

1/

2007 Metropole  
Véhicule hybride

(A) Dimensionnement

A.1.1: a)  $P_t = S_{cx} v^2 = 15 \times 110 \times \frac{1000}{3600} = 458 \text{ W} = P_t$

b)  $P_u = \frac{P_t}{\eta} = \frac{458}{0,82} = 559 \text{ W} = P_u$

A.1.2 a)  $\Omega_r = \frac{v}{R} = \frac{110 \times \frac{1000}{3600}}{0,52/2} = 117,5 \text{ rad/s} = \Omega_r$

b)  $\Omega = 8100 \times \frac{2\pi}{60} = 848 \text{ rad/s} = \Omega$

c)  $k = \frac{\Omega}{\Omega_r} = \frac{848}{117} = 7,21 = k$

A.2 Batterie

A.2.1  $U_m = 2 \times 3,5 = 7 \text{ V} = U_m$

A.2.2  $\frac{180}{3} = 60$  éléments en série  $\Rightarrow 60 \times 3,5 = 210 \text{ V}$

Dans un module on a 6 éléments  $\Rightarrow \frac{180}{6} = 30$  modules

Et comme un module a une tension de ~~7,0~~  $7,0 \text{ V}$  à ses bornes on a bien  $210 \text{ V} = U_0$

A.2.3 a) chaque élément amène une énergie  $W_{\text{élément}} = \frac{W_{\text{bat}}}{180} = 133 \text{ Wh} = W_{\text{élément}}$

b)  $Q_{\text{élément}} = \frac{W_{\text{élément}}}{U_{\text{élément}}} = \frac{133}{3,5} = 38,1 \text{ A.h} = Q_{\text{élément}}$

A.2.4 a)  $\frac{W_{\text{bat}}}{t_{\text{bat}}} = P_{\text{batt}} \Rightarrow t_{\text{bat}} = \frac{W_{\text{bat}}}{P_{\text{batt}}} = \frac{24}{20} = 1,2 \text{ h} = t_{\text{bat}}$   
 $t_{\text{bat}} = 1 \text{ h } 12 \text{ min}$

b)  $\Rightarrow$  la distance parcourue

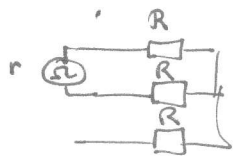
$d = 1,2 \times 110 = 132 \text{ km} = d$

B) Etude du moteur:

B.1.1:  $f = p \times m_s$   
 $\downarrow \quad \downarrow$   
 $4 \quad 1500 \text{ tr/min soit } 25 \text{ tr/s}$

$\Rightarrow f = 4 \times 25 = 100 \text{ Hz}$

B.1.2



On mesure  $2R = r$

$\Rightarrow R = \frac{r}{2} = 0,03 \Omega$

B.1.3. a)

$\frac{E}{\Omega} = A = \frac{37}{1500 \times \frac{2\pi}{60}}$  (à vide  $V = E$ )

$A = 0,235$

b)  $E = KNp m_s \hat{\phi} = \underbrace{KNp \hat{\phi}}_{\text{constant.} = A} \frac{\Omega}{2\pi} = E$

B.1.4 a)

$\underline{V} = \underline{E} + R\underline{I} + jL\omega\underline{I}$

b)

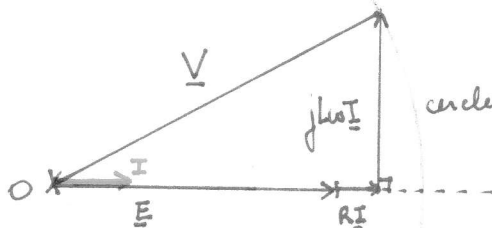
$E = 37 \text{ V}$

$RI = 0,03 \times 185 = 5,55 \text{ V}$

$\psi = 0 \Rightarrow I$  en phase avec  $E \Rightarrow RI$  aussi

$V = 49 \text{ V}$  (cercle de rayon  $49 \text{ V}$ )

$jL\omega\underline{I}$ : perpendiculaire à  $I$



cercle de rayon  $V$  centre  $O$

On peut mesurer

$L\omega I \approx 24,3 \text{ V}$

Pythagore:

c)

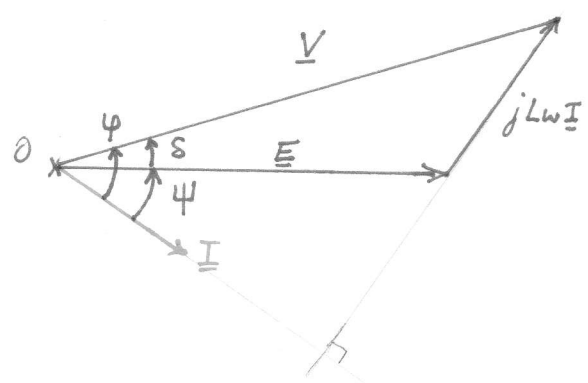
$(E + RI)^2 + (L\omega I)^2 = V^2$

$\Rightarrow L = \frac{1}{\omega I} \sqrt{V^2 - (E + RI)^2} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 185} \times \sqrt{49^2 - (37 + 5,55)^2}$

$L = 2 \cdot 10^{-4} \text{ H} = 0,2 \text{ mH}$

B.2. Détermination de l'expression du couple.

B.2.1  $\psi$  quelconque  $0 < \psi < \pi/2$



B.2.2 Par projection sur l'axe Ox Démon

$$E \cos \psi = V \cos \psi$$

B.2.3  $P_a = 3VI \cos \psi = 3EI \cos \psi$

B.2.4  $C_{em} = \frac{P_a}{\Omega} = 3 \frac{E}{\Omega} I \cos \psi = 3AI \cos \psi = C_{em}$  Démon.

C. Stratégie d'Autopilotage

C.1 Commande à  $\psi = 0$

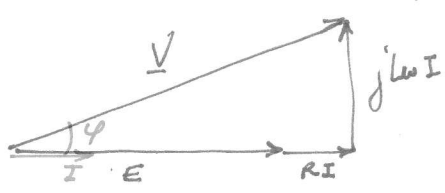
C.1.1.  $C_{em} = f(\cos \psi)$  or  $\cos \psi$  est max pour  $\psi = 0$

C.1.2. le couple ne dépend plus que du courant I

C.1.3. a)  $C = 3AI \cos \psi = 3 \times 0,24 \times 155 \times 1$

$$C = 111,6 \text{ Nm}$$

b)  $n = 1500 \text{ tr/min} \Rightarrow E = 37V$   
 $RI = 0,03 \times 155 = 4,65V$   
 $LwI = 0,21 \cdot 10^{-3} \times 2\pi \times 100 \times 155 = 20,45V$



c)  $V = \sqrt{(E+RI)^2 + (LwI)^2} = \sqrt{(37+4,65)^2 + 20,45^2} = 46,4V = V$

d)  $\psi = \text{Arctan} \frac{LwI}{E+RI} = 26,1^\circ = \psi$

C.2. Commande à  $\Psi$  variable.

C.2.1 Point de fonctionnement à  $\Psi \neq 0$

a)  $C = 3AI \cos \Psi = 3 \times 0,24 \times 155 \times \cos(-59)$

$C = 57,47 \text{ Nm}$

b)  $f = p n_s \Rightarrow f = 4 \times \frac{5000}{60} = 333 \text{ Hz} = f$

$\omega = 2\pi f = 2094 \text{ rad/s} = \omega$

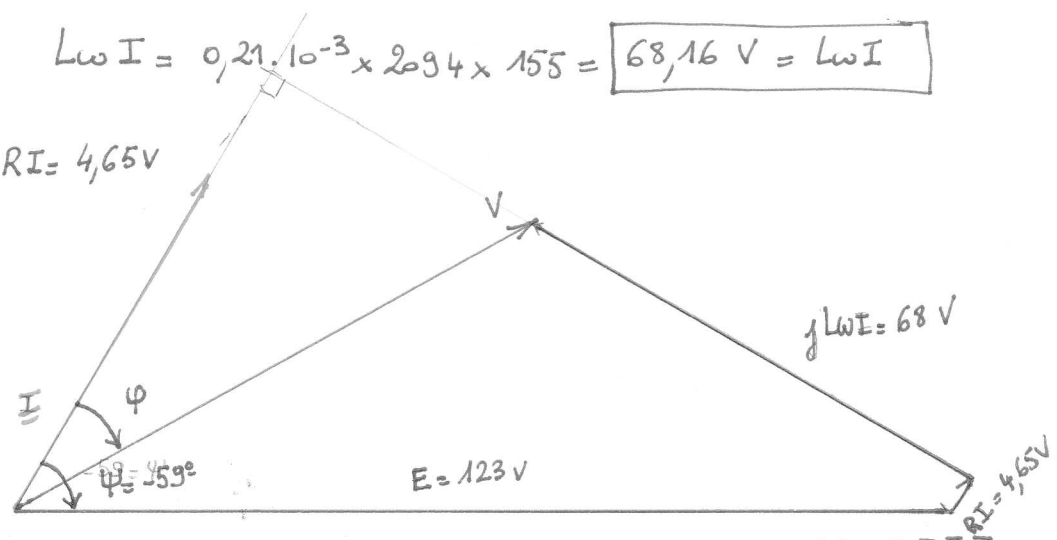
c) comme  $E$  est proportionnel à  $\Omega$

$E = 37 \text{ V}$  pour  $1500 \text{ tr/min}$

$\Rightarrow E = \frac{37 \times 5000}{1500} = 123,3 \text{ V} = E$  pour  $5000 \text{ tr/min}$

$L\omega I = 0,21 \cdot 10^{-3} \times 2094 \times 155 = 68,16 \text{ V} = L\omega I$

d)  $RI = 4,65 \text{ V}$



On mesure  $V \approx 80 \text{ V}$   
 $\varphi \approx -30^\circ$

par calcul  $V = 77,5 \text{ V}$   
 $\varphi = -28,7^\circ$

C.2.2

On travaille à puissance constante paré les  $2000 \text{ tr/min}$

# ① Etude de l'onduleur commande $\gamma$ LI

D.1.1 Sur la figure 7 :  $T = 0,01 \Delta$   
 figure 8 : le fondamental est à 100Hz }  $\Rightarrow f = 100 \text{ Hz}$

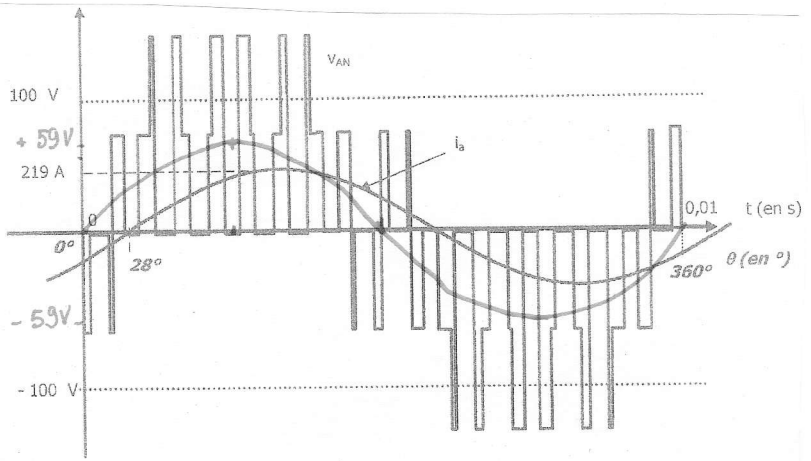
D.1.2.  $V_{AN1} = \frac{\hat{V}_{AN1}}{\sqrt{2}} = \frac{59}{\sqrt{2}} = 41,7 \text{ V} = V_{AN1}$

D.1.3. Premier harmonique  $f = 700 \text{ Hz} \Rightarrow \text{rang } 7$

D.1.4 Les harmoniques de ~~caractéristiques~~ tensions ne se répercutent que peu sur le courant car au fur et à mesure que les harmoniques augmentent, l'impédance ( $L\omega$ ) de la machine synchrone augmente réduisant ainsi le courant harmonique  $I \approx \frac{V_h}{L\omega} = \frac{V-E}{L\omega}$

## ② Considérations énergétiques :

D.2.1



Amplitude 59V

D.2.2.  $I_a = \frac{219}{\sqrt{2}} = 154,8 = I_a$

D.2.3.  $\varphi_a = +28^\circ$

D.2.4. a)  $P_a = 3 V_a I_a \cos \varphi_a$   
 $Q_a = 3 V_a I_a \sin \varphi_a$

b)  $P_a = 3 \times 59 \times 154,8 \times \cos 28 = 24,19 \text{ kW} = P$   
 $Q_a = 3 \times 59 \times 154,8 \times \sin 28 = 12,86 \text{ kVAR} = Q$

c) Non car  $V_A \neq V_{AN1}$