

***BREVET DE TECHNICIEN***  
***SUPÉRIEUR***  
***MAINTENANCE INDUSTRIELLE***

**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 5 pages numérotées de 1 à 5 + la page de présentation.**

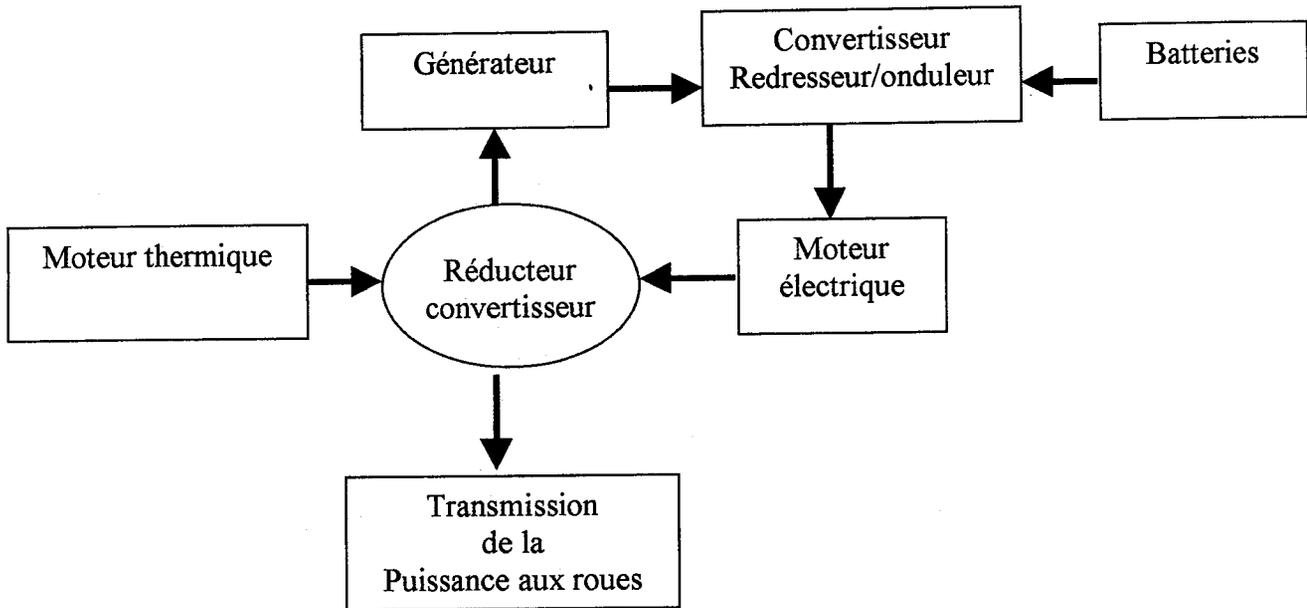
**Deux DOCUMENT-REPONSE à remettre avec la copie.**

**Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet,**

**Veillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.**

Afin de limiter les gaz à effet de serre rejetés par les véhicules automobiles, plusieurs voies sont actuellement explorées dont celle de la voiture hybride. Celle-ci possède un moteur thermique utilisé pour les longues distances et pour recharger les batteries ainsi qu'un moteur électrique pour le démarrage et l'utilisation en ville. L'ensemble est piloté par électronique afin d'optimiser les performances. Nous allons étudier les principes mis en jeu dans ce type de véhicule. Les différentes questions sont indépendantes.

### Schéma fonctionnel.



### I - ETUDE DU MOTEUR THERMIQUE (9 points)

Il s'agit d'un moteur à essence fonctionnant selon le cycle réversible suivant :

Etat initial	Etat final	Transformation
état 1	état 2	Compression adiabatique
état 2	état 3	Combustion à volume constant
état 3	état 4	Détente adiabatique
état 4	état 1	Transformation à volume constant

Le mélange des gaz décrivant le cycle est considéré comme parfait.

On donne :  $R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$   $\gamma = C_p / C_v = 1,4$

Capacité thermique molaire à volume constant :  $C_v = 20,7 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ; on admettra que  $C_v$  est indépendante de la température.

Les conditions à l'admission des gaz à l'état 1 sont :  $P_1 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$  et  $T_1 = 300 \text{ K}$ .

On rappelle que lors d'une transformation adiabatique réversible  $PV^\gamma = Cte$

I-1. Sur le **DOCUMENT - REPONSE N°1** page 4/5, tracer l'allure du cycle, flécher les différentes transformations.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2006
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 06NC - MIE3SC		Page 1/5

**I-2.** Le moteur ayant une cylindrée totale de  $1600 \text{ cm}^3$  et possédant 4 cylindres, déterminer le volume  $V_1$  d'un cylindre ainsi que le nombre de moles  $n$  correspondant au volume d'un cylindre. Dans la suite de l'exercice on prendra  $n = 0,016 \text{ mol}$ .

**I-3.** Sachant que le rapport volumétrique  $\tau = \frac{V_1}{V_2} = 8,8$ , montrer que la pression  $P_2$  en fin de compression adiabatique vaut  $21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . En déduire la température  $T_2$ .

**I-4.** On donne  $T_3 = 2630 \text{ K}$  et  $T_4 = 1100 \text{ K}$ . En déduire la quantité de chaleur reçue par le gaz au cours de chacune des 4 transformations du cycle.

**I-5.** Calculer la quantité de chaleur  $Q$  reçue par le gaz au cours du cycle complet. En déduire le travail  $W$  reçu (ou fourni) par le gaz au cours du cycle complet.

Donner l'expression du rendement thermodynamique  $\eta$ , en fonction de la quantité de chaleur  $Q_{23}$  et du travail  $W$ . Calculer ce rendement du cycle  $\eta$ .

**I-6.** On utilise un carburant à base d'heptane de formule chimique  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ . Ecrire et équilibrer l'équation de la combustion de l'heptane avec le dioxygène  $\text{O}_2$  sachant qu'il y a formation de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  et d'eau  $\text{H}_2\text{O}$ .

## II - ETUDE DE LA PARTIE ELECTRIQUE (11 POINTS)

### II-1. Etude du moteur électrique.

C'est une machine synchrone triphasée à aimant permanent couplée en étoile et comportant 12 pôles. La résistance d'un enroulement vaut  $r = 0,05 \Omega$  et les pertes autres que par effet Joule sont estimées à  $300 \text{ W}$ . Elle peut fonctionner en moteur ou en générateur lors des phases de freinage avec récupération.

**II-1.1.** Le constructeur indique un couple de  $150 \text{ N.m}$  à  $1000 \text{ tr.min}^{-1}$ , en déduire la puissance utile et la fréquence des courants dans ces conditions.

**II-1.2.** Le courant vaut alors  $100 \text{ A}$ , calculer les pertes par effet Joule.

**II-1.3.** Déduire des questions précédentes la puissance absorbée ainsi que le rendement.

### II-2. Etude de l'alimentation du moteur.

Le moteur est alimenté au moyen d'un onduleur (voir Figure 1 page 3/5).

**II-2.1.** La séquence de fonctionnement des interrupteurs est donnée sur le DOCUMENT - REPONSE N°1, page 4/5. Compléter ce document en traçant la courbe  $u = f(t)$ . En déduire la valeur efficace de cette tension sachant que  $E = 150 \text{ V}$ . On rappelle la relation  $U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle u^2 \rangle}$ .

**II-2.2.** Sachant que le courant dans les interrupteurs doit pouvoir circuler dans les deux sens, préciser la particularité de ces interrupteurs, ainsi que les composants les constituant.

### II-3. Etude du fonctionnement en générateur.

Pendant les phases de freinage, la machine synchrone fonctionne en mode générateur, l'énergie récupérée est alors renvoyée aux batteries par l'intermédiaire d'un pont tout thyristors (voir Figure 2 page 3/5). Les résistances de l'inductance et des batteries d'accumulateur sont négligées.

**II-3.1.** Ecrire l'équation qui lie  $v$ ,  $i$ ,  $L$  et  $E$ . Montrer que  $\langle v \rangle = E$ .

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2006
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 06NC - MIE3SC		Page 2/5

**II-3.2.** On donne l'expression de la tension délivrée par une phase de la machine synchrone :  
 $u = 180\sqrt{2} \sin \omega t$  ; sachant que  $\langle v \rangle = \frac{2\hat{U}}{\pi} \cos \theta_0$ , déterminer la valeur de  $\theta_0$  pour obtenir une tension moyenne de 150 V aux bornes des batteries.

Quelque soit le résultat obtenu, on prendra pour valeur  $\theta_0 = \frac{\pi}{8}$ , pour la question suivante.

**II-3.3.** Tracer sur le DOCUMENT - REPONSE N°2 page 5/5 la courbe  $v = f(t)$  et préciser les intervalles de conduction des interrupteurs.

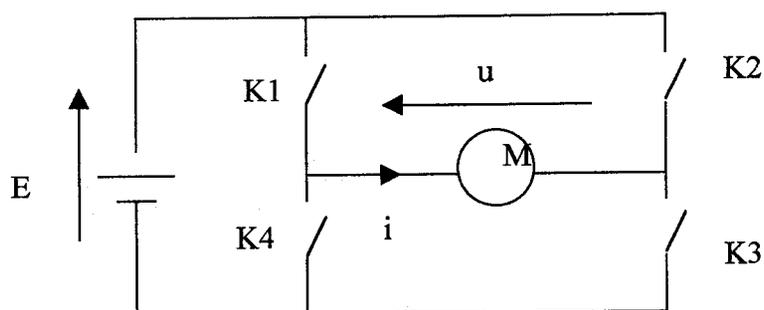


Figure N°1

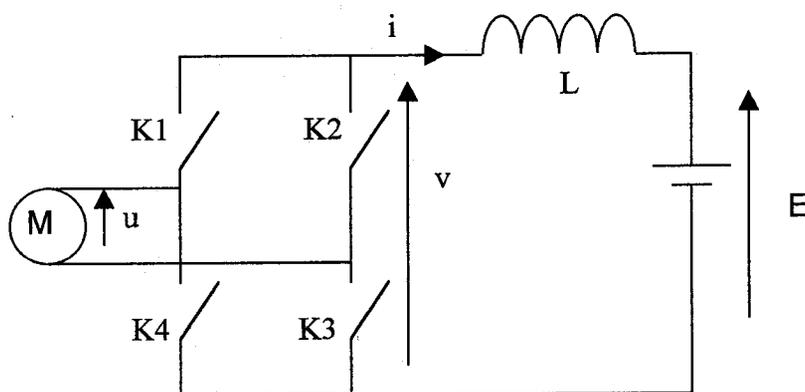
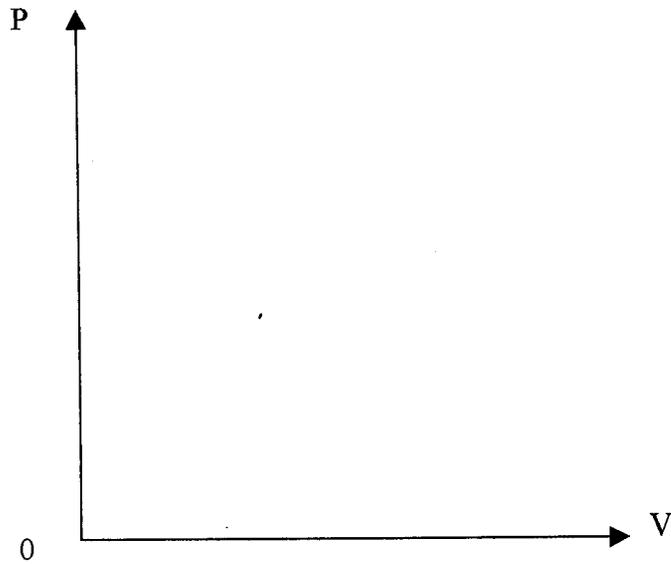


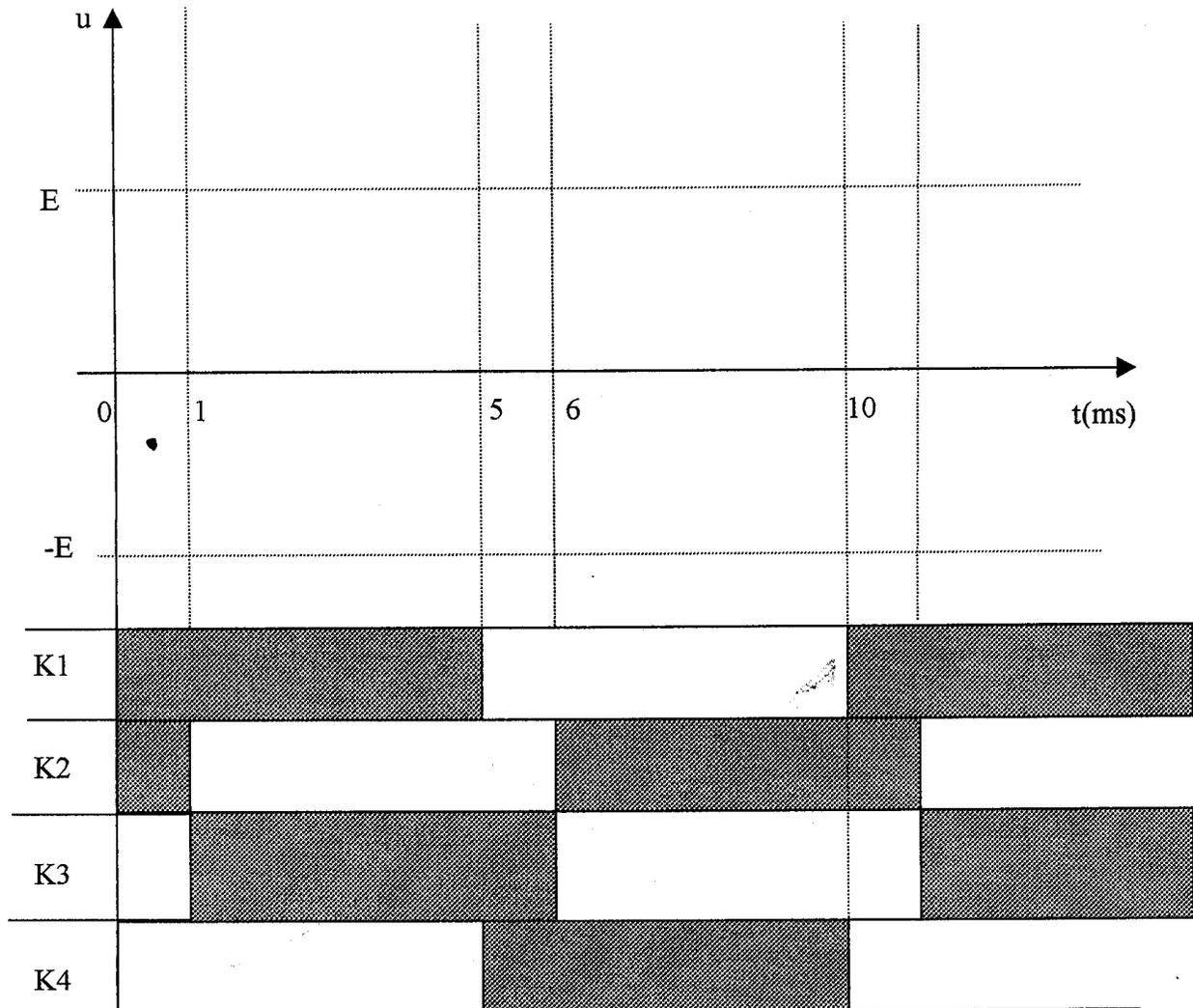
Figure N° 2

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2006
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 06NC - MIE3SC		Page 3/5

**DOCUMENT - REPONSE N°1**  
**A remettre avec la copie**

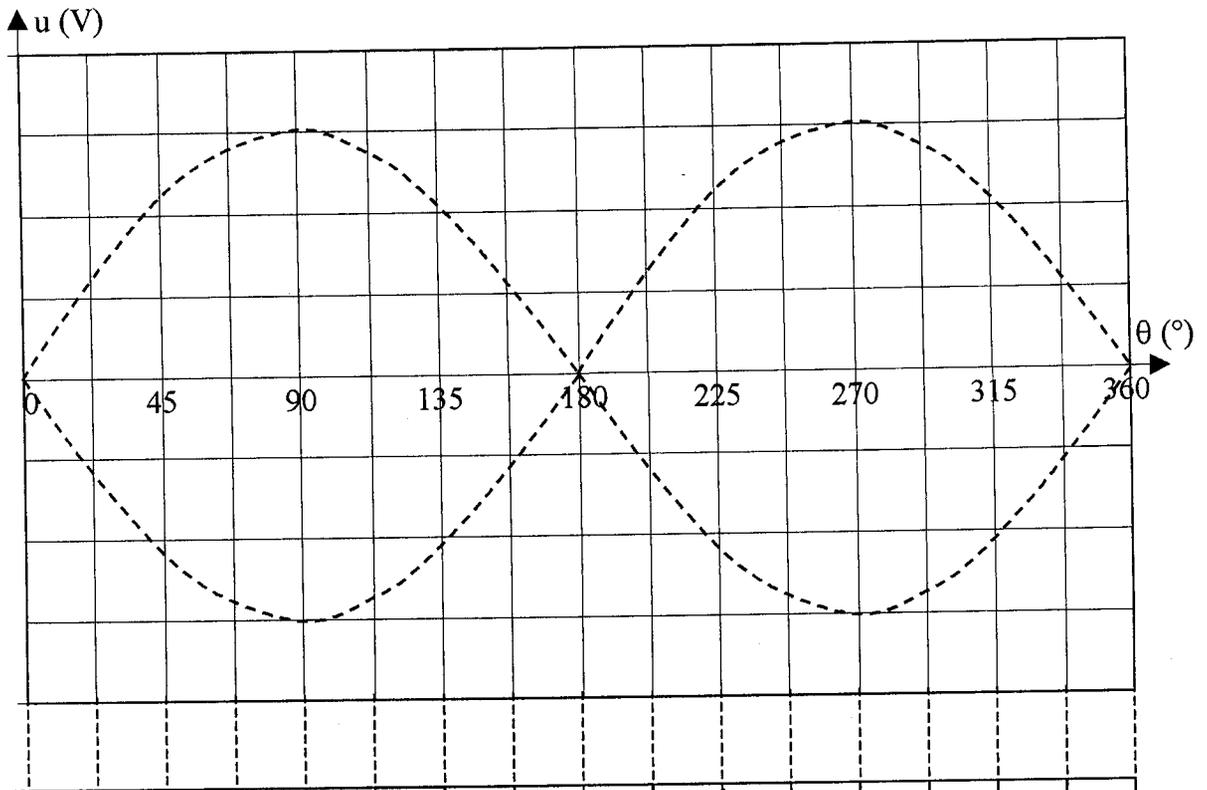


(Les cases grisées correspondent aux interrupteurs passants)



BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2006
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 06NC - MIE3SC		Page 4/5

**DOCUMENT – REPONSE N° 2**  
**A remettre avec la copie**



K <sub>1</sub>																				
K <sub>2</sub>																				
K <sub>3</sub>																				
K <sub>4</sub>																				

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2006
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 06NC – MIE3SC		Page 5/5