

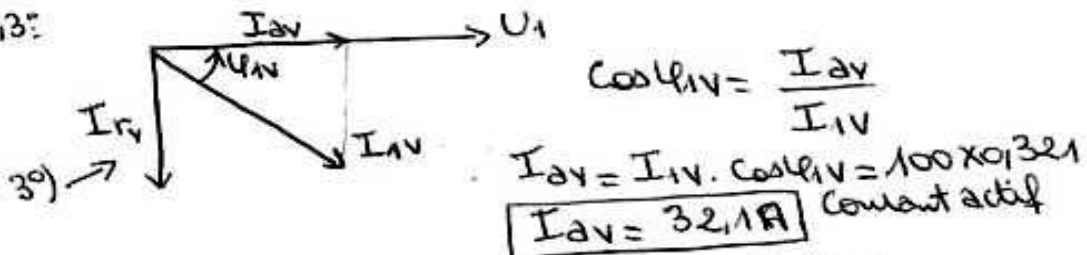
Collection exercice 1

- A] 1°) $S = 416 \text{ kVA}$: la puissance apparente du transformateur
 $U_1 = 1 \text{ kV}$: Tension primaire nominale
 $U_2 = 400 \text{ V}$: secondaire à vide

2°) $\cos \varphi_{1V} = \frac{P_{1V}}{S_{1V}} = \frac{P_{1V}}{U_1 I_{1V}} = \frac{32,1 \cdot 10^3}{10^3 \times 100} = 0,321$

$\varphi_{1V} = \cos^{-1}(0,321)$

$\varphi_{1V} = 71,3^\circ$

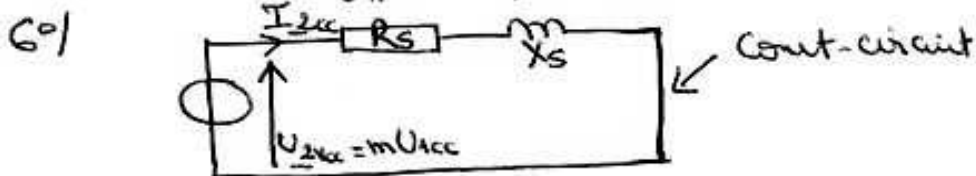


$\sin \varphi_{1V} = \frac{I_{rv}}{I_{1V}} \rightarrow I_{rv} = I_{1V} \sin \varphi_{1V} = 100 \times \sin 71,3^\circ$

$I_{rv} = 94,7 \text{ A}$ Courant réactif

- B] 4°) L'hypothèse de Kapp: on néglige le courant magnétisant du transformateur.

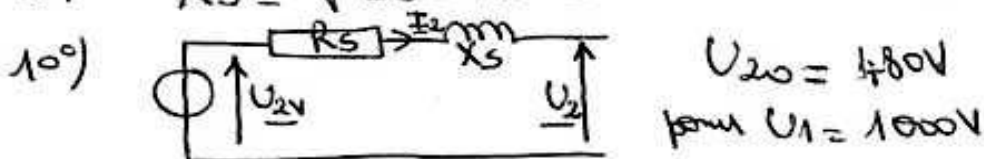
5°) $m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{400}{1000} = 0,4$



7°) $Z_s = \frac{m U_{1cc}}{I_{2cc}} = \frac{0,4 \cdot 173}{500} \approx 166 \text{ m}\Omega$

8°) $R_s = \frac{P_{1cc}}{I_{2cc}^2} = \frac{12 \cdot 10^3}{500^2} = 48 \text{ m}\Omega$

9°) $X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{166^2 - 48^2} \approx 160 \text{ m}\Omega$



Pour $U_1 = 1000V$, on a $I_2 = 1040A$ avec un $\cos\varphi_2 = 0,8$
 ($\varphi_2 > 0$: charge inductive) $\varphi_2 = \cos^{-1}(0,8) = 36,86^\circ$

11°) $\Delta U_2 = R_s I_2 \cos\varphi_2 + X_s I_2 \sin\varphi_2 = 0,048 \times 1040 \times 0,8 + 0,16 \times 1040 \times \sin 36,86^\circ$

$\Delta U_2 = 139,8V$ et $U_2 = U_{2V} - \Delta U_2 = 480 - 139,8 = 340,2V$

$U_2 = 340,2V$

12°) $\vec{U}_{2V} = R_s \vec{I}_2 + X_s \vec{I}_2 + \vec{V}_2$ $V_2?$

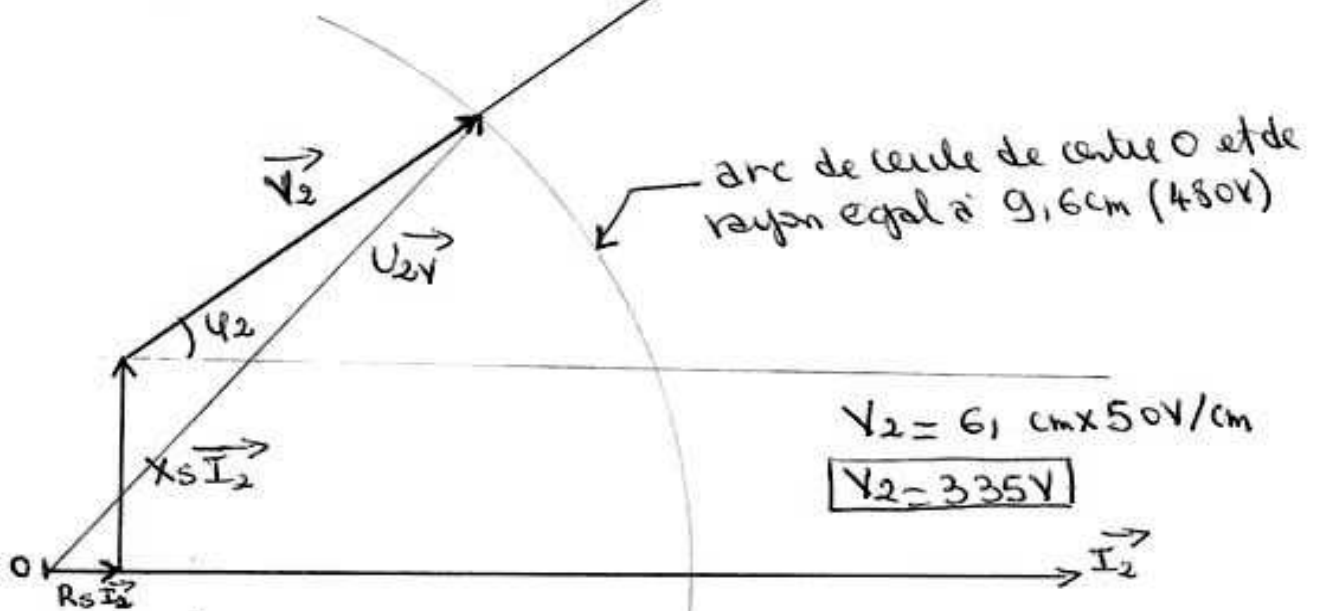
$R_s I_2 = 0,048 \times 1040 = 49,92V$ | $\varphi_2 = (\vec{I}_2, \vec{V}_2) = 36,86^\circ$

$X_s I_2 = 0,16 \times 1040 = 166,4V$

$U_{2V} = 480V$

on choisit une échelle de $1cm \rightarrow 50V$

on place le vecteur $R_s \vec{I}_2$ colinéaire à \vec{I}_2 , puis à son extrémité le vecteur $X_s \vec{I}_2 \perp$ à \vec{I}_2 , puis à son extrémité on trace la droite du vecteur \vec{V}_2 tel que $(\vec{I}_2, \vec{V}_2) = \varphi_2 = 36,86^\circ$



c) Rendement

13°) $P_{1V} = \underbrace{P_{SV}}_{\text{faible} \approx 0} + P_{Fe} + \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = P_{Fe} = 32,1kW$
 ($I_2 V_2 = 0$)

14°) $P_S = R_s I_2^2 = 0,048 \times 1040^2 = 51,92kW$

15°) $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_S}$ $P_2 = U_2 I_2 \cos\varphi_2$

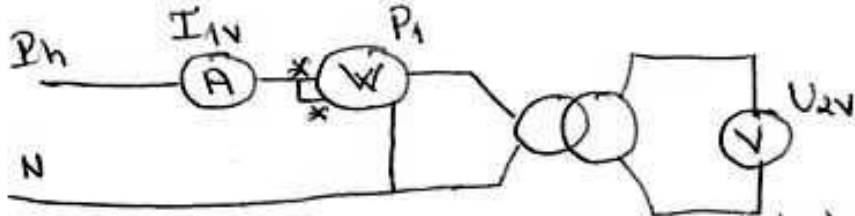
$P_2 = 340,2 \times 1040 \times 0,8 = 283kW$

$P_1 = P_2 + P_{Fe} + P_S = 283 + 51,92 + 32,1 = 367kW$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{283}{367} = 77,11\%$$

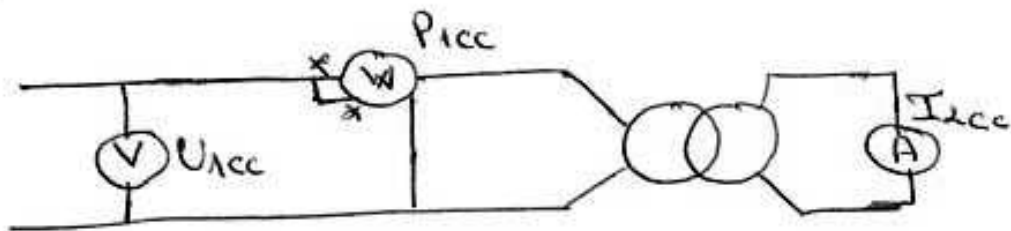
D) Essais sur le transformateur

1.6) Essai à vide



L'ampèremètre mesurant le courant I_{1v} est de type RMS

1.7) Essai en court-circuit



exercice 2

A) 1. a) 230/400V

230V: tension maximale supportée par un enroulement du stator
400V: " " " " entre 2 bornes " " "

b) 1040/600 A $\left\{ \begin{array}{l} 1040A: \text{courant de ligne en couplage } \Delta \\ 600A: \text{ " " " " } Y, \\ \text{etc c'est aussi le courant de phase en} \\ \text{couplage } \Delta. \end{array} \right.$

c) 300 kW: c'est la puissance mécanique utile.

d) 180 tr/min: fréquence de rotation nominale du rotor
50 Hz: la fréquence des courants statoriques.

e) cos φ: facteur de puissance inconnu.

2^e/ on a un moteur 230V/400V $\Rightarrow U_{\text{seau}} = 230V$
on dispose d'un réseau de 400V $\Rightarrow U = 400V$ et $V = 230V$
on a $U_{\text{seau}} = 230V = V \Rightarrow$ le STATOR sera couplé
en étoile (si $U_{\text{seau}} = U_{\text{seau}} \Rightarrow$ couplage Δ)

3^e/ $n_s = \frac{f}{p} = \frac{50}{p} \times 60 = \frac{3000}{p} \text{ tr/min}$

p	1	2	3	...	14	15	16	17
n_s (tr/min)	3000	1500	1000	...	214,3	200	187,5	176,4

$n = 180 \text{ tr/min}$ est légèrement inférieure à $n_s \Rightarrow$

$n_s = 187,5 \text{ tr/min}$ et $p = 16$

4^e/ $T_{MN} = \frac{P_{MN}}{\Omega_N}$

$\Omega_N = \frac{2\pi n_N}{60} = \frac{2\pi \cdot 180}{60}$

$\Omega_N = 18,85 \text{ rad.s}^{-1}$

$T_{MN} = \frac{300 \cdot 10^3}{18,85} =$

$T_{MN} = 15915 \text{ N.m}$

$$B) 5\% \eta_m = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1875 - 180}{1875} = 0.04 = 4\%$$

$$6\% \quad p_m = ?$$

Lors de l'essai pour tension réduite ($U_N/20$)
 $n \approx 187 \text{ tr/min} \approx n_s$

$$\text{à vide} \rightarrow P_{\text{Red}} = P_{\text{Jstord}} + P_{\text{FS}} + p_{\text{mec}}$$

$$P_{\text{Jstord}} = \frac{3}{2} R I_{\text{red}}^2 = 0$$

$$P_{\text{Red}} = P_{\text{FSred}} + p_{\text{mec}} \quad P_{\text{FSred}} \propto \left(\frac{U_N}{20}\right)^2$$

$$P_{\text{FSred}} = \alpha \frac{U_N^2}{400} = \frac{P_{\text{FS}}}{400}$$

$$P_{\text{Red}} = \frac{P_{\text{FS}}}{400} + p_{\text{mec}} \quad (1)$$

Lors de l'essai à vide pour tension nominale $n \approx 187 \text{ tr/min}$

$$P_{\text{IV}} = P_{\text{Jst0}} + P_{\text{FS}} + p_{\text{mec}}$$

$$P_{\text{Jst0}} = \frac{3}{2} R I_{\text{IV}}^2 = \frac{3}{2} \times 50 \cdot 10^{-3} \times 200^2 = \frac{3}{2} \times 5 \times 10^2$$

$$P_{\text{Jst0}} = 3000 \text{ W}$$

$$(2) \quad P_{\text{FS}} + p_{\text{mec}} = P_{\text{IV}} - P_{\text{Jst0}} = 11,3 - 3 = 8,3 \text{ kW} \quad (2)$$

$$P_{\text{Red}} = 5000 = \frac{P_{\text{FS}}}{400} + p_{\text{mec}}$$

$$- 8300 = P_{\text{FS}} + p_{\text{mec}}$$

$$8300 - 5000 = P_{\text{FS}} + p_{\text{mec}} - \frac{P_{\text{FS}}}{400} - p_{\text{mec}}$$

$$3300 = P_{\text{FS}} - \frac{P_{\text{FS}}}{400} = \frac{399 P_{\text{FS}}}{400}$$

$$\Rightarrow P_{\text{FS}} = \frac{400}{399} \times 3300 = \frac{400}{399} \times 3300 = 3308 \text{ W}$$

$$(2) \rightarrow p_{\text{mec}} = 8300 - 3308 = 4992 \text{ W}$$

$$p_{\text{mec}} = 4992 \text{ W}$$

(5)

$$7) \left. \begin{aligned} P_{TR} &= P_M + p_{mec} + P_{JR} \\ \text{avec: } P_{JR} &= g \times P_{TR} \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_{TR} = P_M + p_{mec} + g P_{TR}$$

$$\text{donc: } P_{TR} - g P_{TR} = P_M + p_{mec}$$

$$\Rightarrow P_{TR} (1-g) = P_M + p_{mec} \Rightarrow \boxed{P_{TR} = \frac{P_M + p_{mec}}{1-g}}$$

$$\text{AN: } P_{TR} = \frac{300 - 4,98}{1 - 0,04} = 307,3 \text{ kW}$$

$$8) P_{JR} = g \times P_{TR} = 0,04 \times 307,3 = 12,3 \text{ kW}$$

$$10) P_{JS} = \frac{3}{2} R I_n^2 = \frac{3}{2} \times 5 \cdot 10^{-3} \times 600^2 = 27 \text{ kW}$$

$$9) P_{FS} = P_V - p_{JSV} - p_{mec} = 3308 \text{ W (von Q6)}$$

$$11) P_A = p_{JS} + p_{FS} + P_{TR} = 27 + 3,3 + 307,3 = 337,6 \text{ kW}$$

$$12) \eta = \frac{P_M}{P_A} = \frac{300}{337,6} = 88,9\%$$

$$13) \cos \varphi = \frac{P_a}{U I \sqrt{3}} = \frac{P_a}{U I \sqrt{3}} = \frac{337,6 \cdot 10^3}{400 \times 600 \times \sqrt{3}}$$

$$\cos \varphi = 0,1812$$

exercice 3

$$1) n = \frac{f}{p} = \frac{50}{13} = 3,846 \text{ tr/s}$$

$$2) X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} \quad \text{avec } Z_s = \frac{E_{PN}}{I_{cc}} \quad (\text{courtage})$$

$$\text{machine compléan (1)} \rightarrow E_{PN} = \frac{E_V}{\sqrt{3}} \quad \text{pour } I_{cc} = 200 \text{ A on a } I_e = 434 \text{ A}$$

$$\Rightarrow E_{PN} = \frac{E_V}{\sqrt{3}} = \frac{1017 I_e}{\sqrt{3}} = 2681 \text{ V}$$

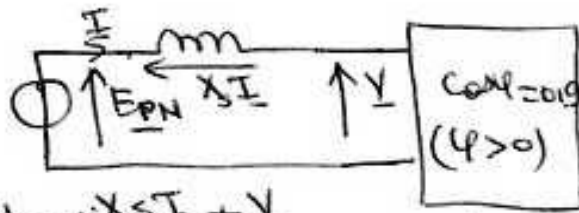
$$\text{ce qui donne } Z_s = \frac{E_{PN}}{I_{cc}} = \frac{2681}{200} = 1,34 \Omega$$

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = \sqrt{1,34^2 - (0,415)^2} \approx 1,34 \Omega$$

$$3) I = 3320 \text{ A}, \cos \varphi = 0,9 \Rightarrow I_e?$$

$$I_e = \frac{E_V}{1017} \quad \text{il faut calculer } E_V?$$

E_V : tension entre phases à vide



$$\varphi = \cos^{-1}(0.9)$$

$$\varphi = 25,84^\circ$$

$$E_{PN} = jX_s I + V$$

charge

$$V = \left[\frac{U}{\sqrt{3}}, \varphi \right] = \left[\frac{5650}{\sqrt{3}}, 25,84^\circ \right] = [3262; 25,84^\circ]$$

$$V = 3262 \cos(25,84^\circ) + j 3262 \sin(25,84^\circ)$$

$$jX_s I = j 1,34 \times 3330 = j 4462,2$$

$$\rightarrow V = 2935,8 + j 1421,8$$

$$E_{PN} = j 4462,2 + 2935,8 + j 1421,8$$

$$E_{PN} = j 5884 + 2935,8$$

$$E_{PN} = \sqrt{2935,8^2 + 5884^2} = 6575,7 \text{ V}$$

$$E_V = E_{PN} \times \sqrt{3} = 11389,2 \text{ V}$$

$$I_e = \frac{E_V}{10,7} = 1064,4 \text{ A}$$

$$4^\circ / R_e = 0,136 \Omega \quad p_c = 420 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_M}{P_a} \quad \text{avec} \quad P_M = U I \sqrt{3} \cos \varphi$$

$$P_M = 5650 \times 3330 \times \sqrt{3} \times 0,9 = 29,32 \text{ MW}$$

$$\text{et } P_a = P_M + p_{exc} + p_c + p_{js}$$

$$p_{exc} = R_e I_e^2 = 0,136 \times (1064,4)^2 = 0,153 \text{ MW}$$

$$p_{js} = 3 R_s I^2 = 3 \times 5,4 \cdot 10^{-3} \times 3330^2 = 0,180 \text{ MW}$$

$$P_a = 29,32 + 0,18 + 0,153 + 0,42 = 30,07 \text{ MW}$$

$$\eta = \frac{29,32}{30,07} = 97,5\%$$

Collection du problème

I) 1°) $E_N = U_N - R I_N = 90 - 0,14 \times 10 = 86 \text{ V}$

2°) $T_{em} = \frac{P_{emN}}{\Omega_N} = \frac{E_N \times I_N}{\Omega_N}$ $\Omega_N = \frac{2\pi f N_N}{60} = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 157 \text{ rad/s}$

$T_{em} = \frac{86 \times 10}{157} = 5,47 \text{ Nm}$

3°) $T_{MN} = \frac{P_{MN}}{\Omega_N} = \frac{750}{157} = 4,77 \text{ N.m}$

4°) $\eta_{\text{induit}} = \frac{P_M}{P_{\text{induit}}} = \frac{P_M}{U_N I_N} = \frac{750}{90 \times 10} = 0,833 = 83,3\%$

II 1°) $E = k \Phi \Omega = a \times \Omega$ avec $a = \frac{E_N}{\Omega_N} = \frac{86}{157} = 0,547 \text{ V/rad/s}$
 cte (l'excitation est constante $\Rightarrow \Phi = \text{cte}$)
 (on a par $k \times \Phi = a$)

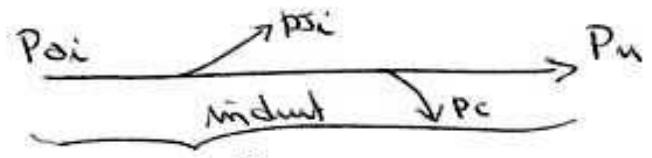
2°) $T_E = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E \times I}{\Omega} = \left(\frac{E}{\Omega} \right) \times I = a \times I = 0,547 I$

III 1°) on remène la valeur de la vitesse à sa valeur nominale en agissant sur la tension d'induit.

$E = a \Omega = U - \underbrace{R I}_{\text{cte pour une charge donnée}}$ si $\Omega \uparrow \Rightarrow U \uparrow \Rightarrow \Omega \uparrow$

2°) Tant que l'excitation reste constante on a $E_0 = E_N = 86 \text{ V}$ car $n_N = n_0$
 $U = E_0 + R I_0 = 86 + 0,14 \times 11,28 = 86,5 \text{ V}$

3°) P_c ?



$P_{ai0} = P_{ji0} + P_c + \frac{P_M}{0}$ (moteur est à vide)
 $P_c = P_{ai0} - P_{ji0} = U I_0 - R I_0^2 = (E + R I_0) \times I_0 - R I_0^2$
 $P_c = E \times I_0 + R I_0^2 - R I_0^2 = E I_0 = 86 \times 1,28$

$P_c = 110 \text{ W}$
 les pertes collectives valent la puissance électromagnétique à vide du moteur.

$$4^e) \quad T_p = T_{em} - T_{u} = 5,47 - 4,77 = 0,70 \text{ N.m}$$

$$\text{IV} \quad 0 < U < 20 \text{ V} \quad T_R = 4,77 \text{ N.m} = U \phi$$

$$1^e) \quad \text{en régime permanent} \quad T_u = T_R = 4,77 \text{ N.m}$$

$$\text{donc } T_{em} = T_u + T_p = 4,77 + 0,7 = 5,47 \text{ N.m}$$

$$I = \frac{T_{em}}{0,1547} = \frac{5,47}{0,1547} = 10 \text{ A}$$

le couple électromagnétique et le constant d'induit restent constants.

$$2^o) \quad E = U - RI \therefore$$

$$\downarrow$$

$$0,1547 \Omega = U - RI = U - 0,14 \times 10 = U - 4$$

$$\Omega = \frac{U}{0,1547} - \frac{4}{0,1547} = 1,828U - 7132$$

$$\boxed{\Omega \approx 1,83U - 713}$$

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60} = 1,83U - 713 \Rightarrow n = \frac{60}{2\pi} \times (1,83U - 713)$$

$$\boxed{n = 1715U - 70}$$

3^o) mode opératoire pour le démarrage.

étape 1 : on alimente le circuit inductif pour créer le champ magnétique (donc le flux).

étape 2 : on augmente progressivement la tension d'induit jusqu'à sa valeur nominale.

$$U = E + RI \quad \text{au démarrage } \Omega = 0 \Rightarrow E = 0$$

$$\Rightarrow U_d = RI = 0,14 \times 10 = 4 \text{ V}$$

$$\text{autre méthode} \quad \text{on a } n = 1715U - 70$$

le moteur démarre quand $n > 0 \Rightarrow 1715U - 70 > 0$

$$\Rightarrow 1715U > 70 \Rightarrow U > \frac{70}{1715} = \underline{\underline{4 \text{ V}}}$$

⑨

1°/ I) Partie B

a) M16) et U16)

on envoie sur la voie (1) Y_1 : la tension M16)
 et sur la voie (2) Y_2 : la tension V_{xi} (l'image de U16))
 voie (2) non inversée. (on néglige la chute de tension
 aux bornes de la résistance r_v).

b) M16) et U16)

$Y_1 \rightarrow$ M16) en négligeant la chute de tension r_{vD}
 $Y_2 \rightarrow$ $V_{x CD}$ on observe l'image du contact CD
 en inversant la voie 2, car si on
 le fait pas on observe $-r_{vD}$

c) M16) et U16)

voir document réponse. (il faut modifier la masse de
 l'oscilloscope).

2°/ voir document réponse 1

3°/ le rôle de la diode D est de permettre la circulation du
 courant dans la charge (l'induct du moteur) quand l'inté-
 rupteur H est ouvert.

II

1°/ a) $f = \frac{1}{T}$

$$T = 2,0 \text{ div} \times 0,05 \text{ ms/div} = 1 \text{ ms}$$

rapport cyclique $\alpha = \frac{0,75 \text{ ms}}{1 \text{ ms}} = 0,75$

$$f = \frac{1}{10^{-3}} = 1000 \text{ Hz}$$

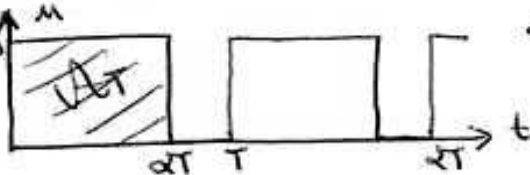
b) $r_v = 0,1 \Omega$ $I_{\max} = \frac{1,1 \text{ V}}{r_v} = \frac{1,1}{0,1} = 11 \text{ A}$

$$I_{\min} = \frac{0,9 \text{ V}}{r_v} = \frac{0,9}{0,1} = 9 \text{ A}$$

$$\langle I \rangle = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} = \frac{11 + 9}{2} = 10 \text{ A}$$

2°/ voir document réponse 2

3°/ U_a



$$\langle U \rangle = \frac{U_a T}{T} = \alpha T \times U_a = \alpha U_a$$

4°/ $U_a = \frac{\langle U \rangle}{\alpha} = \frac{90}{0,75} = 120 \text{ V}$

Problème -Partie B : Document réponse n°1 à rendre avec la copie
Nom :

<p>a)</p>	<p>Position du zéro ? AC ou <u>DC</u> ?</p>
<p>b)</p>	<p>Position du zéro ? AC ou <u>DC</u> ?</p>
<p>c)</p>	<p>Position du zéro ? <u>AC</u> ou DC ?</p>

Problème -Partie B : Document réponse n°2 à rendre avec la copie

Nom:.....

