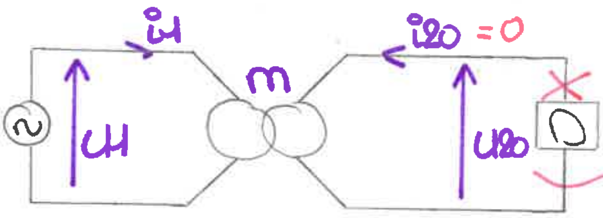
groupe 9:
Mathias
Serhat
Célia

TD 12 - Exercice I



tension à vide, pas de charge

1) Loi des tensions avec la loi de Faraday:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi(\vec{O})}{dt} = U_1$$

$$e_2 = -N_{20} \frac{d\Phi(\vec{O})}{dt} = U_{20}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{N_{2\cancel{0}}}{N_1} = m$$

Le rapport de transformation est $m = \frac{U_{20}}{U_1} = \frac{N_{20}}{N_1}$

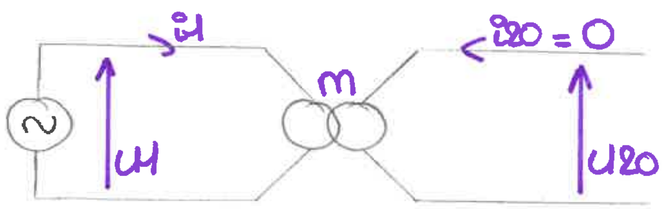
$$= \frac{225}{5 \times 10^3}$$

$$= 0{,}045$$

2) dans un transformateur réel, il y a deux types de pertes de puissance :

- les pertes cuivre liées à l'effet Joule et donc aux résistances dans les bobines
- les pertes de fer liées à l'aimantation du noyau magnétique (les courants de Foucault et les pertes par hystérésis

↳ dû



où

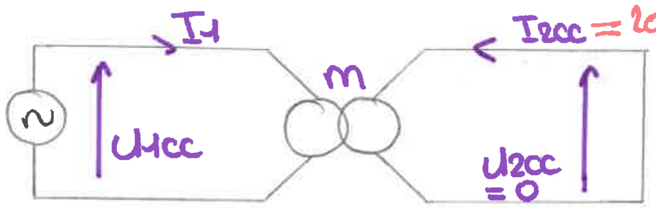
3) on sait alors que $\boxed{P_{10} = P_{fer} + P_{J10}}$ négligeable ici car $i_2 = 0$ donc I_{10} très faible

on $\cancel{P_{J10} = r\,I^2_{10} = U_1 \cdot I_{10}}$

$\cancel{\Rightarrow I_{10} = \sqrt{\frac{P_{J10}}{r}} = \frac{P_{J10}}{U_1} = \frac{790}{5 \times 10^3}} = 0{,}158\ A$

ici, le secondaire est en circuit ouvert donc le courant dans le circuit primaire (I_{10}) est très faible, et on peut ~~le~~ négliger les pertes joule devant les pertes fer.

donc $P_{10} = P_{fer} = 790\ W$ $\Rightarrow P_{fer} = 790\ W$



$P_{2cc} = 0$

$\rightarrow$ appliquer la loi des courants $\frac{I_{2cc}}{I_{1cc}} = \frac{1}{m}$

4) $\cancel{P_{1cc} = U_{1cc} \times I_1}$

$\cancel{\Rightarrow I_1 = \frac{P_{1cc}}{U_{1cc}} = \frac{1 \times 10^3}{250} = 4\ A}$

Non car ici $\boxed{P_{1cc} = P_{fer} + P_{joule}}$

$I_{1cc} = m\,I_{2cc}$
$= 0{,}045 \times 200$
$= 9\ A$

la valeur du courant dans le circuit primaire lorsque le secondaire est en court-circuit est égal à $I_1 = 4\ A$

5) on sait alors que $P_{1cc} = P_{fer} + P_J$

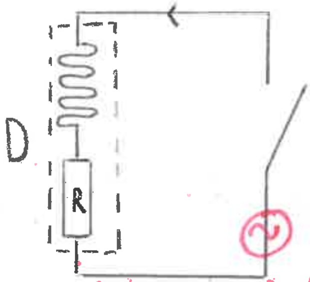
on $P_J = r_s\, I_{2cc}^2$ avec r_s la résistance ramenée au secondaire B

donc $P_{1cc} = P_{fer} + r_s \cdot I_{2cc}^2$

$\Rightarrow r_s = \frac{P_{1cc} - P_{fer}}{I_{2cc}^2} = \frac{(1 \times 10^3) - 790}{200^2} = 5{,}25 \times 10^{-3}\ \Omega$

en supposant que les pertes fer déterminée à la Q3, la résistance équivalente des enroulements du secondaire et du primaire ramenés au secondaire est égal à $r_s = 5{,}25 \times 10^{-3}\ \Omega$

Exercice 2 : Grp 2.



1. Le dipôle peut modéliser ~~une machine~~ un moteur ou une machine à laver

Le fusible permet de limiter le courant qui rentre dans la machine. En effet, les machine peuvent casser si jamais le courant qui circule est trop fort. Ainsi si le courant est trop fort le fusible s'ouvre et le courant ne circule plus dans la machine.

il faut un générateur → montage aire.

2. $P = Re(\underline{Zeq}) I_{eff}^2 = Re(\underline{Yeq}) U_{eff}^2$

$\underline{Zeq} = \underbrace{R}_{Re(\underline{Zeq})} + jL\omega \qquad \underline{Yeq} = \dfrac{1}{R + jL\omega} = \dfrac{R - jL\omega}{R^2 + L^2\omega^2} = \underbrace{\boxed{\dfrac{R}{R^2+L^2\omega^2}}}_{Re(\underline{Yeq})} - j\dfrac{L\omega}{R^2+L^2\omega^2}$

$P = \dfrac{R}{R^2 + L^2\omega^2} U_{eff}^2 \iff \dfrac{P}{(U_{eff})^2} = \dfrac{R}{R^2+L^2\omega^2}$

Par résolution numérique : $R_1 = 7,5\ \Omega \qquad R_2 = 12\ \Omega$

3. $P = Re(\underline{Zeq}) I_{eff}^2 \Rightarrow I_{eff} = \sqrt{\dfrac{P}{R_n}}$

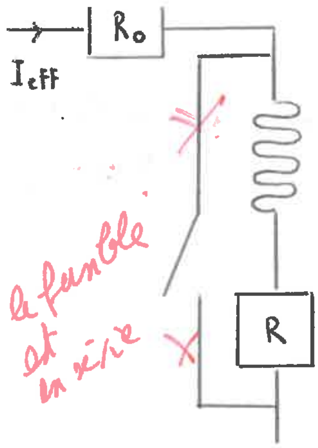
AN : Pour R_1 : $I_{eff} = \sqrt{\dfrac{2500}{7,5}} = 18\ A$

Si cette Résistance $7,5\ \Omega$ est bien appliqué cette puissance ne peux pas être atteinte car la le fusible s'ouvrirait.

Pour R_2 :

$I_{eff} = \sqrt{\dfrac{2500}{12}} = 14,4 A.$

Cette valeur donne un courant possible donc on va prendre cette valeur de R.

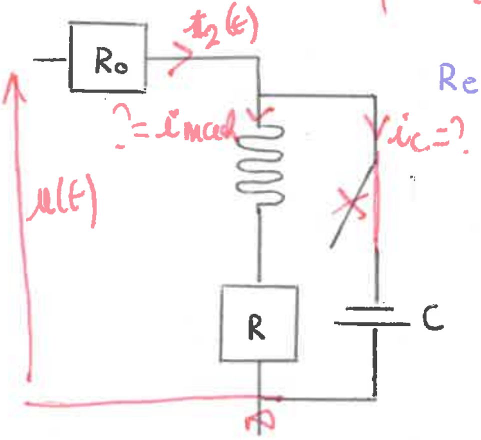
Q4. 

$I_{eff} = 14{,}4\,A$ (trouvé Q3).

$P_{Joule} = R_0 I_{eff}^2$

$= 248\,W.$

raisonnement plus simple : loi d'Ohm.
$I_{eff_2} = \dfrac{U_{eff}}{|Z_{eq}|}$ courant dans l'association // $(L+R)//C$

QS. 

$Re(\underline{Z}_{eq}) I_{eff}^2 = Re(\underline{Y}_{eq}) U_{eff}^2$

$\underline{Y}_{eq} = \dfrac{1}{R + jL\omega} + jC\omega$

$Re(\underline{Y}_{eq}) = \dfrac{R - LCR\omega + RLC\omega^2}{R^2 + L^2\omega^2}$

$\underline{Z}_{eq} = \dfrac{R + jL\omega}{1 - LC\omega^2 + jRC\omega}$

$Re(\underline{Z}_{eq}) = \dfrac{R - LCR\omega + RLC\omega^2}{(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2}$

aussi $|Z_{eq}| = \sqrt{\dfrac{R^2 + (L\omega)^2}{(1-LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2}}$

$I_{eff_2} = \sqrt{\dfrac{(1 - LC\omega^2)^2 + (RC\omega)^2}{R^2 + L^2\omega^2}}\; U_{eff}$

↳ expression numérique $I_{eff_2} =$

$\boxed{I_{eff_2} = 10{,}9\,A}$ $= \cancel{14{,}8}\,A.$

→ courant dans quelle branche ?
↳ l'objectif de C est de diminuer le courant donc erreur.

5. $P_{Joule(2)} = R_0 I_{eff_2}$

$= 1{,}2 \times (10{,}9)^2 = \cancel{262{,}8\,W}$. 143 W.

Si on ajoute un condensateur le fonctionnement de notre dipôle est optimisé mais par contre ~~l'in~~ l'intensité efficace ~~augmente ce qui a pour effet d'augmenter les perte par effet Joule.~~
↳ car Ieff ligne ↘.

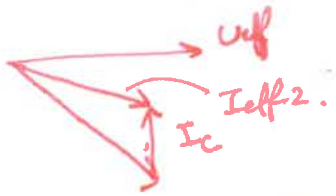
$\boxed{I_{eff\,machine} = 14{,}4\,A}$

$I_c = U_{eff}\, C\omega$

$= 220 \times 134{,}6.10^{-6} \times 2\pi \times 50$

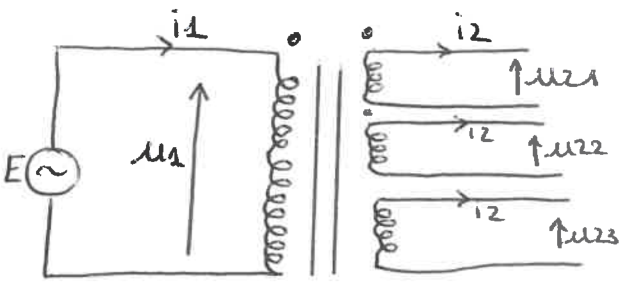
$\boxed{I_c = 9{,}3\,A}$

Fresnel



Imachine = Ieff 1

Groupe 5 TD12 ex 3



$U_{1V} = 25\ kV$

$U_{2V} = U_{21} = U_{22} = U_{23} = 1410\,V$

$f = 50\,Hz$

$I_{2cc} = 910\ A$

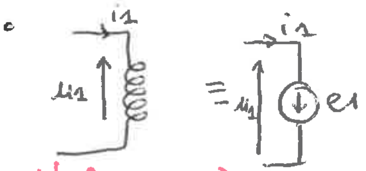
$U_{1cc} = 11{,}34\,\%$ de U_{1V}

$P_{cc} = 86{,}5\ kW$

$N_1 = 852$

1) Par loi des tensions : $\dfrac{U_2}{U_1} = m = \dfrac{N_2}{N_1}$

$\Leftrightarrow \underline{N_2} = \dfrac{N_1 \times U_2}{U_1} = \dfrac{852 \times 1410}{25 \times 10^3} = \underline{48}$



loi de Faraday : $e_1 = -u_1 = -N_1 \dfrac{d\Phi(\vec{B})}{dt}$

OR $u_1 = U_{1V}\sqrt{2}\cos(\omega t)$ B

(et $\Phi(\vec{B}) = \Phi(\vec{B_{max}}) \times \sin(\omega t)$) ✗

(et $\Phi(\vec{B_{max}}) = B_{max} \times S$)

intégrer $\dfrac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = \dfrac{u_1}{N_1}$

$\Phi(B) = \dfrac{U_{1V}\sqrt{2}}{\omega N_1}\sin(\omega t) = B_{max}\, S\, \sin(\omega t)$

Ainsi $U_{1V}\sqrt{2}\,\cancel{\cos(\omega t)} = N_1\, B_{max}\, S\omega\, \cancel{\cos(\omega t)}$

$\Leftrightarrow S = \dfrac{U_{1V} \times \sqrt{2} \times \cos(\omega t)}{N_1 \times B_{max} \times \omega \times \cos(\omega t)} = \dfrac{U_{1V}\sqrt{2}}{2\pi f \times N_1 \times B_{max}}$ oui

$\underline{S} = \dfrac{25 \times 10^3 \times \sqrt{2}}{2\pi \times 50 \times 852 \times 1{,}56} = \underline{0{,}085\,m^2}$ ✓

• $S = \pi r^2 \Leftrightarrow \underline{r} = \sqrt{\dfrac{S}{\pi}} = \sqrt{\dfrac{0{,}085}{\pi}} = \underline{0{,}16\,m}$ ✓

2) • Par définition : $\underline{P_J = R_1 I_1^2 + 3R_S I_2^2}$

• On suppose un noyau idéal $\Rightarrow$ c'est un transformateur idéal

loi des puissances : $p_1 = -p_2$) oui mais pas utile ici

OR $p_1 = U_1 I_1 \cos\varphi$ $\qquad$ $p_{22} = U_{22} I_{22} \cos\varphi$

$p_{21} = U_{21} I_{21} \cos\varphi$ $\qquad$ $p_{23} = U_{23} I_{23} \cos\varphi$

$p_2 = p_{21} + p_{22} + p_{23}$

OR $U_{21} = U_{22} = U_{23} = U_2$

et $I_{21} = I_{22} = I_{23} = I_2$

$p_2 = 3 U_2 I_2 \cos\varphi$

OR $\cos\varphi$ primaire $= \cos\varphi$ secondaire oui

$\Leftrightarrow U_1 I_1 = 3 U_2 I_2$ (le – disparait car on est en valeur efficaces)

$\Leftrightarrow I_1 = 3m I_2$ ·loi

Grâce à la loi des courants : $\frac{3I_2}{I_1} = \frac{1}{m} = \frac{N_1}{N_2}$

• On veut montrer que $P_J = 3 R_S I_2^2$

$P_J = R_1 I_1^2 + 3 R_2 I_2^2$

R2 = résistance de chaque enroulement du secondaire

$\Rightarrow P_J = R_1 \times \left(\frac{3 N_2 I_2}{N_1}\right)^2 + 3 R_2 I_2^2$

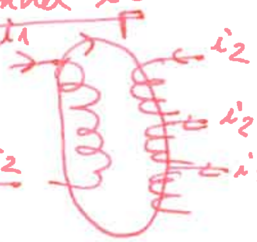
$\Rightarrow P_J = R_1 \times 3^2 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times I_2^2 + 3 R_2 I_2^2$

$= \underbrace{(9 R_1 m^2 + 3 R_2)\, I_2^2}_{3 R_S I_2^2}$

$\boxed{R_S = 3m^2 R_1 + R_2}$

il faut le montrer ici

Théorème d'Ampère sur le fer Γ



$\mathcal{C}(\vec{H}) = N_1 i_1 + 3 N_2 i_2 = 0$

$\vec{H}_{fer} \to 0 \quad \Rightarrow \quad i_1 = -\frac{3 N_2 i_2}{N_1}$

$i_1 = -3m\, i_2$

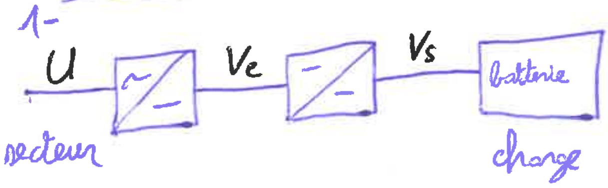
(plus simple qu'une loi de conservation de la puissance.

• grâce à l'essai en court-circuit :

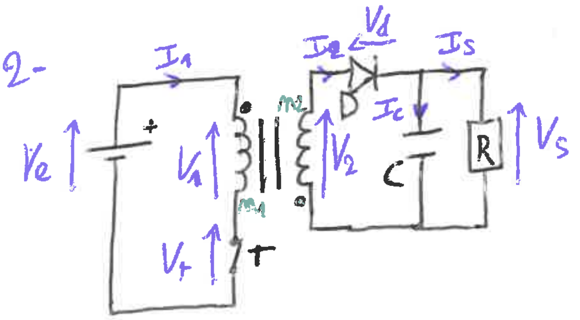
$R_S = \frac{P_{cc}}{3 I_2^2} = \frac{86{,}5 \times 10^3}{3 \times 910^2} = 0{,}035\ \Omega$

groupe n°7 | TD 12 ; Ex n°4 :

1-



2-



$f = 20\ kHz$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{R}{1 + jRC\omega} \qquad \omega = 2\pi f$$

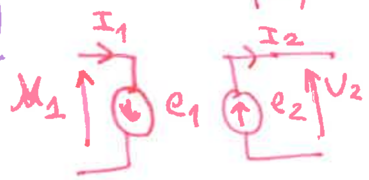
on veut V_s constant, donc il faut $RC\omega \ll 1$

$$\boxed{RC \ll \frac{1}{2\pi f} \simeq 10^{-5}\,s}$$

fréquence de la charge.

3- $V_1 = -\left(-n_1 \frac{d\phi}{dt}\right)$ $\qquad V_2 = \left(-n_2 \frac{d\phi}{dt}\right)$

$V_1 = n_1 \frac{d\phi}{dt}$



faites le schéma équivalent qui justifie les orientations

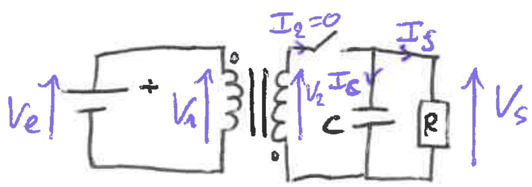
$$\frac{V_2}{V_1} = -\frac{n_2}{n_1} = -m \qquad \boxed{V_2 = -m V_1}$$

4- entre 0 et αT, T est fermé, $V_e = V_1 > 0$, donc $V_2 = -mV_1 < 0$, $\cancel{I_2 < 0}$?, D est bloquée pour $t \in [0; \alpha T]$

$\left(V_d = V_2 - V_s = -mV_e - V_s < 0 \right.$
$V_s > 0$

donc la diode est bloquée
$I_2 = 0$

5- pour $t \in [0; \alpha T]$, T est fermé :



$$V_e = V_1 = L_1 \frac{dI_1}{dt} \qquad I_2 = 0$$

$$V_2 = -mV_1 \implies V_2 = -mV_e$$

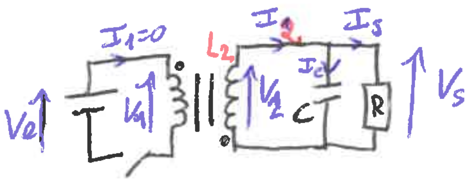
comme $V_e > 0$ et $L_1 > 0$, $\frac{dI_1}{dt} = \frac{V_e}{L_1} > 0$, $I_1(t)$ est croissante sur $[0; \alpha T]$.

après intégration
$I_1(t) = \frac{V_e}{L_1} t + I_1(t=0)$ $\qquad I_1(t=0) = I_{1min}$

$$\boxed{I_1(t) = \frac{V_e}{L_1} t + I_{1min}}$$

oui

6 - pour $t \in [\alpha T ; T]$, T est ouvert ;



$V_2 = V_s$, $V_1 = -\frac{1}{m} V_2$ $I_1 = 0$

$V_1 = -\frac{V_s}{m}$ $V_2 = L_2 \frac{dI_2}{dt}$

pour que D soit passante, comme ici, il faut $\cancel{V_2}$ $I_2 > 0$, et $V_d = 0$, on a donc, comme $V_2 = V_s$

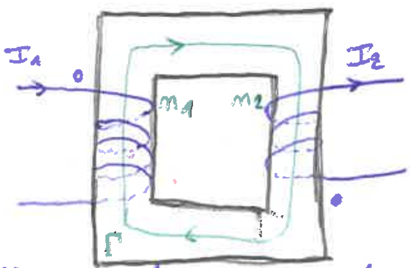
$\frac{dI_2}{dt} = -\frac{V_s}{L_2} < 0$, $I_2(t)$ est décroissante sur $[\alpha T ; T]$

en posant $I_2(t=\alpha T) = I_{2Max}$ et en intégrant on obtient

$$I_2(t) = -\frac{V_s}{L_2}(t - \alpha T) + I_{2Max}$$

7 - on applique le théorème d'Ampère :

$\oint_{\Gamma \text{ fermé orienté}} (\vec{H}) = i_{\text{enlacé}}$



on note l la longueur moyenne du fer, on a donc

$$H.l = n_1 I_1 - n_2 I_2$$

le fer est supposé parfait donc : linéaire $\Rightarrow \vec{H} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \vec{B}$

et de perméabilité relative infinie $\Rightarrow \mu_r \to \infty$, $H \to 0$

on a alors $n_1 I_1 - n_2 I_2 \longrightarrow 0$

$$n_1 I_1 = n_2 I_2$$

$$\boxed{\frac{n_2}{n_1} = \frac{I_1}{I_2} = m} \qquad I_1 = m I_2$$

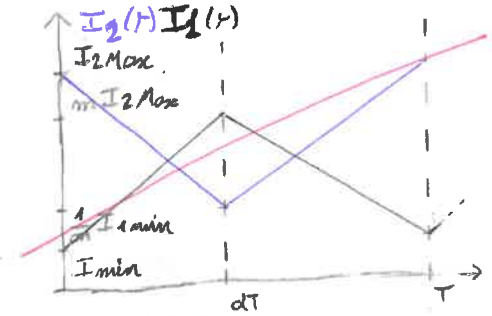
8 - si $t = \alpha T$, $I_1(\alpha T) = m I_2(\alpha T) \iff \frac{V_e}{L_1} \alpha T + I_{1min} = m I_{2Max}$

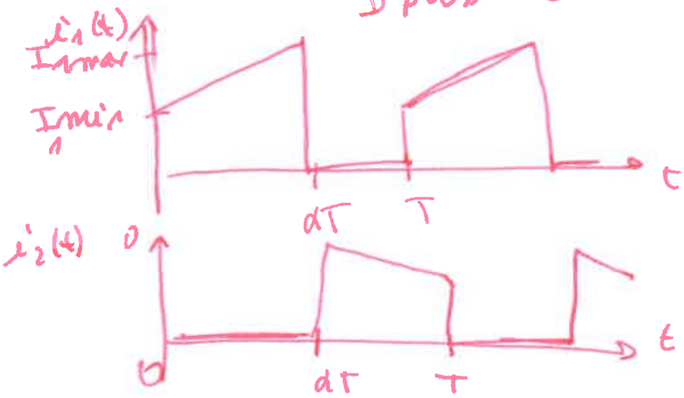
si $t = 0$, $I_1(0) = m I_2(0) \iff I_{1min} = -\left(\frac{V_s}{L_2} \alpha T + I_{2Max}\right) m$

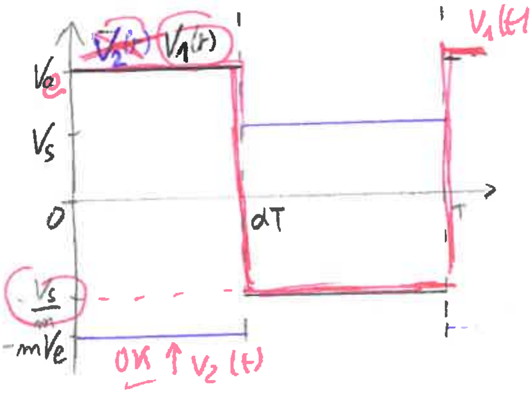
8-(suite)

pour $t \in [0, \alpha T]$ T passant, D bloquée, $I_2 = 0$

$t \in [\alpha T, T]$ T bloqué, D passante, $I_1 = 0$







$i_1(t)$ et $i'_2(t)$ SONT DISCONTINUES
→ c'est le flux magnétique qui doit être continu

9- $V_1(t) = L_1 \frac{dI_1}{dt}$ $\quad \langle V_1(t)\rangle = L_1 \langle \frac{dI_1}{dt} \rangle = \frac{L_1}{T}\int_0^T \frac{dI_1}{dt}dt = \frac{L_1}{T}\int_0^T dI_1(t) = 0$

l'intégrale est nulle car I_1 est T periodique on a donc $\langle V_1(t)\rangle = 0$

alors $\cancel{\frac{1}{T}\left(\frac{1}{T}\int_0^T V_1(t) = \frac{1}{T}[V_1(t)]\right)}$

$$\frac{1}{T}\int_0^T V_1(t)dt = \frac{1}{T}\left(V_e \alpha T - T(1-\alpha)\frac{V_s}{m}\right) = 0$$

$$\alpha V_e = \frac{1-\alpha}{m} V_s$$

$$\boxed{\frac{V_e}{V_s} = \frac{1}{m}\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)}$$

Valeur efficace de Ve(t)
Valeur max $= \sqrt{2} \times 220 = 325\,V$

10- $V_e = 220\,V$, $V_s = 5\,V$, $\frac{mV_e}{V_s} = \frac{1}{\alpha} - 1$

$m = 0,13$

expression numérique

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{mV_e}{V_s}} = \frac{1}{1 + \frac{0,13 \times 325}{5}}$$

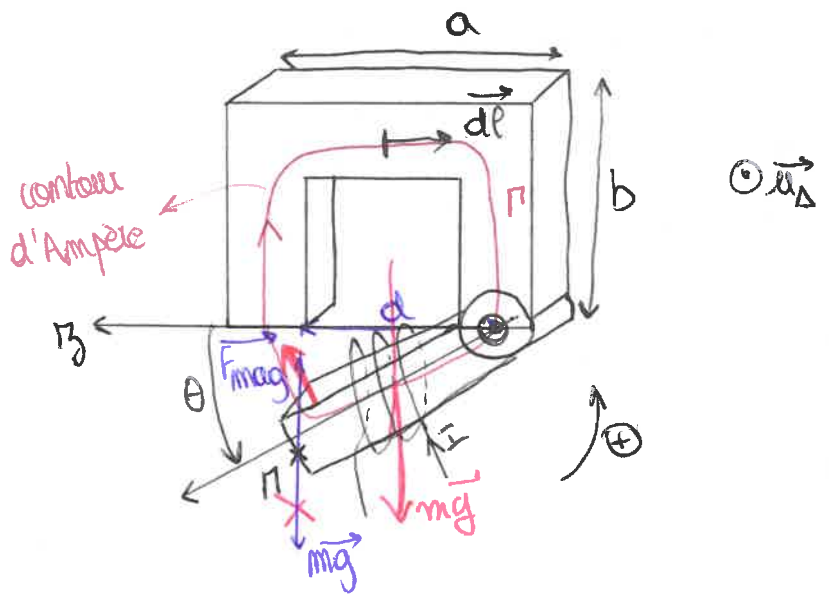
AN: $\boxed{\alpha = 0,15}$

11- la batterie se ~~charche~~ charge pendant un temps $T - \alpha T$ ($t \in [\alpha T, T]$) lorsque ~~pendant~~ que le circuit inductif ~~se décharge dans le circuit~~ du secondaire se décharge, le circuit inductif du primaire se charge entre $t = 0$ et $t = \alpha T$

entre $[0, \alpha T]$ transfert d'énergie de la source → primaire stockage

$[\alpha T, T]$ transfert d'énergie du secondaire → batterie.

TD 12 : Exercice 5 Groupe 3.



1) On effectue un bilan des forces sur le système = partie mobile.

* Poids $\vec{mg}$ ⚠ s'applique au centre de gravité de la partie mobile.
* Force magnétique : $\vec{F_{mag}}$ → perpendiculaire au fer.

On détermine le moment du poids par rapport à l'axe de rotation.

$$\mathcal{M}(\vec{mg}) = -\|\vec{mg}\| \times \frac{a}{2} = \mu_{fer} S \ell_m \frac{g\, a \cos\theta}{2}$$

2) On exprime le moment de la force magnétique :

$$\mathcal{M}(\vec{F_{mag}}) = +\|\vec{F_{mag}}\| \times d = -\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta}\, a\, \cancel{\cos\theta}$$

3). On exprime la valeur du champ magnétique dans le circuit :

$$\mathcal{C}_\Gamma(\vec{H}) = i_{enlacés} \iff \oint_\Gamma \vec{H}\cdot\vec{d\ell} = \int_f H_f \cdot d\ell + \int_{ef} H_{ef} \cdot d\ell = NI$$

Théorème d'Ampère

longueur de l'entrefer = $a\theta$.

$$\iff H_f \ell_m + H_{ef}\, a\theta = NI$$

$$\iff \frac{B_f}{\mu_0 \mu_r} \ell_m = \frac{B_{ef}}{\mu_0} a\theta = NI$$

Or, d'après l'équation de Maxwell-Thomson,

$\boxed{S_f B_f = B_{ef} S_{ef}}$ car la section du tore est ~~uniforme~~ constante

→ dans un tube de champ de section constante, à dessiner.

D'où $$B = \frac{\mu_0 NI}{\left(\frac{\ell_m}{\mu_r} + \frac{a\theta}{\cancel{\mu_0}}\right)}$$

• ~~On utilise le théorème du moment cinétique scalaire~~ :

$$\cancel{J_\Delta \ddot{\theta} = -\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta} a\cos\theta + \mu_{fer} S \ell_m g\, a\cos\theta}$$

~~Or, le circuit se ferme si $|\mathcal{M}(m\vec{g})| < |\mathcal{M}(\vec{F}_{mag})|$ et cette position représente une position d'équilibre~~

• Le circuit se ferme si $|\mathcal{M}(m\vec{g})| < |\mathcal{M}(\vec{F}_{mag})|$

Donc $\left|\mu_{fer} S \ell_m g \frac{a}{2}\cos\theta\right| < \left|\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta} a \cancel{\cos}\theta\right|$

$\left[\frac{B^2}{2\mu_0}\right]$ J.m^{-3} $\neq \mathcal{E}_B$ en J

$\mathcal{E}_B = \iiint_{entrefer} \frac{B^2}{2\mu_0} d\tau$ avec $d\tau \simeq a\,d\theta\, S$

Or, $\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta} = \frac{d(B^2/2\mu_0)}{d\theta}$ en supposant que l'énergie est concentrée dans l'entrefer.

pas homogène !

$\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta} = \frac{B^2}{2\mu_0} aS = \frac{(\mu_0 N I)^2 aS}{2\mu_0 (a\theta)^2}$

$$= \frac{d}{d\theta}\left(\frac{\cancel{\mu_0^2} N^2 I^2}{2\left(\frac{\ell_m}{\mu_r} + a\theta\right)^2 \cancel{\mu_0}}\right)$$

à vérifier numériquement

Comme μ_r est grand, on pose : $\frac{\ell_m}{\mu_r} << a\theta \cancel{\mu_0}$

$\frac{0{,}6}{2500} = 2{,}4.10^{-4}$ m $= \frac{\ell_m}{\mu_r}$

$a\theta = 0{,}2 \times \frac{5\times\pi}{180} =$

$a\theta = 1{,}7.10^{-2}$ m

donc $a\theta >> \frac{\ell_m}{\mu_r}$

Donc $\frac{d\mathcal{E}_B}{d\theta} = \frac{d}{d\theta}\left(\cancel{\frac{\mu_0 N^2 I^2}{2a\theta^2}}\right) = \cancel{\frac{N^2 I^2}{2a}(-2\theta^{-3})}$

Ainsi, $\mu_{fer} S \ell_m g \frac{a}{2}\cos\theta < \cancel{\frac{N^2 I^2}{a\theta^3} a\cos\theta}$

$\mu_{fer} S \ell_m g \frac{a}{2}\cos\theta < \frac{\mu_0 (NI)^2 a^2 S}{2(a\theta)^2}$

$\Leftrightarrow N > \cancel{\frac{\sqrt{\mu_{fer} S \ell_m g}}{I\sqrt{a\theta^3}}}$

$\theta = 5°$ $\cos\theta \simeq 1$

$N > \frac{a\theta}{I}\sqrt{\frac{\mu_{fer}\, 2(a+b)g}{\mu_0}}$

4) ~~N est minimal~~

Le nombre minimal de spires nécessaires à la fermeture du circuit :

$$N = \cancel{\frac{\sqrt{\mu_{fer} S \ell_m g}}{I\sqrt{a\theta^3}} = \frac{\sqrt{7800 \times 2\times(20\times10^{-2}\times10\times10^{-2})\times10\times10\times10^{-4}}}{5\times\sqrt{20\times10^{-2}}\times\left(5\times\frac{2\pi}{360}\right)^3}}$$

$\simeq$ 30 spires pour $S \simeq 10$ cm^2

$\boxed{N = 334 \text{ spires}}$

$$N > \frac{a\theta}{I}\sqrt{\frac{\mu_{fer}\,2(a+b)g}{\mu_0}} = \frac{0{,}1\times 5\times\pi}{5\times180}\sqrt{\frac{7800\times0{,}6\times9{,}8}{4\pi.10^{-7}}}$$