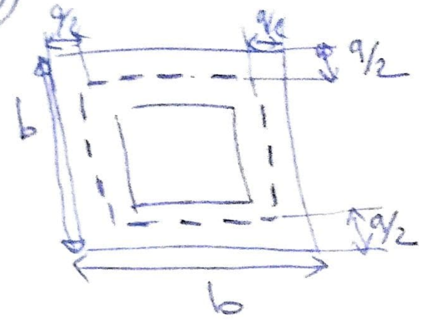
Correction TD N° 1

Exercice 1

1°/ . La longueur moyenne : $l = 4\left(b - \left(\frac{a}{2} - \frac{a}{2}\right)\right) = 4(5-1) = 16\,cm$

. La section du circuit magnétique :

$$S = a \times a = 1\,cm^2.$$



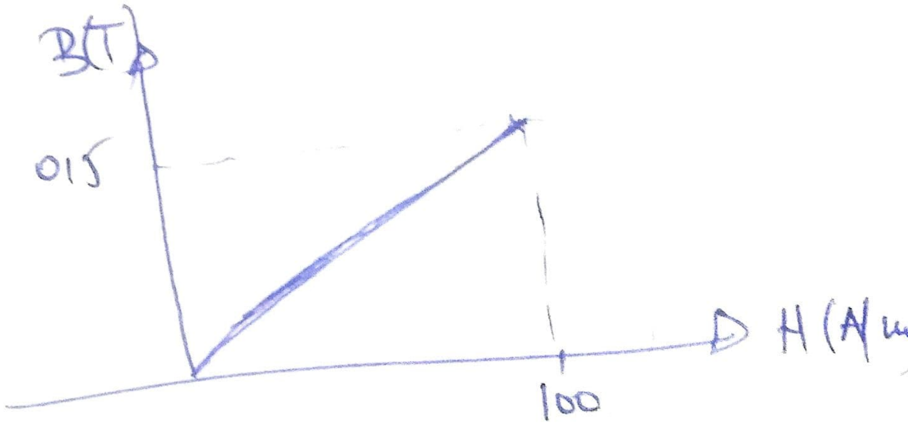
2°/ La perméabilité relative est définit par :

$$\mu_r = \frac{\mu(\text{materiau})}{\mu_0} \Rightarrow \mu = \mu_0 . \mu_r$$

AN $\quad \mu = 4.\pi.10^{-7} \times 4.10^{3} = 5{,}03.10^{-3}\ SI$

3°/ Dans la zone linéaire la relation entre B et H est de la forme : $\vec{B} = \mu \vec{H}$ ou $B = \mu H$.

pour $H_{max} = 100\ A/m$ on a $B_{max} = 5{,}03.10^{-3} \times 100 =$



4°/ D'après le théorème d'Ampère :

$$\oint \vec{H}.\vec{dl} = \Sigma nI.$$

donc $H.l = NI. \Rightarrow \boxed{I = \frac{H.l}{N.}}$

5°/ La réluctance se calcule par

$$\boxed{\mathcal{R} = \frac{l}{S\cdot\mu} = \frac{l}{S\cdot\mu_0\mu_r}}$$

AN $\mathcal{R} = 318091,45\ H^{-1}$

Donc l'inductance spécifique est l'inverse de ~~lkie~~ la réluctance : $L_s = \frac{1}{\mathcal{R}} = 3,14\ \mu H$.

6°/ L'inductance propre du circuit dans la zone linéaire

$\boxed{L_p = \frac{N^2}{\mathcal{R}}}$ $\rightarrow$ AN : $L_p = \frac{20^2}{318091,45} = 1,26\ mH$.

7°/ Le flux à travers une section : φ.

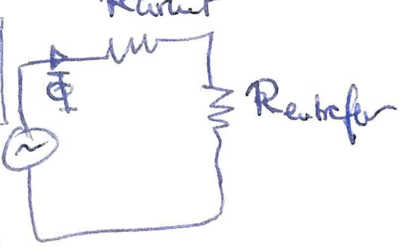
$\varphi_{max} = B_{max}\cdot S = 0,5\times10^{-4} = 50\ \mu Wb$.

donc le flux max à travers l'enroulement $\Phi_{max} = N\varphi$

$\Phi_{max} = 20\cdot 50\cdot 10^{-6} = 1\ mWb$.

8°/ Maintenant, on pratique un entrefer e = 1 mm avec $N' = 40$ spires.

a/ $\boxed{\mathcal{R}_{eq} = \mathcal{R}_{circuit} + \mathcal{R}_{entrefer} = 8,27\cdot10^{6}\ H^{-1}}$



avec :

$\mathcal{R}_{circuit} = \frac{l-e}{\mu\cdot S} = 316103,38\ SI$

$\mathcal{R}_{entrefer} = \frac{e}{\mu_0\cdot S} = \frac{10^{-3}}{4\pi\cdot10^{-7}\times10^{-4}} = 7957747,15\ SI$

b/ Inductance propre :

$$\boxed{L = \frac{N'^2}{\mathcal{R}_{eq}} = \frac{40^2}{8,27\cdot10^{6}} = 193,38\ \mu H}$$

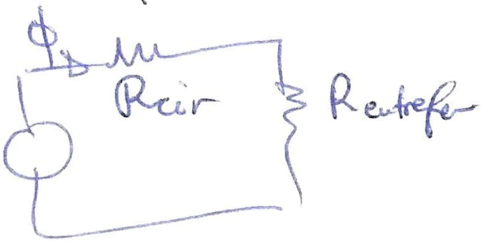
c/ $\Phi'_{max} = N'\varphi_{section} = N' B_{max} S = 2\cdot10^{-3}\ wb = 2\ mWb$

d) On trace le circuit électrique équivalent pour voir le flux qui circule dans le circuit magnétique.

Rappel	gd^{ers} électrique	gd^{ers} magnétique
	Courant I →	flux magn Φ
	Tension V →	F.m.m. NI
	Résistance R →	réluctance $\mathcal{R}$.

Dans notre cas, le circuit équivalent est:

D'après la loi d'Ohm magnétique



$N'I = \Phi . R\acute{e}q.$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{\Phi . R\acute{e}q}{N'}}$$

AN $\quad I = \frac{2.10^{-3} \times 8{,}27.10^{6}}{40^{2}}$.

$$\boxed{I = 10{,}33\ A}.$$

e) Pour supporter ce courant, il faut des conducteurs de diamètres suffisant, mais ~~vu~~ les dimensions du circuit magnétique (a = 1cm, b = 5cm) on ne peut pas bobiner des conducteurs des ~~diamètres~~ acceptant le courant

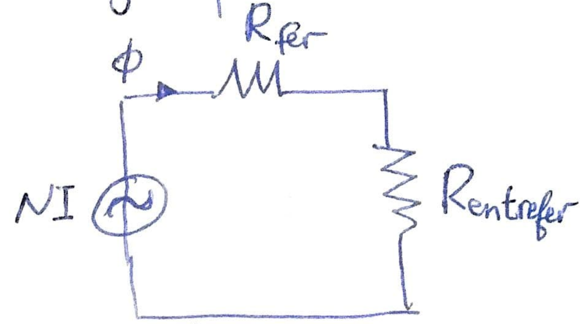
$\Rightarrow$ Il faut changer les dimensions du circuit magn $\Rightarrow$ ~~changer~~ replacer le circuit.

Exercice 2

1/ le schéma équivalent du circuit magnétique.

Données

$e = 0,5\,cm$.
$\mu_r = 2500$.
$N = 250$



2) $l_m = ((15-4)+(20-4)) \times 2 = 0,54\,m$.

$S = 4 \times 4 = 16\,cm^2 = 0,0016\,m$.

3) • La réluctance du fer : $R_{fer} = \dfrac{l_m - e}{\mu . S} = \dfrac{l_m - e}{\mu_0 \mu_r S}$

AN $\boxed{R_{fer} = 106434,86\ At/Wb}$

• La réluctance de l'entrefer : $R_{entrefer} = \dfrac{e}{\mu_0 . S}$

AN $\boxed{R_{entrefer} = 2486795,98 \simeq 2486796\ At/Wb}$

4/ L'expression du flux magn.

$\phi = \dfrac{NI}{R_{éq}}$ avec $R_{éq} = R_{fer} + R_{entrefer} \simeq 2,59.10^{-6}$ SI

AN $\boxed{\phi = 192,81\ \mu Wb}$

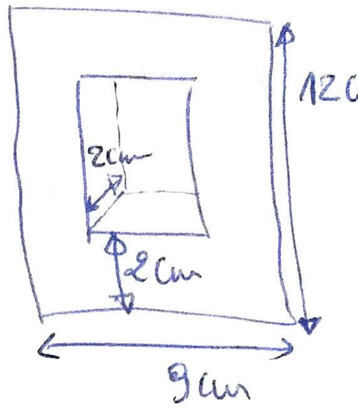
5/ $\phi = B.S \Rightarrow B = \dfrac{\phi}{S}$, AN $\boxed{B = 0,12\ T}$

Exercice 3 : Inductance d'une bobine

Données

$N = 100$ spires.

$\mu_r = 2500$.



1/ La réluctance du circuit magnétique.

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r S} \quad \text{avec : } \begin{cases} l = \big((9-2)+(12-2)\big)\times 2 \\ \quad = 34\ cm = 0{,}34\ m. \\ S = 2\times 2 = 4\ cm^2 = 0{,}0004\ m^2 \end{cases}$$

AN $$\mathcal{R} = \frac{0{,}34}{4.\pi.10^{-7}\times 2500\times 0{,}0004}$$

$$\boxed{\mathcal{R} = 270563\ At/Wb}$$

2/ L'inductance L est donnée par :

$$L = \frac{N^2}{\mathcal{R}} \Rightarrow \text{AN} \quad \boxed{L = 36{,}96\ mH} \simeq 37\ mH.$$

3/ $$\mathcal{R}_{éq} = \mathcal{R}_{fer} + \mathcal{R}_{entrefer} = \frac{l-e}{\mu_0\mu_r S} + \frac{e}{\mu_0 S}$$

$$\mathcal{R}_{éq} = \frac{1}{\mu_0 S}\left(\frac{l-e}{\mu_r} + e\right)$$

AN $$\boxed{\mathcal{R}_{éq} = 2{,}26.10^6\ At/Wb}.$$

ou : $$\mathcal{R}_{éq} \simeq \frac{e}{\mu_0 S} \quad \text{car} \quad \frac{l-e}{\mu_r} \ll e$$

AN $$\boxed{\mathcal{R}_{éq} = 1{,}989.10^6\ At/Wb}$$

4/ $$\boxed{L = \frac{N^2}{\mathcal{R}_{éq}} = 4{,}425\ mH}$$

Correction TD N°2

Exercice 2

1) D'après la relation de Boucherot : $V_1 = 4{,}44\, n_1 f B S$.

donc pour $B_{max} = 1\,T$, on a $\boxed{n_1 = \dfrac{V_1}{4{,}44 f B_{max} S}}$

or $S = 2A = 2 \times 17{,}5 = 35\,cm$.

AN $n_1 = \dfrac{220}{4{,}44 \times 50 \times 1 \times 0{,}0035}$

$$\boxed{n_1 = 283 \text{ spires}}$$

2) D'après les équations du transformateur vues en cours

$$\begin{cases} n_1 I_1 - n_2 I_2 = \phi . \mathcal{R} . \\ \phi = \dfrac{V_1}{j\omega n_1} \end{cases} \Rightarrow I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2 + \frac{\mathcal{R}}{n_1}\phi$$

$$= \frac{n_2}{n_1} I_2 + \underbrace{\frac{\mathcal{R} V_1}{j\omega n_1^2}}_{\text{courant magnétisant } I_{10}}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{10} = \frac{V_1}{j\omega \frac{n_1^2}{\mathcal{R}}} = \frac{V_1}{j\omega L_1}}$$

inductance propre de l'enroulement primaire.

AN $L_1 = \dfrac{n_1^2}{\mathcal{R}}$

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu_0 \mu_r S} = \frac{0{,}36}{\frac{1}{8 \cdot 10^5} \times 3 \cdot 10^3 \times 0{,}0035}$$

$$\boxed{\mathcal{R} = 27428{,}6 \text{ At/Wb}}$$

$$\Rightarrow \boxed{L_1 = \frac{283^2}{27428{,}6} = 2{,}92\,H}$$

d'où le courant magnétisant $I_{10} = \dfrac{220}{2\pi \times 50 \times 2{,}92}$

$$\boxed{I_{10} = 239{,}82\,mA}$$

3) Les pertes fer : P_{fer} :

On a la masse volumique : $\rho = \frac{m}{V} = 7\ Kg/dm^3$.

et le volume du circuit magnétique (fer) est V.

$$V = 2 \times (s \times \ell) = 2 \times 17{,}5 \times 36 = 1260\ cm^3$$
$$= 1{,}26\ dm^3.$$

donc la masse du fer est $m = \rho \cdot V$.

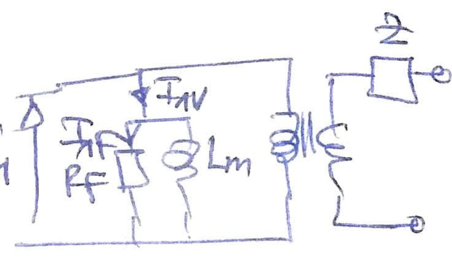
AN $\boxed{m = 7 \times 1{,}26 = 8{,}82\ kg}$

d'autre part les pertes fer massique vaut $p_{fer} = 2{,}5\ W/kg$

ce qui donne une pertes fer totale de :

$$P_{fe} = p_{fe} \cdot m = 2{,}5 \times 8{,}82$$

$$\boxed{P_{fe} = 22{,}05\ W}$$



d'après le schéma équivalent du transfo (Hypothèse de Kapp)

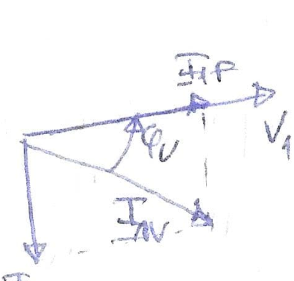
$$P_{fer} = \frac{V_1^2}{R_F} = R_F \cdot I_{1F}^2$$

AN $\boxed{R_F = 2195\ \Omega} \Rightarrow \boxed{I_{1F} = \sqrt{\frac{P_{fer}}{R_F}} = 0{,}1\ A}$

4/ $I_{1V} = I_{1F} + I_{10}$

I_{1F} est en phase avec V_1

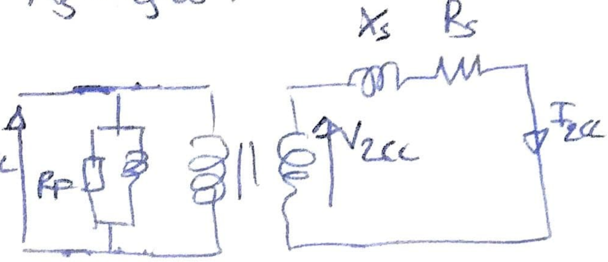
$$I_{1V} = \sqrt{I_{10}^2 + I_{1F}^2}.$$



$$\boxed{I_{1V} = 259{,}83\ mA}$$

$$\boxed{\cos\varphi_V = \frac{I_{1F}}{I_{1V}} = 0{,}38}$$

5) L'essai en court-circuit permet de déterminer la réactance de fuite ramenée au secondaire. $X_s = l_s \omega$.



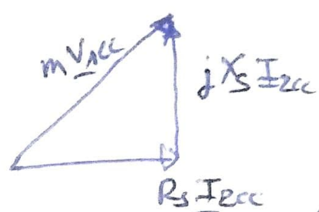
$\underline{V_{2cc}} = m \cdot \underline{V_{1cc}} = jX_s \underline{I_{2cc}} + R_s \underline{I_{2cc}}$

or $m = \dfrac{V_{20}}{V_1} = \dfrac{110}{220} = 0{,}5$.

R_s la résistance ramenée au secondaire

$R_s = R_2 + m^2 R_1 = 0{,}12 + 0{,}5^2 \times 0{,}4 = 0{,}22\,\Omega$.

$(m \cdot V_{1cc})^2 = (R_s I_{2cc})^2 + (X_s I_{2cc})^2$



$$\boxed{X_s = \frac{\sqrt{(m V_{1cc})^2 - (R_s I_{2cc})^2}}{I_{2cc}}}$$

$(X_s = l_s \omega)$

AN $X_s = \dfrac{\sqrt{(0{,}5 \times 6{,}22)^2 - (0{,}22 \times 10)^2}}{10} = 0{,}22\,\Omega$.

6) on a la chute de tension $\Delta V = R_s I_2 \cos\varphi_2 + l_s \omega I_2 \sin\varphi_2$

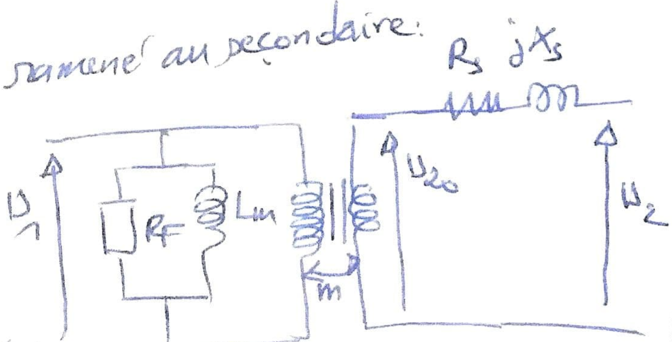
AN $\Delta V = 0{,}22 \times 10 \times 0{,}8 + 0{,}22 \times 10 \times 0{,}6 = 3{,}08\,V$

de plus $\Delta V = |V_{20}| - |V_2| \Rightarrow V_2 = V_{20} - \Delta V$.

AN $\boxed{V_2 = 110 - 3{,}08 = 106{,}92\,V}$

Exercice 3

1) Schéma équivalent du transfo. ramené au secondaire.



- Rapport de transformation:

$m = \dfrac{U_{20}}{U_1} = 0{,}0181$.

- la résistance totale du secondaire

$R_s = R_2 + m^2 R_1 = 2 \cdot 10^{-2} + (0{,}0181)^2 \cdot 61 = \boxed{0{,}04\,\Omega}$.

- Inductance de fuite totale au secondaire l_s.

$$X_s = l_s\omega = l_2\omega + m^2 \cdot l_1\omega = 4\cdot10^{-2} + (0{,}0181)^2\cdot 141.$$

$$\boxed{X_s = 0{,}086\ \Omega}$$

2) la chute de tension : $\Delta U_2 = |U_{20}| - |U_2|$

mais, la formule simple $\Delta U_2 \simeq R_s I_{2n}\cos\varphi_2 + X_s I_{2n}\sin\varphi_2$ permet de calculer cette chute de tension avec une erreur acceptable.

~~donc $\Delta U_2 \simeq 0{,}04\times$~~

calculons tout d'abord I_{2n}.

$$I_{2n} = \frac{S_{2n}}{U_{20}} = \frac{76000}{380} = 200\ A.$$

$$\Rightarrow \Delta U_2 = 0{,}04\times200\times0{,}8 + 0{,}086\times200\times0{,}6$$

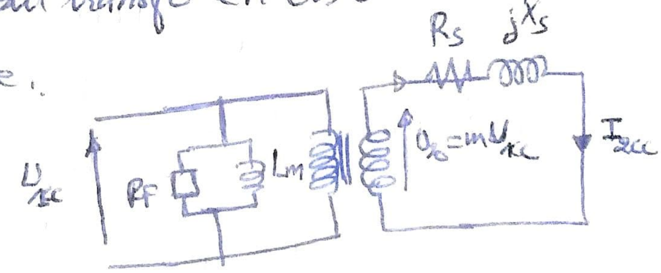
$$\boxed{\Delta U_2 = 16{,}72\ V}$$

On en déduit la tension au secondaire U_2

$$U_2 = U_{20} - \Delta U_2$$

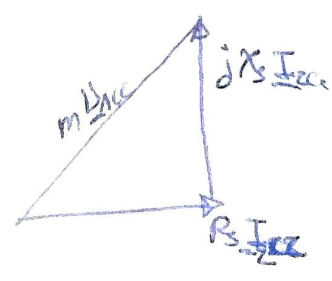
$$\boxed{U_2 \simeq 363{,}3\ V}$$

3) le schéma du transfo en cas de court-circuit du secondaire.



$$m U_{1cc} = R_s I_{2cc} + jX_s I_{2cc}$$

$$(mU_{1cc})^2 = (R_s I_{2cc})^2 + (X_s I_{2cc})^2$$



$I_{2cc} = I_s$

$$\Rightarrow \boxed{I_s = \frac{mU_{1cc}}{\sqrt{R_s^2+X_s^2}}}$$

AN : $I_s = \dfrac{(0{,}0181) \cdot 21000}{\sqrt{904^2 + 0{,}086^2}}$

$\boxed{I_s = 4007{,}5A}$

4) on a d'après la question précédente

$(m U_{1cc})^2 = (R_s I_{2n})^2 + (X_s I_{2n})^2$

$$\boxed{U_{1cc} = \frac{\sqrt{(R_s I_{2n})^2 + (X_s I_{2n})^2}}{m}}$$

AN : $U_{1cc} = \dfrac{\sqrt{(0{,}04^2 \cdot 200)^2 + (0{,}086 \cdot 200)^2}}{0{,}0181}$

$\boxed{U_{1cc} = 1048V}$

$\Rightarrow \quad \varepsilon = \dfrac{U_{1cc}}{U_{1n}} = \dfrac{1048}{21000}$

$\boxed{\varepsilon \simeq 5\%}$

- La puissance absorbée P_{cc}

$P_{cc} = R_s I_{2cc}^2 = 0{,}04 \times 200^2$

$\boxed{P_{cc} = 1600W}$

5) Le rendement $\eta = \dfrac{P_u}{P_a} = \dfrac{P_u}{P_u + \sum pertes}$

$\sum pertes = P_{fer} + P_J = P_0 + P_{cc} = 400 + 1600 = 2000W$

$P_u = U_2 I_2 \cos\varphi_2 = 58124{,}8W$.

$\Rightarrow \quad \eta = \dfrac{58124{,}8}{58124{,}8 + 2000} = 0{,}9667$

$\boxed{\eta = 96{,}67\%}$

6) * $P_1 = \frac{P_u}{\eta}$ (car $P_1 = P_{abs}$ dans notre cas)

$$P_1 = \frac{58124,8}{0,9667}$$

donc $\boxed{P_1 = 60,125 \text{ kW}}$

~~$* Q_1 = \sqrt{S^2 ...}$~~

* La puissance réactive Q_1 absorbée au primaire :

$$S^2 = P_1^2 + Q_1^2 \Rightarrow Q_1 = \sqrt{S^2 - P_1^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{(76.10^3)^2 - (60,125.10^3)^2}$$

$$\boxed{Q_1 = 46,5 \text{ kVA}}$$

* Le facteur de puissance $\cos\varphi_2$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{S_1}$$

$$= \frac{60,125}{76}$$

$$\boxed{\cos\varphi_1 = 0,791 \simeq 0,8}$$

* Le courant I_1 circulant au primaire :

$$P_1 = U_1 I_1 \cos\varphi_1$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{P_1}{U_1 \cos\varphi_1} = \frac{60,125.10^3}{21000 \times 0,8}$$

AN : $\boxed{I_1 = 3,6 \text{ A}}$

7/ Pour trouver le rendement max, on calcule

$$\frac{d\eta}{dI_2} = 0 \Leftrightarrow R_s I_2^2 - P_{fer} = 0 \Rightarrow P_{fer} = R_s I_2^2$$

d'où $\boxed{I_2' = \sqrt{\frac{P_{fer}}{R_s}}}$

AN $I'_2 = \sqrt{\frac{400}{0,04}}$

$\boxed{I'_2 = 100\ A}$

Pour $\cos\varphi_2 = 1 \Rightarrow \boxed{\eta_{max} = \frac{U_2 I'_2}{U_2 I'_2 + R_s I'^2_2 \times 2}}$ $(P_{fer} = R_s I'^2_2)$

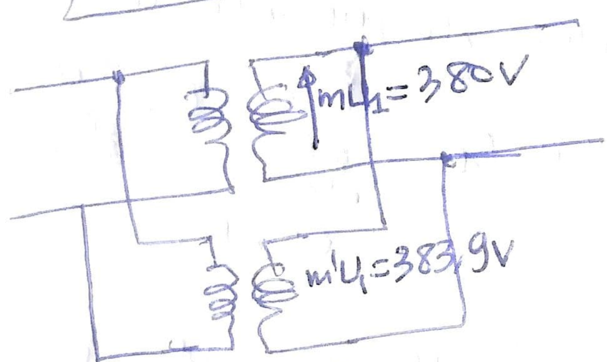
η_{max} $U_2 = U_{20} - R_s I'_2 = 380 - 0,04\times 100 = 376V$

$(\cos\varphi_2 = 1 \Rightarrow U_{20} = R_s I'_2 + U_2)$

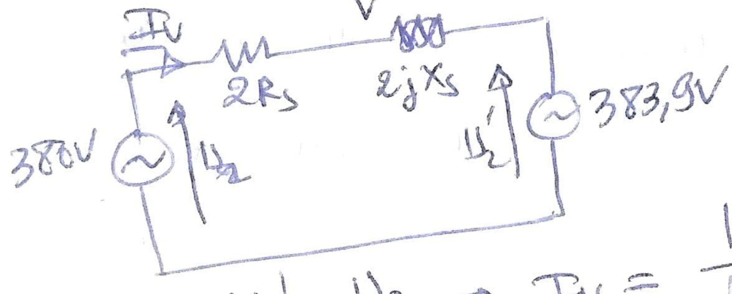
d'où $\eta_{max} = \frac{376\times 100}{376\times 100 + 2\times 400}$

$\boxed{\eta_{max} = 0,979}$

8)



$\Updownarrow$



$I_V = \frac{U'_2 - U_2}{2R_s + j2X_s} \Rightarrow I_V = \frac{|U'_2 - U_2|}{\sqrt{(2R_s)^2 + (2X_s)^2}}$

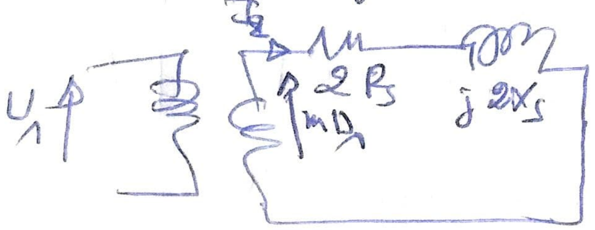
AN $I_V = \frac{|383,9 - 380,0|}{\sqrt{4\times 0,04^2 + 4\times 0,086^2}}$

$\boxed{I_V = 20,5\ A}$

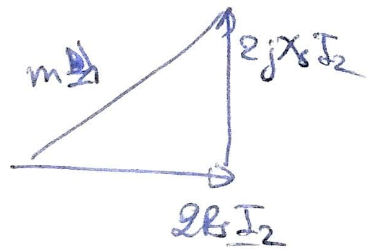
9) On débranche le secondaire du 2^e transfo.

⇒ Le ~~pri~~ secondaire du 2^e transfo devient une charge pour le 1^e transfo.

⇕



on a $mU_1 = 2R_s I_2 + j2X_s I_2$ →



$$\Rightarrow (mU_1)^2 = (2R_s I_2)^2 + (2X_s I_2)^2$$

$$\Rightarrow \boxed{I_2 = \frac{mU_1}{\sqrt{4R_s^2 + 4X_s^2}}}$$

AN $I_2 = \dfrac{380}{\sqrt{4 \times 0{,}04^2 + 4 \times 0{,}086}}$

$$\boxed{I_2 = 2003\,A}$$

Le courant au primaire : I_1

$$I_1 = m \cdot I_2$$

$$\boxed{I_1 = 36{,}26\,A}$$

Correction TD N°3

Exercice 1

1) D'après la plaque signalétique, on a 220/380V.
et on a un réseau d'alimentation de 380V.
donc le couplage est étoile

2) La vitesse de synchronisme vaut $N_s = \frac{60 \cdot f_s}{P}$
pour $f_s = 50\,Hz$ on a les vitesses suivantes.

P	1	2	4	8
N_s tr/min	3000	1500	750	325

ainsi la vitesse nominale du moteur est $N = 725$ tr/min
donc la vitesse de synchronisme la plus proche
est $\boxed{N_s = 750 \text{ tr/min}}$

$$\Rightarrow p = \frac{60 \cdot f_s}{N_s} = \frac{3000}{750} = 4$$

3) $P_{JS} = 3 \cdot R_s \cdot I_n^2 = 3 \times 0{,}15 \times 40^2$

$$\boxed{P_{JS} = 720\,W}$$

4) le glissement $g = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{750 - 725}{750} = 3{,}3\%$

5) $P_{JR} = g\,P_t$ avec $\begin{cases} P_t = P_{abs} - P_{JS} - P_{fer} \\ P_{abs} = 3\,V\,I\cos\varphi = \sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi \\ = 22641\,W. \end{cases}$

$P_{JR} = 0{,}033 \times (22641 - 720 - 500)$

$$\boxed{P_{JR} = 706{,}9\,W}$$

6) $\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} = \frac{P_{abs} - \sum pertes}{P_{abs}}$.

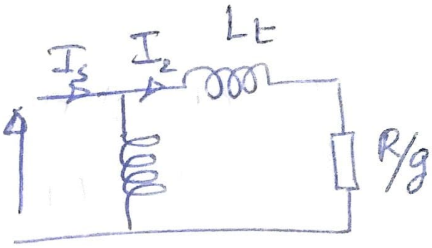
$\sum pertes = P_{JS} + P_{JR} + P_{fe} + \underbrace{P_m}_{=0} = 1926{,}9\ W$

$\eta = \frac{22461 - 1926{,}9}{22461}$.

$$\boxed{\eta = 91{,}5\%}$$

Exercice 2

1/ on a la puissance transmise P_{em}



$P_{em} = C_{em} \cdot \Omega_s = 3 \cdot \frac{R}{g} I_2^2$

$\underline{I_2} = \frac{V_s}{\frac{R}{g} + jL_t w} \Rightarrow I_2 = \frac{V_{seff}}{\sqrt{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L_t w)^2}}$

donc $P_{em} = 3 \cdot \frac{R}{g} \cdot \frac{V_{seff}^2}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L_t w)^2}$

d'où $C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega_s} = 3p \frac{R}{g} \frac{V_{seff}^2}{w_s} \frac{1}{\left(\frac{R}{g}\right)^2 + (L_t w)^2}$ $\left(\Omega_s = \frac{w_s}{p}\right)$

$C_{em} = 3p \frac{V_{seff}^2}{w_s} \frac{\cancel{\frac{R}{g}}}{\cancel{\frac{R}{g}} L_t w_s \left(\frac{R}{g L_t w_s} + \frac{g}{R} L_t w_s\right)}$

$= 3p \frac{V_{seff}^2}{w_s^2 L_t} \frac{1}{\frac{R}{g L_t w_s} + \frac{g L_t w_s}{R}}$

$$\boxed{C_{em} = \frac{A}{\frac{g}{g_0} + \frac{g_0}{g}}}$$ avec $\boxed{\frac{1}{g_0} = \frac{L_t w_s}{R}}$ $\boxed{A = 3p \frac{V_{seff}^2}{w_s^2 L_t}}$

donc $\boxed{\begin{aligned} A &= 3p\,\frac{V_{seff}^2}{L_t\,\omega_s^2} \\ g_0 &= \frac{R}{L_t\,\omega_s} \end{aligned}}$ et $\boxed{C_{em} = \dfrac{A}{\dfrac{g}{g_0} + \dfrac{g_0}{g}}}$

$$\underline{I}_s = \frac{\underline{V}_s}{jL_0\omega_s} + \frac{\underline{V}_s}{\frac{R}{g} + jL_t\omega_s} \Rightarrow \frac{\underline{I}_s}{\underline{V}_s} = \frac{1}{jL_0\omega_s} + \frac{1}{\frac{R}{g} + jL_t\omega_s}$$

ou $$\frac{\underline{V}_s}{\underline{I}_s} = \frac{jL_0\omega_s\left(\frac{R}{g} + jL_t\omega_s\right)}{\frac{R}{g} + j\omega_s(L_t + L_0)}$$

φ_s est le déphasage de V_s par rapport à I_s

$$\varphi_s = \arg(jL_0\omega_s) + \arg\left(\frac{R}{g} + jL_t\omega_s\right) - \arg\left(\frac{R}{g} + j\omega_s(L_t + L_0)\right)$$

$$\boxed{\varphi_s = \frac{\pi}{2} + \mathrm{Arctan}\left(\frac{L_t\omega_s}{R}\cdot g\right) - \arctan\left(\frac{(L_t + L_0)\,\omega_s}{R}\cdot g\right)}$$

3) A.N tout d'abord, il faut déterminer g

pour $C_{em} = 90\ \mathrm{N.m} \Rightarrow g = 0{,}0101$

pour $C_{em} = -90\ \mathrm{N.m} \Rightarrow g = -0{,}0101$.

donc $\varphi_s = 90° + \mathrm{Arctan}\left(\dfrac{2{,}38\cdot10^{-3}\times 2\pi\times 88}{0{,}138}\cdot 0{,}0101\right) - \arctan\left(\dfrac{(2{,}38+26{,}8)\cdot10^{-3}\times2\pi\times88}{0{,}138}\cdot 0{,}0101\right)$

$\boxed{\varphi_s = 46°\ \text{pour}\ C_{em} = 90\ \mathrm{N.m}}$

De même façon $\boxed{\varphi_s = 134°\ \text{pour}\ C_{em} = -90\ \mathrm{N.m}}$

4) on a $g = \dfrac{N_s - N_r}{N_s} \Rightarrow \boxed{\begin{aligned} N_r &= N_s(1-g)\ [\mathrm{tr/min}] \\ &= \frac{60\cdot f_s}{p}(1-g) \end{aligned}}$

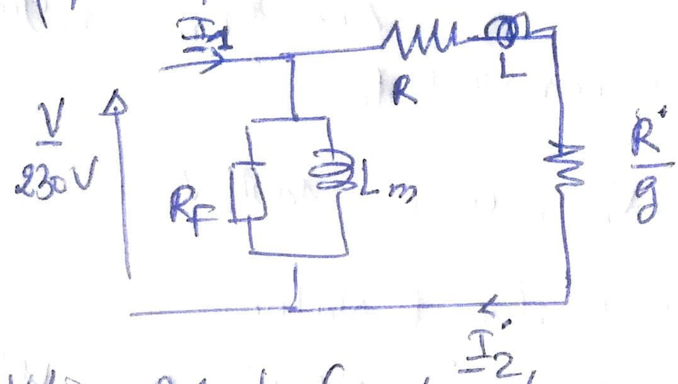
AN $\boxed{\begin{aligned} &N_r = 2613\ \mathrm{tr/min}\ \text{pour}\ C_{em} = 90\ \mathrm{N.m} \\ &N_r = 2667\ \mathrm{tr/min}\ \text{pour}\ C_{em} = -90\ \mathrm{N.m} \end{aligned}}$

Exercice 3

1) La vitesse de synchronisme : $N_s = \frac{60 \cdot f}{p} \Rightarrow \boxed{N_s = 1500\ tr/min}$

2) le glissement nominal : $g_n = \frac{N_s - N_r}{N_s} \Rightarrow \boxed{g_n = 0{,}033}$

3) Un schéma (parmi plusieurs) est représenté ci-dessous :



• R_F : modélise les pertes fer dans la machine.

• L_m représente l'inductance magnétisante d'une phase du stator

• R : la résistance par phase de l'enroulement statorique.

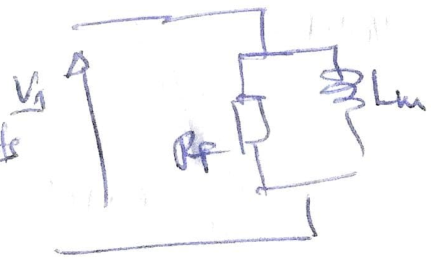
• L : inductance de fuite équivalente par phase ramenée au stator

• R' : la résistance équivalente par phase du rotor ramenée au stator

4) Calcul des pertes :

lors de l'essai à vide, la machine tourne presque à la vitesse de synchronisme ⇒ g est très faible

donc le schéma équivalent devient :



D'après l'énoncé, les pertes fer et mécaniques sont équivalentes

d'où $\boxed{P_m = \frac{P_0}{2} = 65W}$

et $\boxed{P_{fer} = \frac{P_0}{2} = 65W}$

On en déduit $P_{fer} = \frac{3V_1^2}{R_F} \Rightarrow \boxed{R_F = \frac{3V^2}{P_{fer}}}$

AN $\boxed{R_F = 2{,}44\ k\Omega}$

Pour déterminer L_m, on calcule Q_0 absorbée à vide.

$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - P_0^2} = \sqrt{(\sqrt{3}\,V I_0)^2 - P_0^2} = 536\ \text{VAR}$$

d'autre part $Q_0 = \dfrac{3V^2}{L_m \omega_s} \Rightarrow \boxed{L_m = \dfrac{3 V^2}{Q_0 \omega_s}}$

AN $\boxed{L_m = 0{,}94\,H}$

5) La puissance consommée P_n :

$$\boxed{P_n = 3 . V_n . I_n . \cos\varphi_n = 1104\ W}$$

6) Les pertes Joule dans le stator :

$$P_{JS} = 3 R . I_2'^2 \simeq 3 R I_n^2 = 0{,}36\ W.$$

7) La puissance transmise P_r

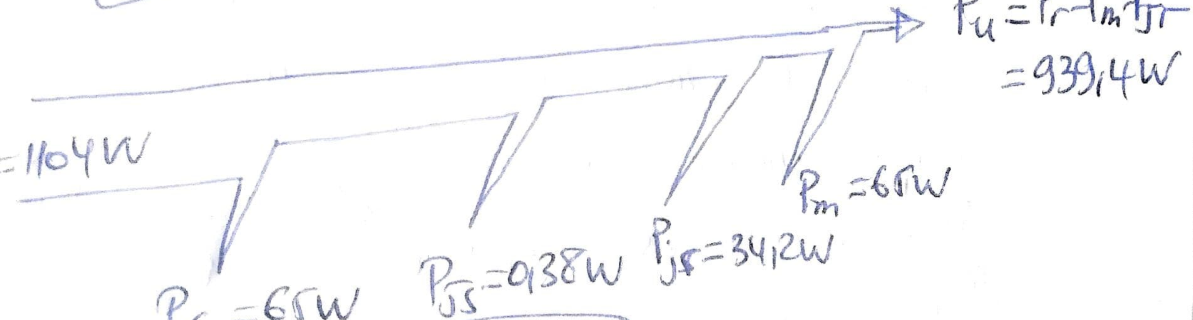
$$P_r = P_{abs} - P_{fa} - P_{JS}$$

$$\boxed{P_r = 1038{,}7\ W}$$

Les pertes Joule dans le rotor P_{Jr} =

$$\boxed{P_{Jr} = g . P_r = g_n . P_r = 34{,}2\,W}$$

8)



9) Le rendement : $\boxed{\eta = \dfrac{P_u}{P_{abs}} = 0{,}85}$

10) La puissance réactive consommée par la MAS.

$$\boxed{Q_n = 3 . V_n I_n \sin\varphi_n = 828\ \text{VAR}}$$

11) La puissance réactive est consommée par L_m et L

$\Rightarrow Q_n = Q_m + Q_L$ $\qquad Q_m = Q_0$ à vide

$Q_L = 3 L\omega . I_n^2$ $\qquad (I_n = 2A)$

$\Rightarrow Q_n = Q_0 + 3 L\omega . I_n^2$

$$L = \frac{Q_n - Q_0}{3\omega I_n^2} = \frac{828 - 536}{3 \times 2\pi \times 50 . 2^2}$$

$$\boxed{L = 77{,}45 \, mH}$$

- il reste à calculer R_2'.

$P_{Jr} = 3 . R_2' I_2'$

on peut calculer I_2' par : $3 V I_2' = \sqrt{P_r^2 + (Q_n - Q_0)^2}$

$\Rightarrow 3 V I_2' = 1078$ (c'est la puissance apparente du rotor).

$\Rightarrow \boxed{I_2' = 1{,}56 A}$

d'où $\boxed{R_2' = \frac{P_{Jr}}{3 I_2'^2} = 4{,}66 \, \Omega}$

12/ La puissance utile vaut $P_u = \frac{939{,}4}{4} = 234{,}8 W$

Le nouveau glissement pour une vitesse de 1475 tr/min.

$$g_n = \frac{1500 - 1475}{1500} = 0{,}016 .$$

on en déduit la puissance transmise au rotor

$$P_r = P_u + P_m + P_{Jr} = P_u + P_m + g . P_r$$

$$\boxed{P_r = \frac{P_u + P_m}{1 - g} = 304{,}6 W}$$

si on néglige les pertes Joules rotoriques $\Rightarrow \boxed{\eta = \frac{P_u}{P_{abs}} = 0{,}63}$

Exercice 4

Au démarrage triangle $\left.\right\}$ $I_{d\Delta} = 40\,A$, $U = 450\,V$.

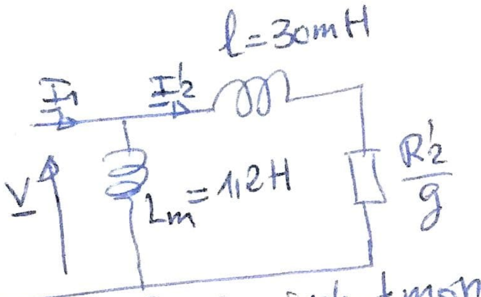
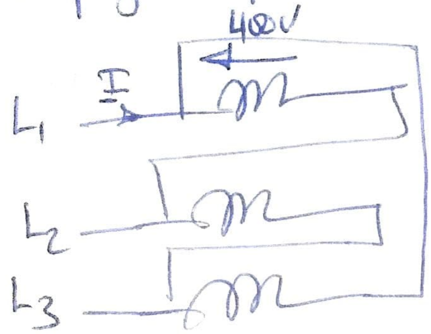
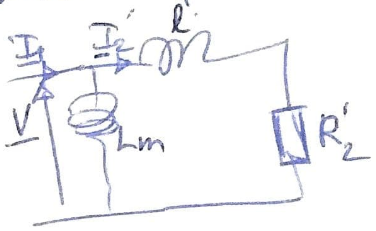


schéma équivalent monophasé de MAS (p=2)

1) le couplage des phases de la machine



2) Au démarrage $g = 1 \Rightarrow$ le schéma équivalent vaut



donc l'impédance équivalente vaut $jwL_m \,//\, (R_2' + jl\omega)$

$$\bar{Z}_d = \frac{jL_m\omega\,(R_2' + jl\omega)}{jL_m\omega + R_2' + jl\omega}$$

$$\boxed{|\bar{Z}_d| = \frac{L_m\omega\sqrt{R_2'^2 + (l\omega)^2}}{\sqrt{R_2'^2 + (L_m\omega + l\omega)^2}}}$$

3) En couplage triangle, chaque phase est sous la tension $U = \sqrt{3}\cdot V$.
et parcourue par le courant $J_d = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$

$$\Rightarrow \boxed{|\bar{Z}_d| = \frac{U}{J} = 3 \cdot \frac{V}{I_{d\Delta}} = 17{,}2\,\Omega}$$

4) On a $\dfrac{L_m\omega\sqrt{R_2'^2 + (l\omega)^2}}{\sqrt{R_2'^2 + (L_m\omega + l\omega)^2}} = 17{,}2$

$$\Rightarrow R_2'^2\left[1 - \frac{17{,}2^2}{(L_m\omega)^2}\right] = (L_m\omega + l\omega)^2\,\frac{17{,}2^2}{(L_m\omega)^2} - (l\omega)^2$$

$$\Rightarrow \boxed{R_2' = 14{,}4\,\Omega}$$

On néglige le courant passant dans L_m.

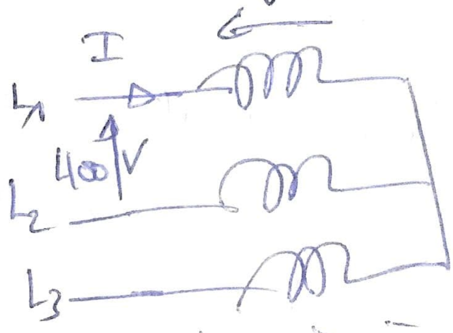
5) Le couple de démarrage de la machine est (avec g=1)

est $C_d = \frac{P_{tr}}{\Omega_s}$ avec $\Omega_s = \frac{2\pi f}{p} = 157$ rad/s.

$$C_d = \frac{3 \cdot R_2' I_2'^2}{\Omega_s} = \frac{3 \cdot R_2'}{\Omega_s} = \frac{U^2}{\left[R_2'^2 + (l\omega)^2\right]}$$

AN $\boxed{C_{d\Delta} = 149 \ Nm}$

6) Couplage triangle



7) En étoile les enroulement sont soumise à une tension simple V=230V.

$\Rightarrow$ Courant de démarrage $\boxed{I_{dy} = \frac{V}{17,2} = 13,3A}$

càd un courant 3 fois moins qu'en couplage triangle

8) Couple de démarrage en ~~...~~ étoile : Cdy.

$$\boxed{C_{dy} = \frac{C_{d\Delta}}{3} = 50 \ Nm}$$

9) Si on insère une résistance R, et on néglige l'effet de Lm

$$\rightarrow I_{dR} = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{\sqrt{(R_2'^2 + R^2) + (l\omega)^2}} = 13,3A.$$

$\Rightarrow \boxed{R = 36,6 \ \Omega}$

10/ le couple de démarrage s'écrit :

$$C_{dR} = \frac{3R_2'}{\Omega_s} \frac{U^2}{(R_2'+R)^2+(l\omega)^2} = 17\ N.m \simeq \frac{C_{dD}}{9}$$

11) L'insertion d'une résistance diminue le courant de facteur de 3, mais le couple diminue d'un facteur de 9.

$\Rightarrow$ Il est préférable d'utiliser le démarrage Y/Δ.

Autre procédé : Insérer une résistance en <u>série avec le rotor</u>, mais ce n'est pas possible qu'avec des machine à rotor bobiné.