_x}$$

$\dfrac{B^2}{\mu_0}$

Hg pertes par hystérésis





① ON SUPPOSE LES CHAMPS UNIFORMES : LES MÊMES EN TT POINT DU CIRCUIT MAGNÉTIQUE

②
TH D'AMPÈRE SUR LE CONTOUR $\ell H = N i_1(t)$

$$\Rightarrow H(t) = \frac{N i(t)}{\ell}$$

ON A AUSSI $\Phi = N B\vec{u_\theta} \cdot \vec{u_\theta} . S = NBS$

↳ $u(t) = -e = -\left(-\frac{\partial \Phi}{\partial t}\right) = NS\frac{\partial B}{\partial t} = NS\frac{dB}{dt}$

↳ $p(t) = u(t)\, i(t) = \underbrace{\boxed{(S\ell)}}_{\text{VOLUME DU TORE}}\, H \cdot \frac{dB}{dt}$

③ SI LE MILIEU EST LINÉAIRE $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0\mu_r} \Rightarrow p(t) = \frac{S\ell}{2\mu_0\mu_r}\frac{dB^2}{dt}$

ÉNERGIE FOURNIE PAR LA SOURCE SUR UNE PÉRIODE $= \int_{t_0}^{t_0+T} p(t)dt = \frac{S\ell}{2\mu_0\mu_r}\underbrace{\left[B^2\right]_{t_0}^{t_0+T}}_{=0} = 0.$

$= 0$ CAR PÉRIODIQUE DE PÉRIODE T

④ ON OBTIENT LA FIGURE D'HYSTÉRÉSIS HABITUELLE PARCOURUE DANS LE SENS TRIGO.

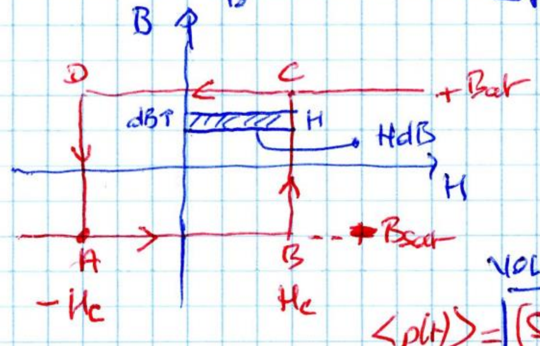
cf COURS

⑤ POUR UN MATÉRIAU "DUR", ON A LA FORME PROPOSÉE

$$\langle p(t) \rangle = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} p(t)dt = \frac{(S\ell)}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} H(t)\,\underbrace{\left(\frac{dB}{dt}\right)dt}_{dB} = \frac{(S\ell)}{T}\boxed{\oint_{A\to B\to C\to D} H\,dB}$$

AIRE DU CYCLE

$4\, H_c \cdot B_{sat}$



ON RÉÉCRIT

$$\underbrace{\langle p(t) \rangle}_{\text{PUISSANCE}} = \overbrace{\boxed{(S\ell)}}^{\text{VOLUME}} \times \underbrace{\boxed{\frac{1}{T}}}_{\text{FRÉQUENCE}} \times 4 \underbrace{\boxed{H_c B_{sat}}}_{\text{ÉNERGIE VOLUMIQUE}}$$