

# ETUDE D'UN SCOOTER ELECTRIQUE

## A. Analyse technique préliminaire

### 1. ÉTUDE GÉNÉRALE

#### 1.1 Le scooter électrique - fréquence de rotation de l'arbre du moteur pour la vitesse maximale du Scoot'Elec :

- Vitesse maximale annoncée du scooter électrique : 45 km/h (DT p. 4)
- Développement de la roue arrière : 1 294 mm (DT p.5)
- Fréquence de rotation de la roue arrière :  $(45\ 000 / 60) / 1,294 = 579,6$  tr/min
- Chaîne cinématique (DT p. 4) :

Entraînement par courroie		Entraînement par engrenages	
	Nombre de dents		Nombre de dents
Poulie motrice	34	Pignon réducteur	13
Poulie réceptrice	64	Pignon roue	47
Rapport de réduction	$1/1,88 = 0,531$	Rapport de réduction	$1/3,62 = 0,277$

- Rapport de réduction total entre l'arbre du moteur et l'axe de la roue :

$$z_T = 1 / 1,88 * 1 / 3,62 = 1 / 6,805 = 0,147$$

- Fréquence de rotation de l'arbre de sortie du moteur :

$$579,6 * 6,805 = \mathbf{3\ 944\ tr/min}$$

#### 1.2 Le banc didactique : fréquence de rotation de l'arbre du banc didactique correspondant à la vitesse maximale du Scoot'Elec :

Entraînement du banc didactique	
	Nombre de dents
Pignon sur l'arbre du banc : (BD p.2)	22
Couronne sur l'axe de la roue du Scoot'Elec : (BD p.2)	90
Rapport de réduction :	$1/4,09 = 0,244$

- Fréquence de rotation de l'arbre du banc :  $579,6 * 4,09 = \mathbf{2\ 371\ tr/min}$

#### 1.3 Performances du scooter pendant la phase d'accélération :

⇒  $U_{DT}$  pour la vitesse maximale du scooter :

- Constante D.T. : 0,06 V/tr/min
- $U_{(45\ km/h)} = U_{(2371\ tr/min)} = \mathbf{142,2\ V}$

⇒ Réglages de l'oscilloscope :

- Calibre Y : selon sonde de tension, avec pour 10V/div  $\mathbf{3,16\ km/h/div}$
- Calibre BdT : relevé pendant 15 à 20 s, soit  $\mathbf{2\ s/div}$

#### 1.4 Distances parcourues par le scooter, départ arrêté :

⇒ en 10 secondes :

- Intégration géométrique avec  $V1 = 29\ km/h = 8,06\ m/s$  et  $V2 = 45\ km/h = 12,5\ m/s$
- $d = \frac{1}{2}(8,06 * 2) + (8,06 * 3,5) + \frac{1}{2}(4,44 * 3,5) + (12,5 * 4,5) = \mathbf{100,3\ m}$

⇒ en 2,2 s :

- Idem...10 m env

1.5 Intensité absorbée à 14 Nm :

⇒ Intensité fournie par les batteries :

- Les batteries fournissent  $I_a$  (Induit) +  $I_e$  (excitation).
- A 14 Nm,  $I_a = 300$  A et  $I_e = 15,8$  A (DT p. 7) soit  **$I_b = 316$  A**

⇒ Réglages de l'oscilloscope :

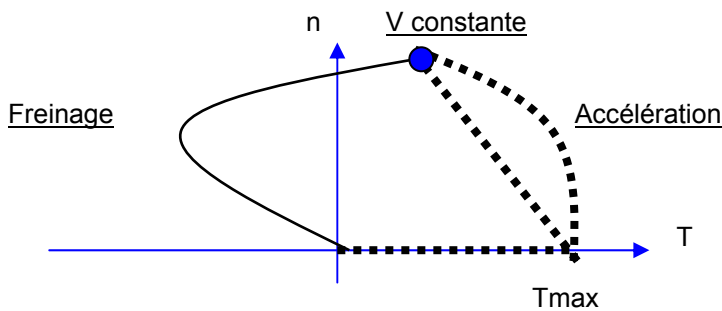
- Capteur de courant : 1 000 A/V ⇒ 50 mV/div, soit 50 A/div en Y

2. MODULATEUR D'ÉNERGIE

2.1 Types de convertisseurs :

- **hacheur dévolteur pour l'induit** (mais  $I_a$  réversible par la diode de structure du transistor de puissance MOS) ;
- **hacheur dévolteur pour l'inducteur.**

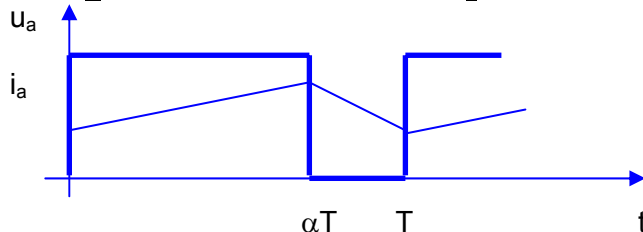
2.2 Cycle de fonctionnement : arrêt – accélération – vitesse constante – freinage électrique – arrêt.



	Accélération	Vitesse constante	Freinage
$I_a$	> 0	> 0	< 0
$I_e$	> 0	> 0	> 0

2.3 Déplacement horizontal à vitesse constante :

⇒ Allures de  $u_a$  aux bornes de l'induit et de  $i_a$  qui le traverse :



Interrupteurs :  $T_a$   $D_a$   
 ⇒ Inducteur : **Idem induit, période  $T'$ , rapport cyclique  $\alpha'$**

2.4 Descente en freinage électrique.

⇒ Condition du freinage électrique:

- Freinage électrique pour  $U_M > U_{batteries}$ , soit  **$U_M > 18$  V**

⇒ Contrôle du courant d'induit :

- Contrôle de  $I_a$  par  $U_a$ , donc par E, donc → **contrôle par  $I_e$**

3. BANC DIDACTIQUE

3.1 Moments d'inertie :

⇒ du scooter et de son conducteur ramenés à l'axe de la roue :

- Par identité des énergies cinétiques :  $J_{t,\Delta\text{moteur}} = Mt * (V / \Omega)^2 = Mt * R^2$
- Rayon de roulement :  $R_r = 1\,294 / 2 * \pi = 206$  mm

- Calculs effectués pour  $V = 45 \text{ km/h}$  :  $J_{t/\Delta\text{roue}} = (115 + 70) * 0,206^2 = 7,85 \text{ m}^2\text{kg}$   
 $\Rightarrow$  de l'ensemble des parties tournantes à placer sur le banc :
- $J_{t/\Delta\text{banc}} = J_{t/\Delta\text{roue}} * z_{\text{banc}}^2 = 7,85 * 0,244^2 = 0,47 \text{ m}^2\text{kg}$

### 3.2 Effort à la jante pour maintenir $V = 45 \text{ km/h}$ :

- $F_{j(45 \text{ km/h})} = [0,02 * (115 + 70) * 9,81] + [0,3 * 12,5^2] = 85,1 \text{ N}$   
 $\Rightarrow$  Couple correspondant fourni par le moteur du scooter :
- $T_{\text{roue}} = 85,1 * 0,214 = 18,2 \text{ Nm}$
- $T_{\text{moteur}} = 18,2 * 0,147 = 2,68 \text{ Nm}$

### 3.3 Démarrage dans une côte à 17 % :

- $\Rightarrow$  Couple à fournir par le moteur du scooter :
- $F_{(17\%)} = Mt * g * \sin(\arctg 0,17) = 304 \text{ N}$
- $T'_{\text{roue}} = 304 * 0,214 = 65,1 \text{ Nm}$
- $T'_{\text{moteur}} = 65,1 * 0,147 = 9,6 \text{ Nm}$
- $\Rightarrow$  Couple à fournir par le moteur du banc didactique :
- $T'_{\text{banc}} = 65,1 * 0,244 = 15,9 \text{ Nm}$

## 4. LE MOTOVARIATEUR DU BANC

### 4.1 Configuration du variateur : 4.12 = 1 et 4.13 = 0

- Doc WNTC : configuration en régulation de couple sans contrôle de vitesse.

### 4.2 Scooter en côte à 5,5 % :

- $\Rightarrow$  Quadrant de fonctionnement du moteur du banc :
- Moteur du banc : frein (Q.2 ou Q.4)
- $F_{(6\%)} = Mt * g * \sin(\arctg 0,055) = 99,7 \text{ N}$
- $T'_{\text{roue}} = 99,7 * 0,214 = 21,3 \text{ Nm}$
- $T'_{\text{banc}} = 21,3 * 0,244 = 5,2 \text{ Nm}$
- $\Rightarrow$  Consigne de couple :
- Registre "référence couple" : 4.08
- $N_{(4.08)} = 5,2 * 90 = 468$

## B. Mesurages

### 1. DEMARRAGE ET ACCELERATION SUR TERRAIN HORIZONTAL

#### 1.1. Mesures :

⇒ Consigne de couple :

- $T = 1,5 \text{ Nm} \rightarrow N_{(4,08)} = 1,5 * 90 = N_{(4,08)} = 135$

#### 1.2. Conclusions et commentaires :

⇒ Vitesse maximale atteinte :

- $U_{DT}$  en palier  $\approx 142 \text{ V}$ , soit  $v_{\max} = 45 \text{ km/h}$

⇒ Distance parcourue en 10 secondes :

- Intégration graphique : 1 carreau  $\rightarrow (6\ 330 / 3\ 600) * 1 = 1,76 \text{ m}$
- Banc "Tarbes 03" t.q.  $T_0 = 3 \text{ Nm}$  : 49 carreaux  $\rightarrow 86 \text{ m}$
- Banc "Tarbes 02" t.q.  $T_0 = 1,5 \text{ Nm}$   $\rightarrow 113 \text{ m}$

⇒ Autonomie théorique des batteries à 45 km/h :

- DT p.2 : capacité batteries = 100 Ah
- A 45 km/h :  $I_b \approx 80 \text{ A}$  ("Tarbes 03")  $\rightarrow$  Autonomie = 1 h 15 ou 56 km
- Différence avec constructeur (45 km) : **essai à plat et sans démarrage/ arrêt**

⇒ Courants  $I_a$ ,  $I_e$ ,  $I_b$  pendant le démarrage :

- Fonctionnement du moteur du scooter à couple  $\pm$  constant au démarrage avec limitation des courants :  $I_a = \text{cte} \approx 270 \text{ A}$  et  $I_e = \text{cte} \approx 22 \text{ A}$
- Hacheurs d'induit et d'inducteur : alimentés par une source de tension ( $U_b$ ) et débitent sur une source de courant ( $I_a + I_e$ ) :  **$U_a$  croissant  $\Rightarrow I_b$  croissant**

### 2. DEPLACEMENT EN MONTEE DANS UNE COTE A 5,5 %

#### 2.1. Mesures :

- Consigne de couple correspondante (préparation, § 4.2 et mesures § 1.1) :  $T_{\text{banc}} = 1,5 + 5,2 = 6,7 \text{ Nm}$ , d'où  $N_{(4,08)} = 6,7 * 90 = 603$
- Relevés :  $U_b = 17,6 \text{ V}$  ;  $I_b = 136 \text{ A}$  ;  $U_a = 17,3 \text{ V}$  ;  $I_a = 132 \text{ A}$  ;  $U_e = 7,5 \text{ V}$  ;  $I_e = 10,4 \text{ A}$

#### 2.2. Exploitation des résultats :

- $P_b = 2\ 394 \text{ W}$  ;  $P_a + P_e = 2\ 355 \text{ W}$   $\Rightarrow$  pertes hacheurs  $\approx 40 \text{ W}$

### 3. DEPLACEMENT EN DESCENTE SELON PLUSIEURS PENTES

$T_{\text{banc}} \text{ (Nm)}$	$N_{(4,08)}$	$P_b \text{ (W)}$	$P_a \text{ (W)}$	$P_e \text{ (W)}$	Transferts de puissance (Scooter) :
4	360	250	- 119	351	La batterie fournit une partie de la puissance d'excitation
5	450	0	- 386	350	L'induit fournit le courant inducteur
6	540	- 236	- 620	330	Recharge de la batterie