

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

PRODUCTIQUE MECANIQUE

SCIENCES PHYSIQUES

Durée 2 heures

coefficient 2

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.*

*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 à 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.

Un moteur à courant continu alimenté par un convertisseur entraîne à vitesse variable une machine qui effectue un processus industriel. Deux types de convertisseur sont envisagés, hacheur et redresseur commandé.

Le problème comporte trois parties qui peuvent être traitées de façon indépendante:

- première partie: étude du moteur;
- deuxième partie: étude du hacheur qui alimente le moteur;
- troisième partie: étude du redresseur qui alimente le moteur.

Il est conseillé toutefois de lire préalablement l'ensemble du sujet.

Les feuilles comportant des documents réponse sont à rendre avec la copie, les notations de l'énoncé devront être impérativement respectées.

PREMIÈRE PARTIE: ÉTUDE DU MOTEUR (7 points)

Il s'agit d'un moteur à courant continu à aimants permanents. Les données du constructeur sont les suivantes:

- tension nominale d'alimentation $U_n = 220 \text{ V}$
- vitesse de rotation nominale $\Omega_n = 157 \text{ rad.s}^{-1}$
- résistance de l'induit $R = 0,95 \Omega$

La force électromotrice du moteur est liée à la fréquence de rotation par la relation:

$$E = K.\Omega \text{ avec } K = 1,25 \text{ V.s.rad}^{-1}$$

On négligera les frottements mécaniques ainsi que toute cause de pertes autre que l'effet Joule.

- I.1. Quelle est la relation entre la vitesse Ω exprimée en radians par seconde et la fréquence N en tours par minute? Calculer la fréquence de rotation nominale N_n .
- I.2. Donner le schéma électrique équivalent du moteur (convention récepteur). La tension aux bornes U et le courant absorbé I figureront sur le schéma. Calculer la force électromotrice nominale E_n et le courant nominal absorbé I_n .
- I.3. Etablir l'expression littérale du couple électromagnétique du moteur: $C_E = K.I$; calculer sa valeur numérique nominale C_{En} .
- I.4. Calculer la puissance absorbée P_a , la puissance utile P_u et le rendement du moteur fonctionnant dans les conditions nominales.
- I.5. Le moteur entraîne une machine dont la caractéristique $C_R = f(N)$ est donnée figure 1. En régime établi, le groupe moteur-machine fonctionne au point A (fig. 1). Déduire des données de la figure 1 (vitesse et couple) les valeurs de la force électromotrice E_A et l'intensité du courant I_A correspondant à ce point de fonctionnement. Quelle valeur U_A doit prendre la tension qui alimente le moteur ?

I.6. Quelle relation d'inégalité entre les couples doit être satisfaite pour que le groupe moteur-machine puisse démarrer ? A l'instant du démarrage, on applique au moteur une tension $U_D = 22,8 \text{ V}$.

Calculer l'intensité du courant absorbé à cet instant; en déduire la valeur du couple électromagnétique. Le démarrage du groupe est-il possible ?

DEUXIÈME PARTIE: ÉTUDE DU HACHEUR (7 points)

Pour assurer les variations de vitesse, le moteur est alimenté par une source continue $U_0 = 275 \text{ V}$ et un hacheur; le schéma du montage est donné à la figure 2.

Le transistor H se comporte comme un *interrupteur* commandé périodiquement; ses états successifs sont précisés par le diagramme figure 3. La période de fonctionnement est $T = 0,4 \text{ ms}$, le rapport cyclique α peut être réglé entre 0 et 1. La diode de roue libre D joue le rôle d'un interrupteur, ouvert lorsque H est passant, fermé lorsque H est bloqué.

La bobine de lissage $L = 11,55 \text{ mH}$ (résistance négligeable) en série avec le moteur limite les variations du courant $i(t)$ qui évolue entre les deux valeurs I_m et I_M autour d'une valeur moyenne I_{moy} (fig. 3).

Dans ces conditions, le couple électromagnétique du moteur est donné par la relation $C_E = K I_{\text{moy}}$. On admettra enfin que la tension U aux bornes du moteur est *constante en régime établi*.

II.1. Donner le schéma électrique équivalent au montage lorsque H est passant, puis lorsque H est bloqué. Dans chacun des deux cas, préciser la valeur prise par $v(t)$.

II.2. Sur le document réponse DR1 (pour lequel on a pris une valeur arbitraire de α), tracer les courbes représentatives des variations de la tension $v(t)$ sur une période. Exprimer la valeur moyenne V_{moy} de cette tension en fonction de U_0 et α .

II.3. Sur le document réponse DR1, tracer les courbes représentatives des variations des intensités i_H et i_D des courants circulant respectivement dans le transistor et dans la diode.

II.4. En écrivant une loi de maille qu'on prendra ensuite en valeur moyenne, établir une relation entre V_{moy} et U puis entre U_0 , U et α . On rappelle qu'en régime permanent, la valeur moyenne de la tension aux bornes d'une inductance pure est nulle.

Calculer les deux valeurs α_A et α_B du rapport cyclique permettant de faire fonctionner le groupe au point A ($U_A = 220 \text{ V}$) et au point B ($U_B = 82,5 \text{ V}$).

II.5. On démontre que l'ondulation du courant $i(t)$ qui circule dans le moteur est donnée par la relation:

$$\Delta i = I_M - I_m = \frac{U_0 T}{L} \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha)$$

Pour le point de fonctionnement B, le courant absorbé est $I_{\text{moy}} = 6,8 \text{ A}$; le rapport cyclique est $\alpha = 0,3$. Calculer Δi correspondant à ce fonctionnement. En déduire les valeurs de I_m et I_M . Tracer sur le document réponse DR2 les courbes représentatives des variations de $v(t)$ et de $i(t)$ correspondant au point de fonctionnement B. Préciser les états de H et de D.

TROISIÈME PARTIE: ÉTUDE DU REDRESSEUR (6 points)

La variation de vitesse du groupe moteur-machine est maintenant obtenue à l'aide d'une source sinusoïdale (valeur efficace de la tension $U_1 = 400 \text{ V}$ / fréquence 50 Hz) et d'un pont mixte (figure 4).

Le retard angulaire à l'amorçage des thyristors par rapport aux passages de la tension secteur par zéro est noté ψ ; ce retard peut varier entre 0 et π .

On négligera la résistance de la bobine de lissage en série avec le moteur et on admettra que son inductance L_F est suffisamment grande pour que le courant dans la charge noté I soit *parfaitement constant*. La tension U aux bornes du moteur est *constante*.

III.1. L'allure de la tension $v(t)$ sur une période est tracée en DR3 pour une valeur quelconque de ψ . Indiquer sur le **document réponse DR3** les intervalles de conduction de chaque composant. On notera « 0 » lorsqu'un composant est à l'état bloqué, « 1 » à l'état passant.

III.2. La valeur moyenne de la tension redressée $v(t)$ s'exprime par la relation:

$$V_{\text{moy}} = \frac{U_1 \sqrt{2}}{\pi} (1 + \cos \psi)$$

Calculer ψ (résultat exprimé en degrés) pour que le groupe moteur-machine fonctionne au point A ($U_A = 220 \text{ V}$). On rappelle qu' en régime permanent, la valeur moyenne de la tension aux bornes d'une inductance pure est nulle.

Pour faire fonctionner le groupe au point B faudra-t-il augmenter ou diminuer ψ ?

Figure 1

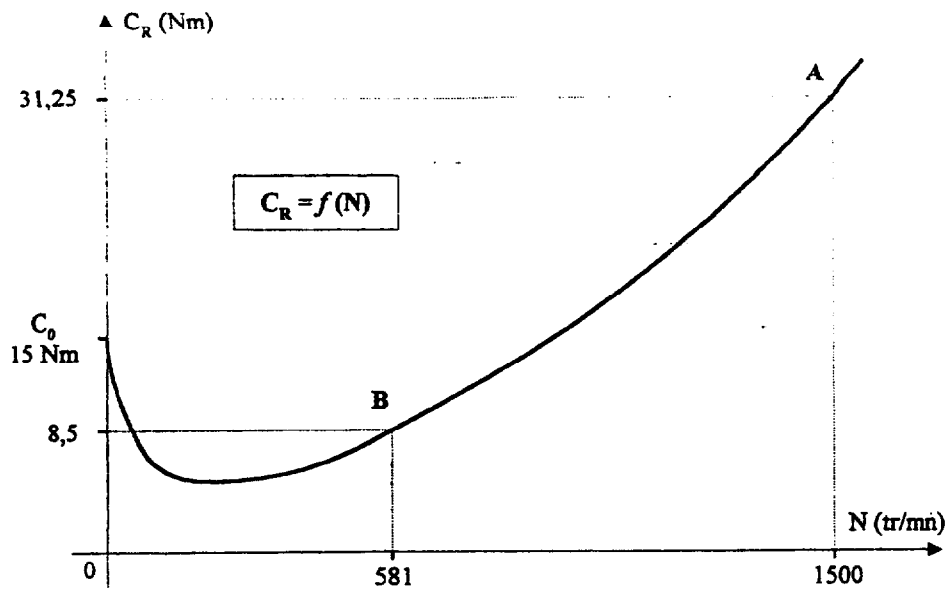


Figure 2

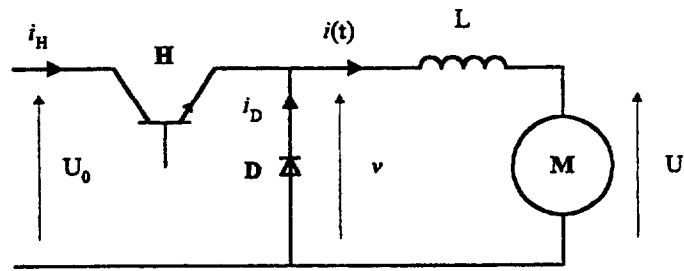


Figure 3

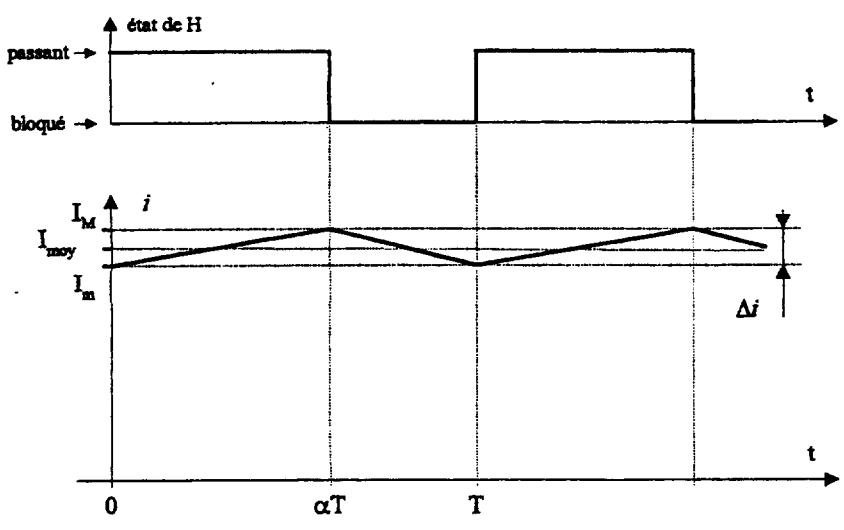
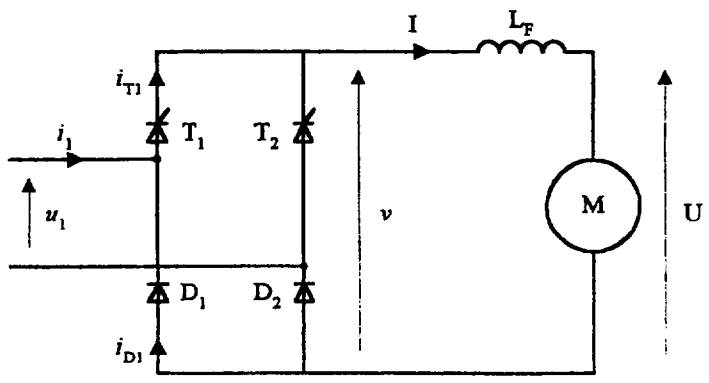
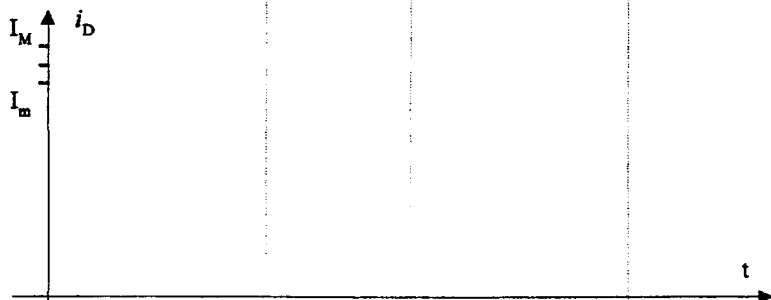
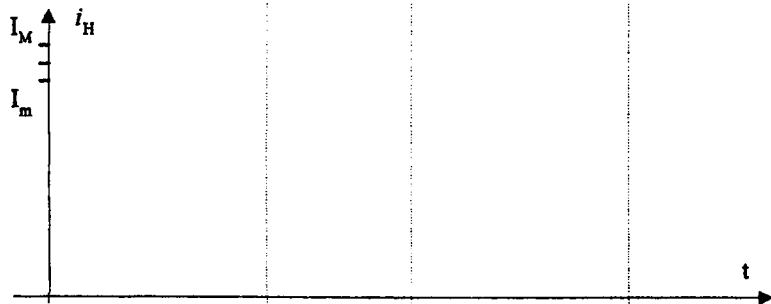
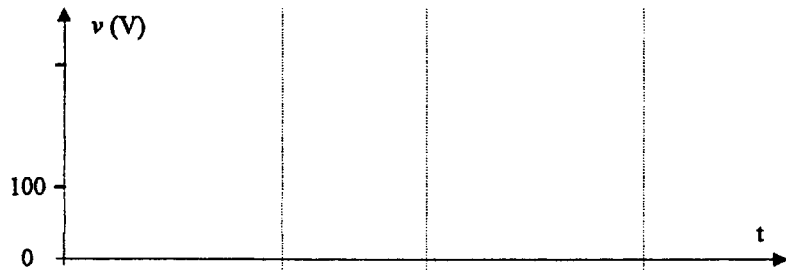
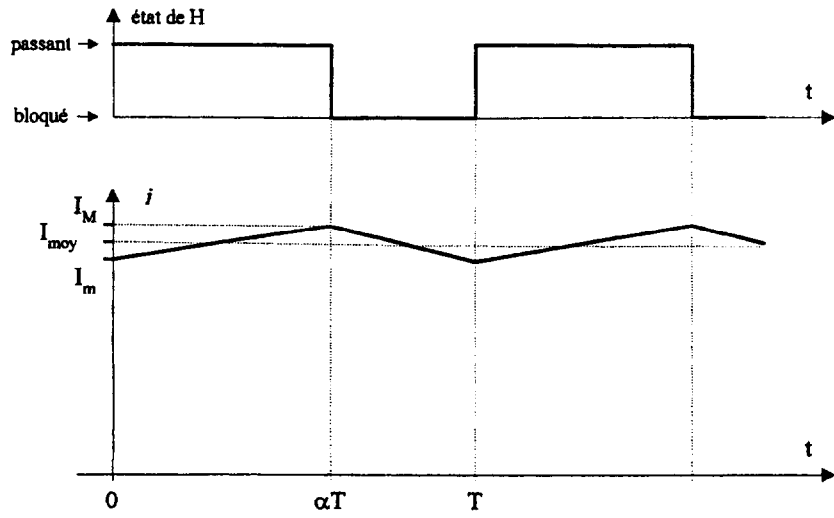


Figure 4



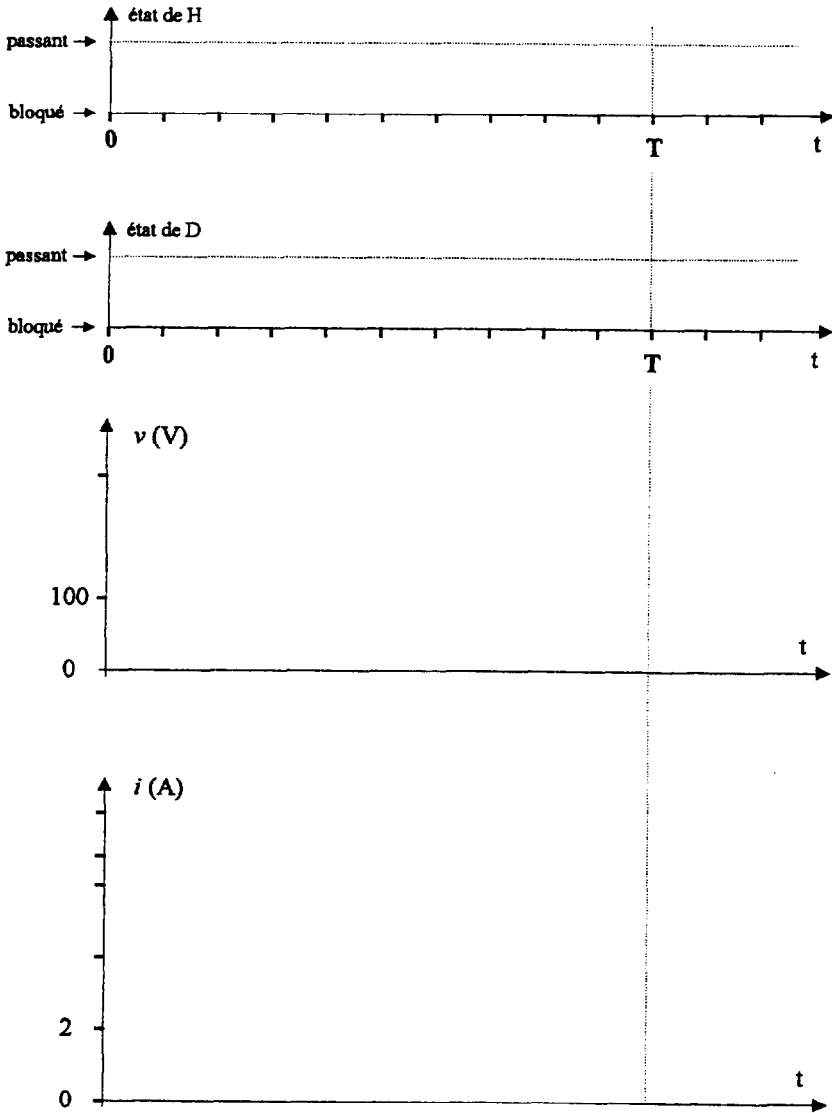
DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse
DR1



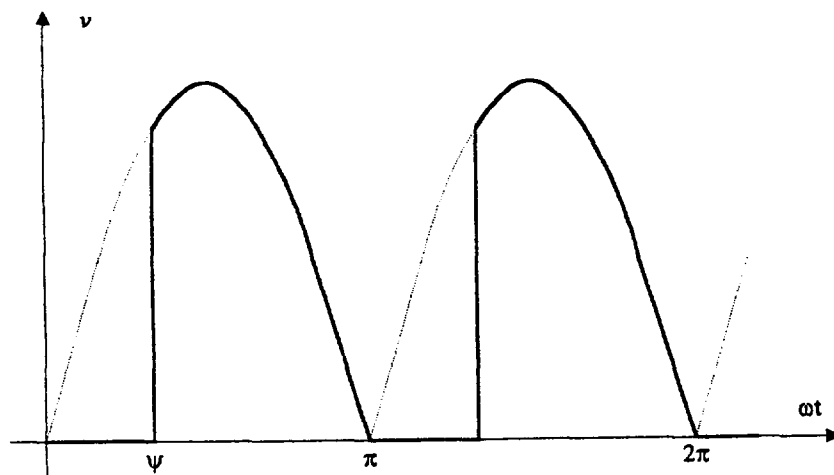
DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse
DR2



DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse
DR3



état T_1	0	
état T_2		
état D_1		
état D_2		