

**BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR**

**MÉCANIQUE
AUTOMATISMES INDUSTRIELS**

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

IMPORTANT

Ce sujet comporte 8 pages .

Les documents réponses, pages 6, 7 et 8 sont à remettre avec la copie.

VÉHICULE ÉLECTRIQUE

Une société de location d'emplacements pour caravanes et bateaux sur remorque souhaite s'équiper d'un véhicule électrique pour faciliter les déplacements et permettre une optimisation de l'occupation de l'espace disponible.

Le cahier des charges relatif à la réalisation du véhicule précise les éléments suivants :

- Vitesse réglable de 0 à 15 km.h⁻¹ pour la marche avant,
- Vitesse réglable de 0 à 5 km.h⁻¹ pour la marche arrière.

Choix technologiques pour la motorisation :

Batterie 48 V / 550 Ah

Moteur asynchrone triphasé SEVCON FLT 132 M4

Variateur de vitesse pour moteur triphasé SEVCON espAC

A. Étude du refroidissement du moteur.

Pour augmenter l'autonomie de la batterie, le moteur ne comporte pas de ventilateur intégré.

Il est équipé de deux dispositifs :

- un dispositif de protection : un ventilateur électrique complémentaire se met en marche lorsque la température atteint la valeur $T_2 = 60^\circ\text{C}$ et s'arrête lorsque la température atteint la valeur $T_1 = 50^\circ\text{C}$.
- un dispositif de sécurité : l'alimentation du moteur est coupée lorsque la température atteint la valeur $T_3 = 80^\circ\text{C}$ et est activée lorsque la température redescend à la valeur $T_2 = 60^\circ\text{C}$. La commande de l'alimentation du moteur est réalisée à l'aide d'un relais électromagnétique.

A.1. Fonctionnement des dispositifs.

L'évolution de la température du moteur en fonction du temps au cours d'un essai en charge est donnée figure 1 sur le document réponse 1 page 6.

L'alimentation du moteur est coupée lorsque la commande du relais est à l'état logique 1.

Compléter le chronogramme de fonctionnement du dispositif de sécurité pour cette évolution de la température du moteur sur la figure 2 du document réponse 1 page 6.

A.2. Dispositif de sécurité.

La structure du dispositif de sécurité est représentée sur le document 2 page 5.

La caractéristique de la thermistance R_{Th} utilisée est représentée sur le document 1 page 5.

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait.

On donne : $V_{alim} = +12\text{V}$ et $R_0 = 1\text{k}\Omega$

2.1. Capteur de température.

2.1.1. Quelle est la valeur de l'intensité du courant i^- absorbée par l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel ? Justifier.

2.1.2. Etablir l'expression de v_e en fonction de V_{alim} , R_{Th} et R_0 . Justifier que la valeur de la tension v_e dépend de la température.

BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page1/8

2.1.3. Déterminer graphiquement R_{Th2} et R_{Th3} , les valeurs respectives de la résistance de la thermistance pour les températures $T_2 = 60^\circ\text{C}$ et $T_3 = 80^\circ\text{C}$.

2.1.4. Calculer V_2 et V_3 , les valeurs de la tension v_e pour les températures $T_2 = 60^\circ\text{C}$ et $T_3 = 80^\circ\text{C}$.

2.2. Détection.

On relève expérimentalement la caractéristique de transfert $v_s = f(v_e)$. Ce relevé est représenté sur le document 3 page 5.

2.2.1. L'amplificateur opérationnel fonctionne-t-il en régime linéaire ? Justifier la réponse.

2.2.2. Quelle est la fonction réalisée par le montage ?

2.2.3. Relever les valeurs des seuils de commutation V_H , seuil haut et V_B , seuil bas. Ces valeurs sont-elles conformes au fonctionnement souhaité ? Si non, proposer une explication.

B. Étude du moteur asynchrone.

Le couplage des enroulements du stator du moteur triphasé est réalisé par le constructeur.

Le constructeur du moteur fournit les indications suivantes :

Type : **FLT 132 M4** ;

48V / 83V ; 1440 tr/min ; 5,6 kW ; $\cos\varphi = 0,87$; 37 N.m ; $\eta_N = 96\%$

Le moteur est alimenté à partir d'un réseau triphasé 48V - 50Hz.

La résistance R_a mesurée entre 2 bornes du stator couplé est égale à 2 m Ω .

B.1. Exploitation des caractéristiques.

1.1. Préciser en le justifiant le couplage du stator. Représenter le branchement correspondant sur la figure 4 page 7.

1.2. Pour une fréquence des tensions d'alimentation de 50 Hz, déterminer la valeur de la fréquence de rotation à vide n_s en tr.min⁻¹. En déduire le glissement g pour le fonctionnement nominal.

1.3. Préciser à quelle grandeur correspond l'indication « 37 N.m » ?

B.2. Bilan des puissances au fonctionnement nominal.

2.1. Compléter l'arbre des puissances représenté figure 5 page 7 en précisant les notations utilisées.

2.2. Calculer la puissance absorbée P_a ainsi que la valeur efficace I de l'intensité du courant en ligne.

2.3. Montrer que les pertes par effet Joule au stator P_{Js} sont pratiquement égales à 20 W.

BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page2/8

2.4. Les pertes fer au stator P_{fs} sont négligées. Les pertes mécaniques P_m sont égales à 100W. Calculer les pertes par effet Joule au rotor P_{jr} .

C. Étude de la commande du moteur.

Le variateur de vitesse SEVCON espAC est un onduleur triphasé à tension et fréquence variables.

C.1. Étude simplifiée de l'onduleur.

L'étude se limitera à l'étude d'une branche de l'onduleur.

Aucune connaissance sur l'onduleur triphasé n'est nécessaire.

La structure d'une branche de l'onduleur est représentée figure 6 page 8.

Les chronogrammes de fonctionnement sont représentés figures 7 et 8 page 8.

On note p , la puissance instantanée reçue par la charge.

1.1. Exprimer p puis compléter le tableau de la figure 8 page 8 en précisant le signe de p .
Indiquer dans ce même tableau la nature de chaque phase de fonctionnement :
Al = alimentation, RL = roue libre, R = récupération.

1.2. Fonctionnement de $T/8$ à $T/2$.

1.2.1. Préciser l'état de chacun des interrupteurs K_1 , K_2 , K_3 et K_4 pour cet intervalle de temps.

1.2.2. Représenter le schéma du circuit électrique équivalent et justifier la valeur de la tension u_c .

1.3. On désire étudier expérimentalement la tension u_c .

1.3.1. Indiquer sur le schéma du montage figure 6 page 8, les branchements de l'oscilloscope permettant de visualiser u_c .

1.3.2. Représenter sur le schéma du montage figure 6 page 8, le branchement du voltmètre permettant de mesurer U_C la valeur efficace de u_c en précisant le réglage AC ou DC ?

Quelle sera la valeur indiquée par le voltmètre si on choisit l'autre position du commutateur AC ou DC ? Justifier la réponse.

C.2. Réglage de la vitesse du moteur.

L'onduleur fonctionne en maintenant le rapport U/f constant.

La vitesse du véhicule est proportionnelle à la fréquence de rotation n du moteur. Lorsque n est égale à 1500 tr.min^{-1} , la vitesse du véhicule est égale à $v_{Amax} = 15 \text{ km.h}^{-1}$.

Les caractéristiques mécaniques $T_u(n)$ sont des portions de droite dans le domaine d'utilisation.

2.1. Marche avant.

La caractéristique mécanique du moteur dans sa partie utile est représentée figure 3 page 6.

C'est une droite passant par les deux points A et B de coordonnées :

A (1500 tr.min^{-1} ; 0 Nm) et B (1440 tr.min^{-1} ; 37 N.m).

Justifier les coordonnées des points A et B.

BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page3/8

2.2. Marche arrière.

La vitesse maximale du véhicule en marche arrière est égale à $v_{R\max} = 5 \text{ km.h}^{-1}$.

2.2.1. Montrer que la valeur de la fréquence f_R des courants d'alimentation doit être égale à 16,7 Hz . Calculer la valeur U_R de la tension d'alimentation.

2.2.2. Tracer la caractéristique mécanique $T_{u16,7}(n)$ sur le graphique figure 3 page 6.

2.3. Point de fonctionnement.

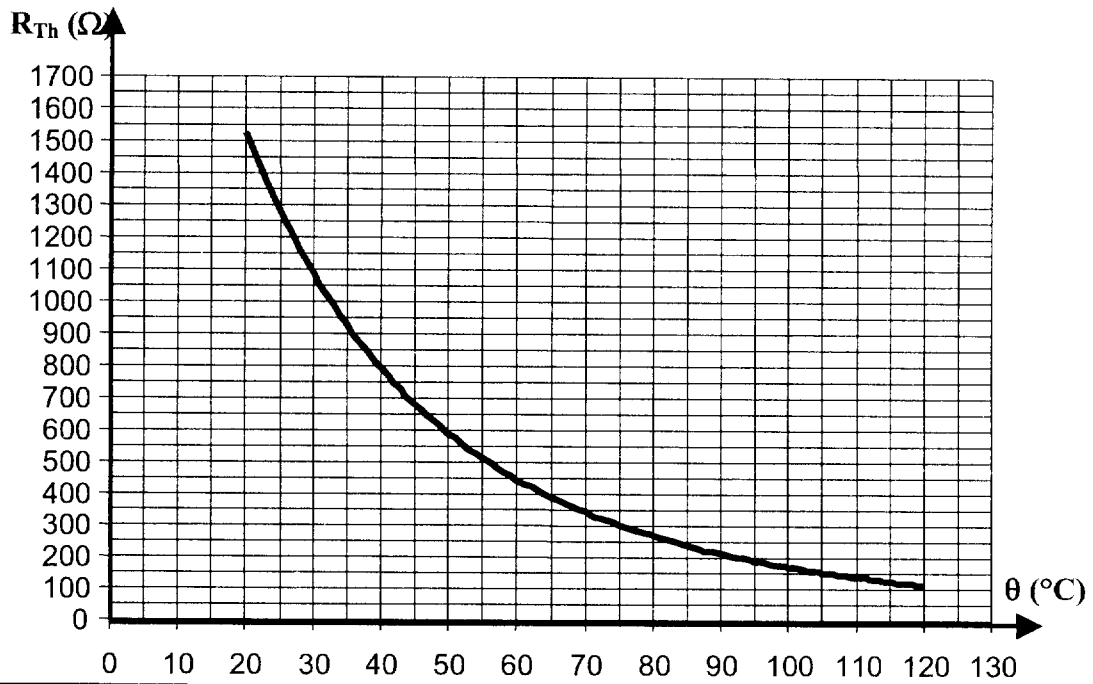
La charge entraînée par le moteur impose un couple résistant constant $T_R = 40 \text{ N.m}$.

2.3.1. Tracer la caractéristique mécanique de la charge figure 3 page 6

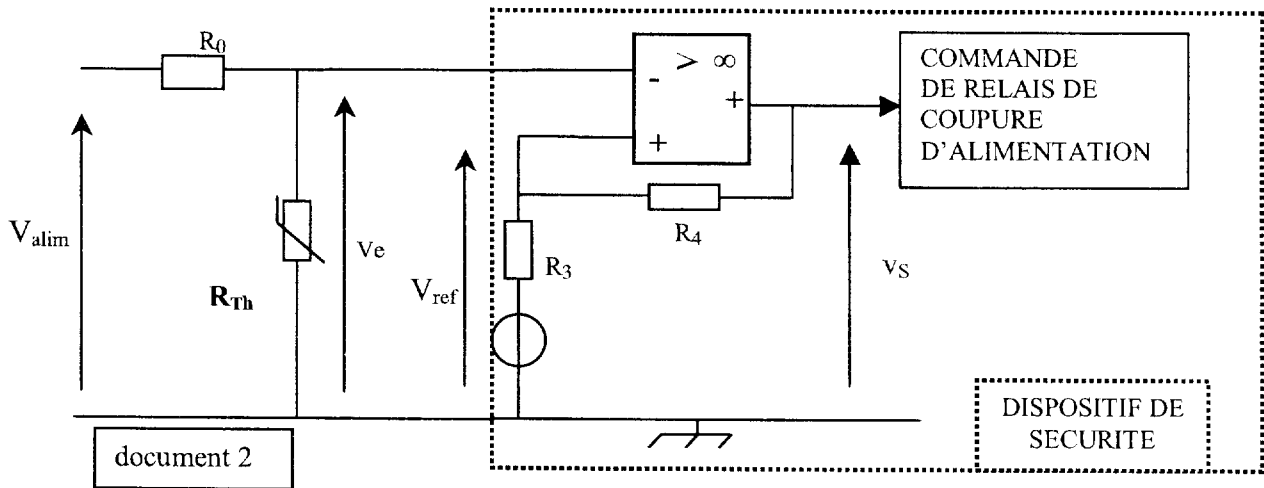
2.3.2. Vitesse maximale en charge en marche avant.

Déterminer la valeur maximale $n_{A40\max}$ de la fréquence de rotation du moteur. En déduire la vitesse maximale $v_{A40\max}$ atteinte par le véhicule chargé.

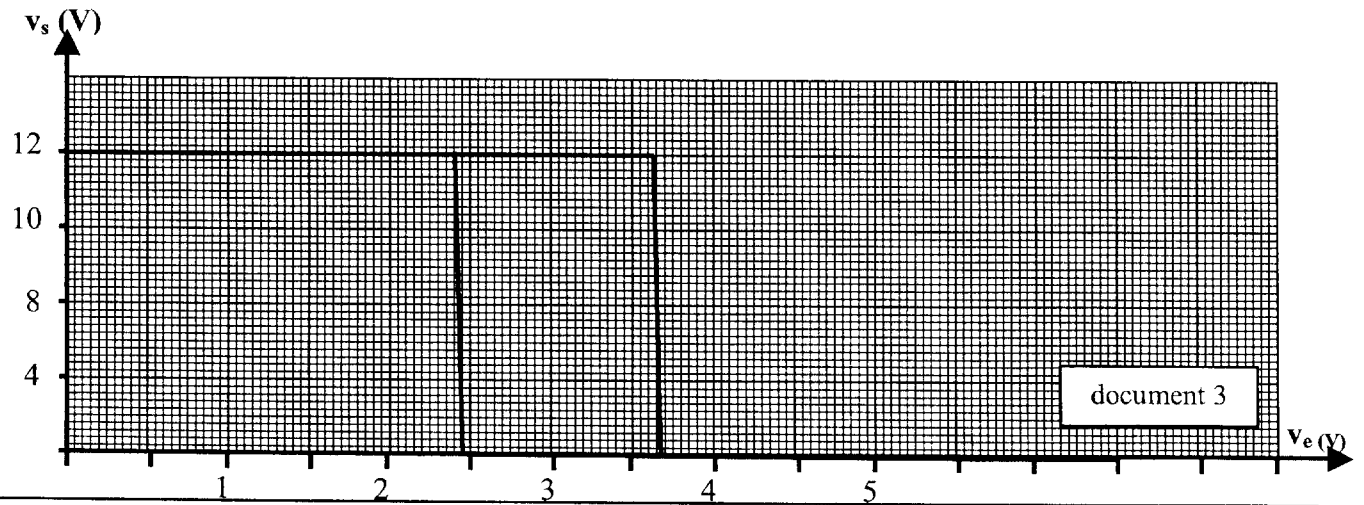
BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page4/8



document 1



document 2



document 3

BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page5/8

figure 1

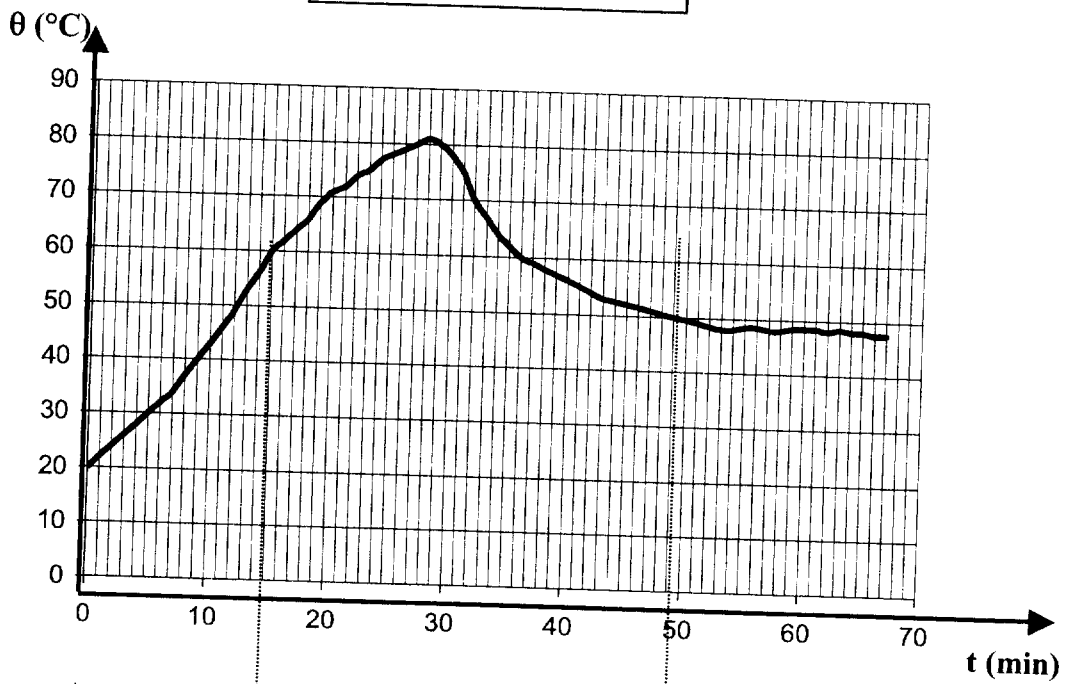


figure 2

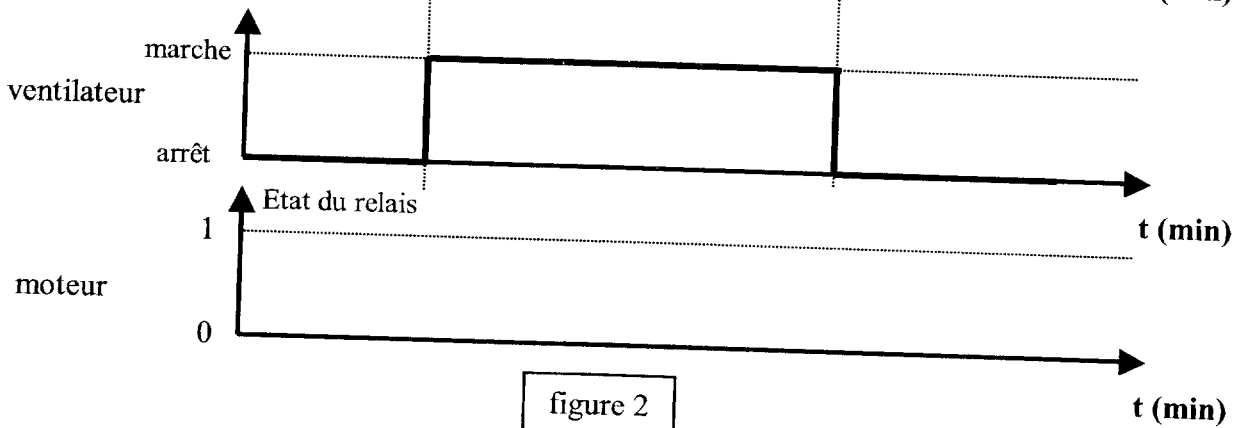
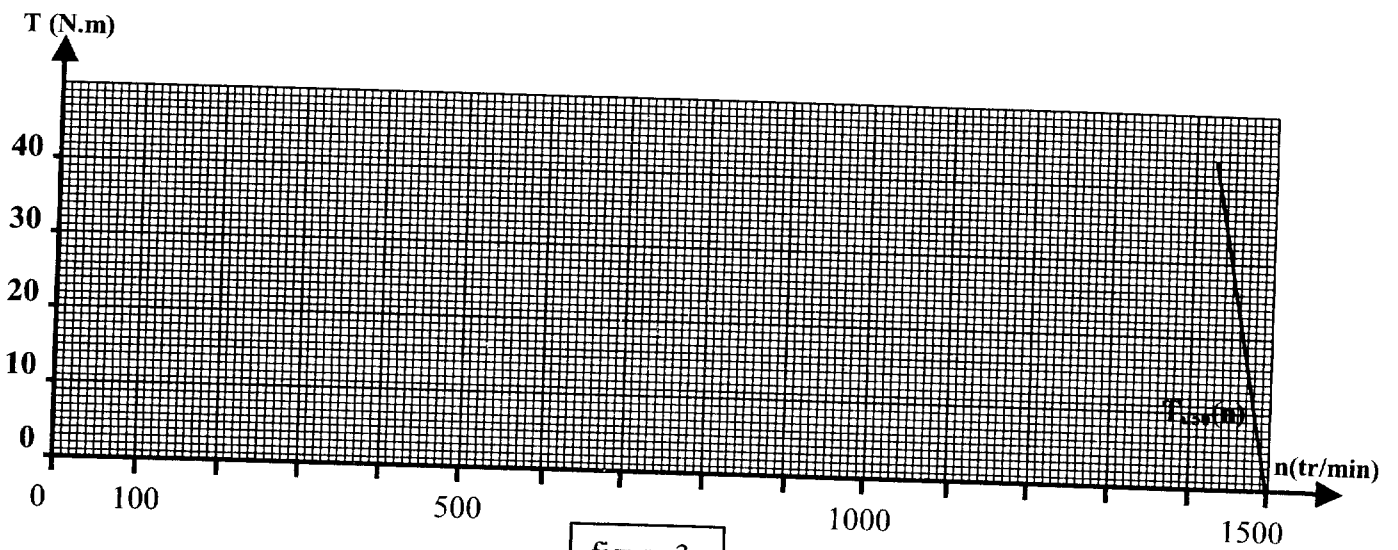


figure 3



Document réponse 2
à rendre avec la copie

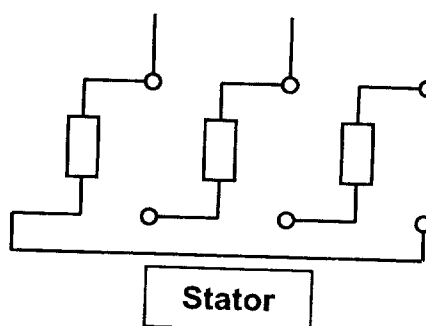
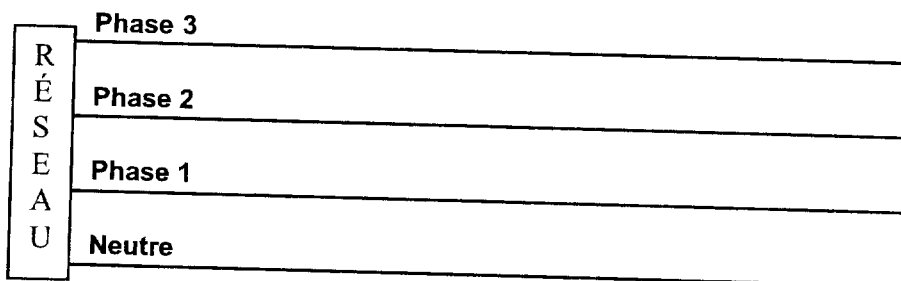


figure 4

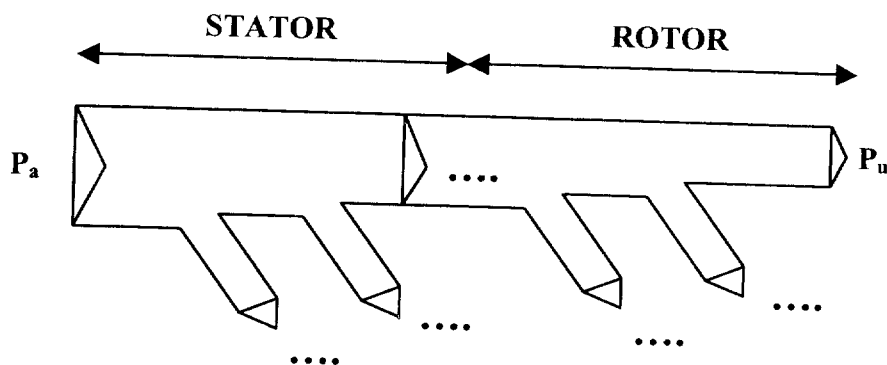


figure 5

BTS Mécanique Automatismes Industriels	SUJET	Session 2008
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MSE3SC8		Page7/8

Document réponse 3
à rendre avec la copie

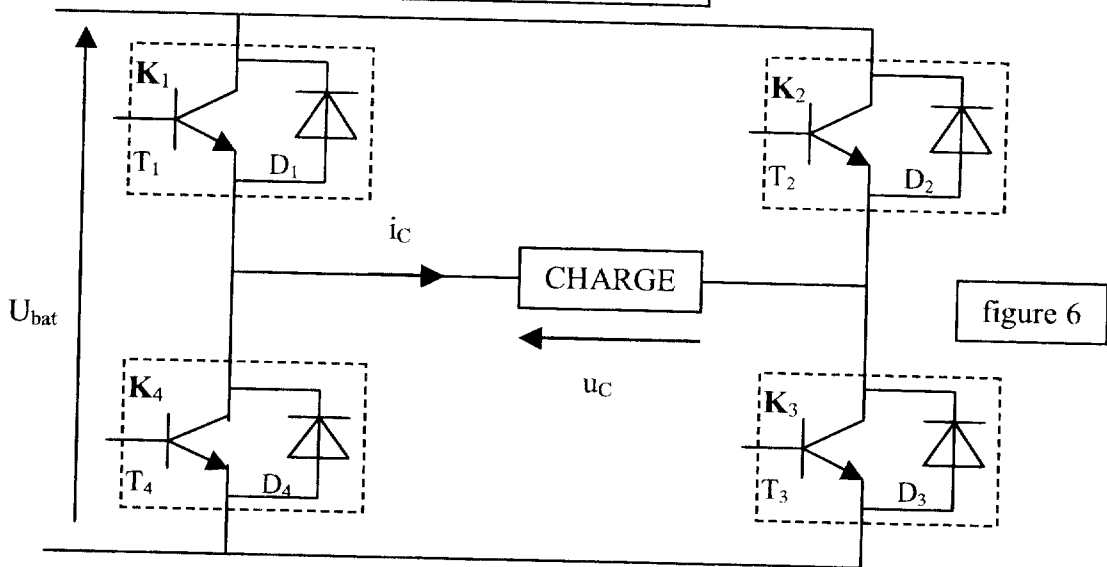


figure 6

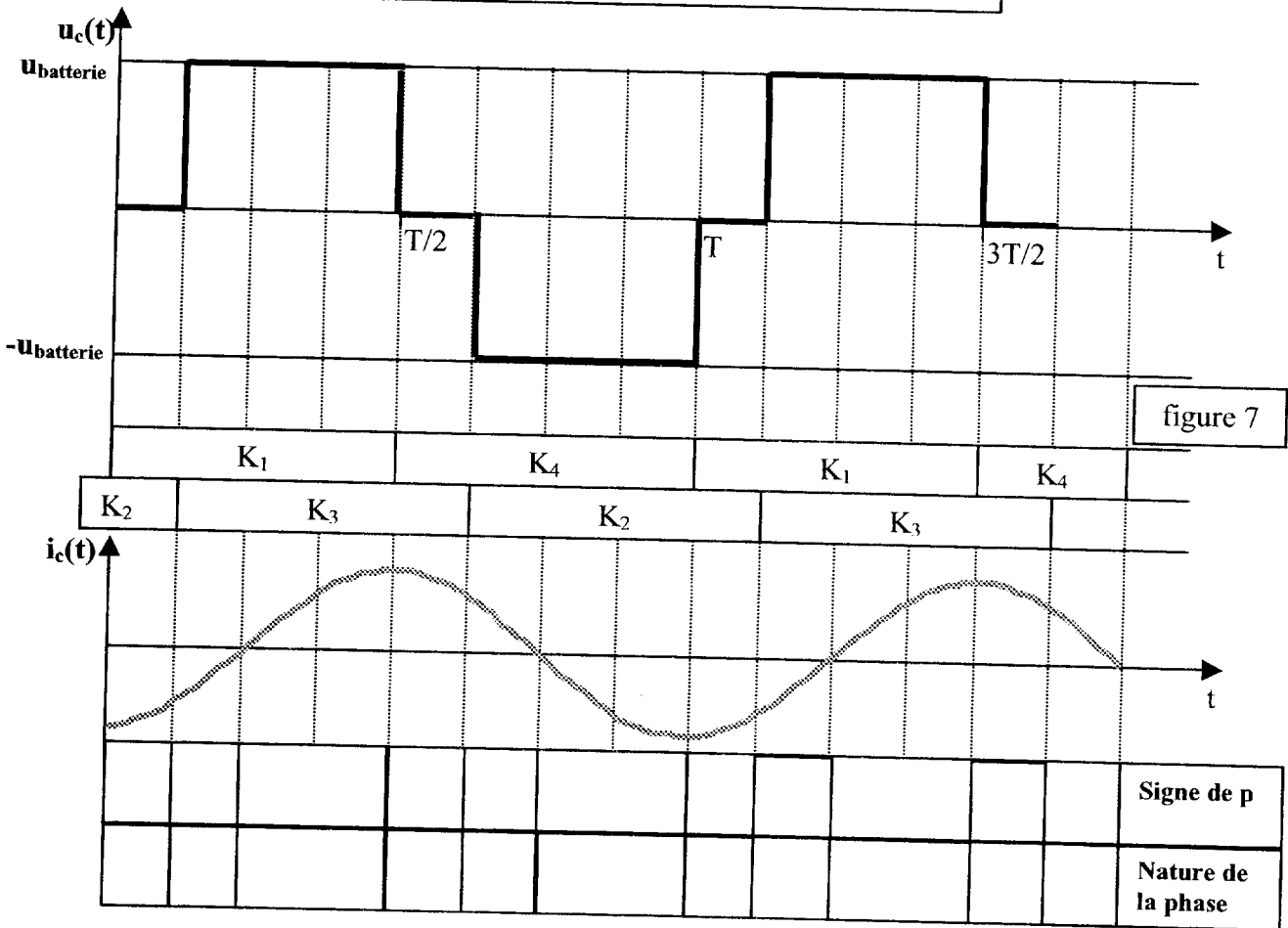


figure 8