

SESSION 2007

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**PRODUCTIQUE MECANIQUE****SCIENCES PHYSIQUES****Durée 2 heures****Coefficient 2**

Dés que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce document comporte : 5 pages numérotées de 1 à 5

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront de façon appréciable dans l'évaluation des copies.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

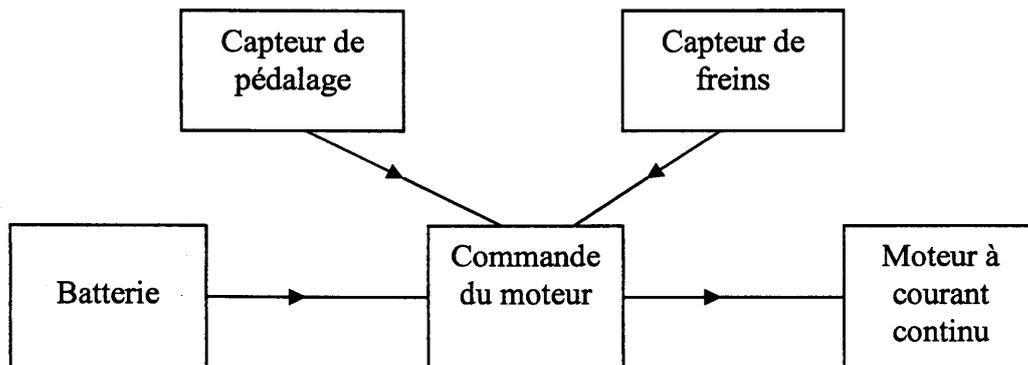
Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

Étude d'un vélo à assistance électrique (V.A.E.)

Le concept du vélo électrique repose sur les principes suivants :

- Le moteur du vélo n'est là que pour aider le cycliste à pédaler. Il n'y a pas de poignée d'accélération qui permette au vélo d'avancer tout seul.
- Le moteur s'arrête si le cycliste arrête de pédaler ou si la vitesse du vélo atteint 25 km.h⁻¹.
- Le moteur s'arrête lorsque l'on actionne l'un des freins.

On peut donc en déduire le schéma de principe suivant :



1. Étude du moteur à courant continu (6 pts)

C'est un moteur à aimant permanent. On négligera les pertes autres que par effet Joule.

Les données du constructeur sont les suivantes :

Tension nominale d'induit :	$U_N = 36 \text{ V}$
Intensité nominale d'induit :	$I_N = 8,2 \text{ A}$
Résistance d'induit :	$r = 0,66 \Omega$
Vitesse de rotation nominale du moteur :	$n_N = 3000 \text{ tr.min}^{-1}$

- 1.1. Donner le schéma équivalent de l'induit du moteur fonctionnant en régime permanent. En déduire une relation entre la tension d'alimentation du moteur (U), la force électromotrice (E) et l'intensité du courant dans l'induit (I). Calculer la force électromotrice E pour le fonctionnement nominal.
- 1.2. Calculer la puissance absorbée P_a par le moteur pour le régime nominal.
- 1.3. Montrer que l'on peut écrire $E = k \cdot \Omega$. En déduire que : $k = 0,097 \text{ V.rad}^{-1} \cdot \text{s}$.
- 1.4. Montrer que l'on peut écrire $T_{EM} = k \cdot I$ où T_{EM} est le moment du couple électromagnétique du moteur. En déduire que $T_U = 0,097 \cdot I$, où T_U est le moment du couple utile sur l'arbre moteur. Calculer T_U pour le fonctionnement nominal.
- 1.5. Calculer la puissance utile du moteur (P_U), en déduire le rendement η du moteur.

2. Étude de la commande du moteur (5,5 pts)

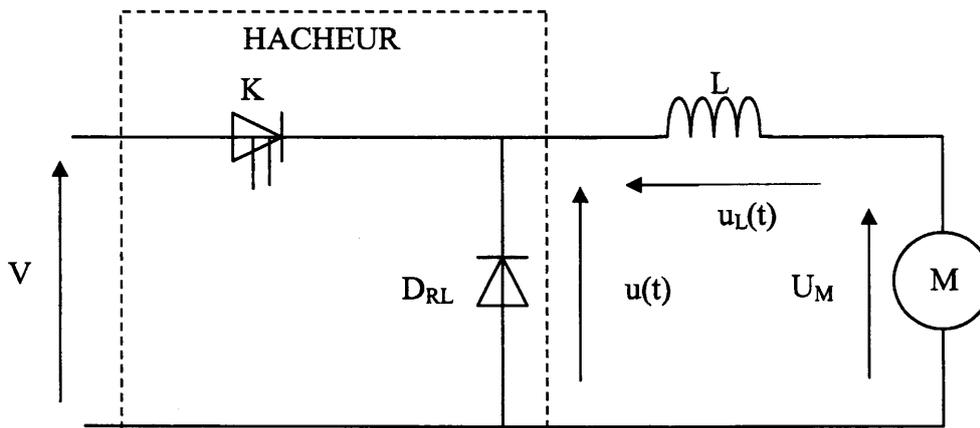


Figure 1

L'alimentation de l'induit du moteur est assurée par un accumulateur électrochimique composé de trois batteries de 12 V mises en série (soit $V = 36$ V) et d'un hacheur série (cf figure 1 ci-dessus).

- 2.1. Quel composant électronique utilise-t-on comme interrupteur commandé en K ?
- 2.2. Donner le schéma électrique équivalent du montage lorsque K est passant, puis lorsqu'il est bloqué.
- 2.3. Quel est le rôle de la diode D_{RL} .
- 2.4. Sur le graphique donnant l'évolution temporelle de $u(t)$ page 5, on observe pour une valeur de rapport cyclique α arbitraire, les variations de la tension $u(t)$ sur une période. Établir l'expression de la valeur moyenne $\langle u(t) \rangle$ de cette tension en fonction de V et α .
- 2.5. En écrivant la loi d'additivité des tensions entre $u(t)$, $u_L(t)$ et U_M , que l'on prendra en valeur moyenne, établir la relation entre V , α et U_M .

3. Fonctionnement du vélo (4 pts)

- 3.1. Calcul de la vitesse du moteur.

Le diamètre des roues du vélo est de 0,66 m.

Exprimer n_R la vitesse de rotation de la roue en tr.s^{-1} , en fonction de v la vitesse du vélo en km.h^{-1} .

Sachant que le moteur a un réducteur interne de 1/15, montrer que n , la vitesse de rotation du moteur, est de 1800 tr.min^{-1} (ou 30 tr.s^{-1}) quand le vélo roule à 15 km.h^{-1} .

- 3.2. On utilise le vélo sur une légère pente ascendante constante. Le vélo roule à la vitesse constante de 15 km.h^{-1} et la puissance utile totale (cycliste + moteur) demandée est de 300 W. Le cycliste a la possibilité de demander au moteur de participer plus ou moins à cet effort. On va étudier deux cas : le moteur fournit 30 % de l'effort et le moteur fournit 80 % de l'effort.

Compléter le tableau page 5.

4. Recharge des batteries (4,5 pts)

Pour recharger les batteries, on utilise le montage figure 2. Il s'agit de trois batteries de 12 V mises en série soit 36 V, 12 Ah. La f.e.m des batteries (E_B) est comprise entre $E_{B1} = 33$ V (batterie déchargée) et $E_{B2} = 44$ V (batterie en fin de charge). La résistance interne de la batterie ainsi formée est de : $r_B = 0,6 \Omega$.

On suppose que l'intensité du courant reste constante $I_C = 2$ A.

La charge est donc assurée par un transformateur dont le rôle est d'abaisser la tension du réseau EDF associé à un pont mixte composé de deux diodes et de deux thyristors.

La tension aux bornes du secondaire du transformateur est de la forme : $u_S(t) = 60\sqrt{2} \sin(314t)$, où t est exprimé en secondes.

- 4.1. Calculer le rapport de transformation m du transformateur.
- 4.2. Donner la relation entre U_B , E_B , I_C et r_B .
- 4.3. Montrer que $\langle u_C \rangle = U_B$. Calculer la valeur de $\langle u_{C1} \rangle$ et de $\langle u_{C2} \rangle$ correspondant aux deux valeurs de E_{B1} et E_{B2} .
- 4.4. En déduire θ_1 et θ_2 les deux valeurs correspondantes de θ , l'angle de retard à l'amorçage.

On rappelle $\langle u_C \rangle = \frac{\hat{U}_S}{\pi} (1 + \cos(\theta))$ où \hat{U}_S est la valeur maximale de u_S .

- 4.5. Quel sera le temps de charge des batteries ?

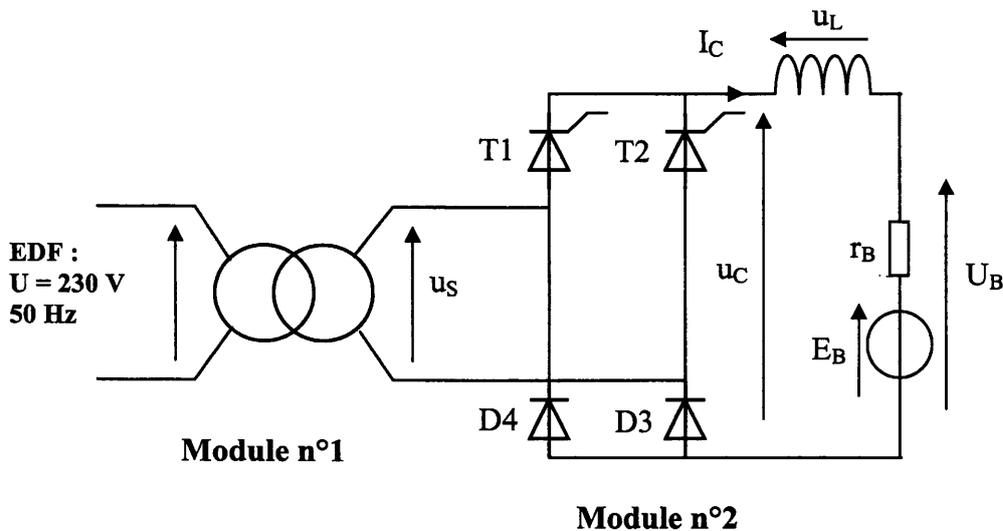
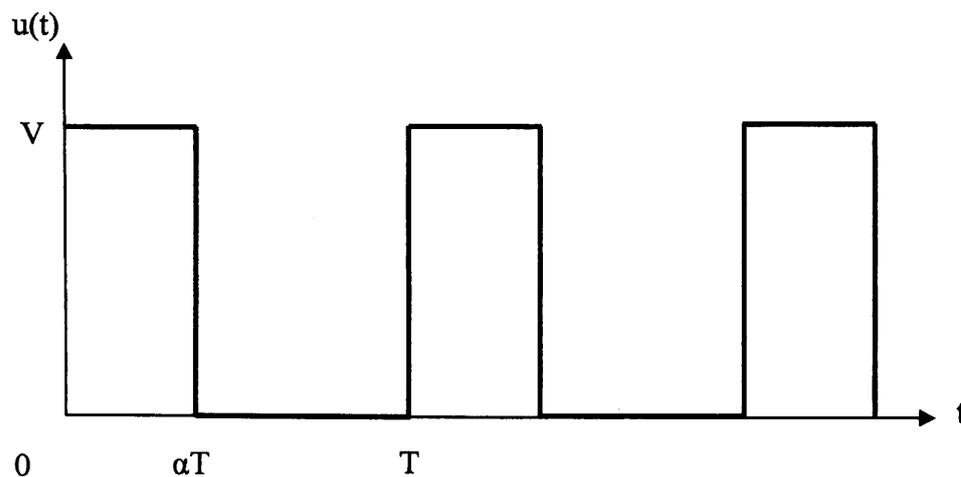


Figure 2

Document-réponse (à rendre avec la copie)



Graphique de l'évolution temporelle de $u(t)$

	30 % de puissance utile totale	80 % de puissance utile totale
Puissance utile fournie par le moteur.		
Moment du couple utile fourni par le moteur.		
Calcul du courant d'induit $I = T_U / 0,097$.		
Calcul de la f.e.m. E du moteur $E = 0,097 \cdot \Omega$		
Calcul de U_M tension d'alimentation du moteur		
En déduire la valeur de α du hacheur		

Tableau à remplir