

**SESSION 2008**  
**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**MOTEURS À COMBUSTION INTERNE**  
**SCIENCES PHYSIQUES**

**SUJET**

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet est composé de 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.

**La page 6/6 est à rendre avec la copie.**

**L'usage de la calculatrice est autorisé.**

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

**Les deux problèmes sont indépendants.**

<b>CODE ÉPREUVE :</b> 0806MOE2SC	<b>EXAMEN :</b> BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	<b>SPÉCIALITÉ :</b> MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
<b>SESSION :</b> 2008	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE :</b> SCIENCES PHYSIQUES	
<b>Durée : 2 h</b>	<b>Coefficient : 2</b>	<b>N° sujet : 18EM06</b>	<b>Page : 1/6</b>

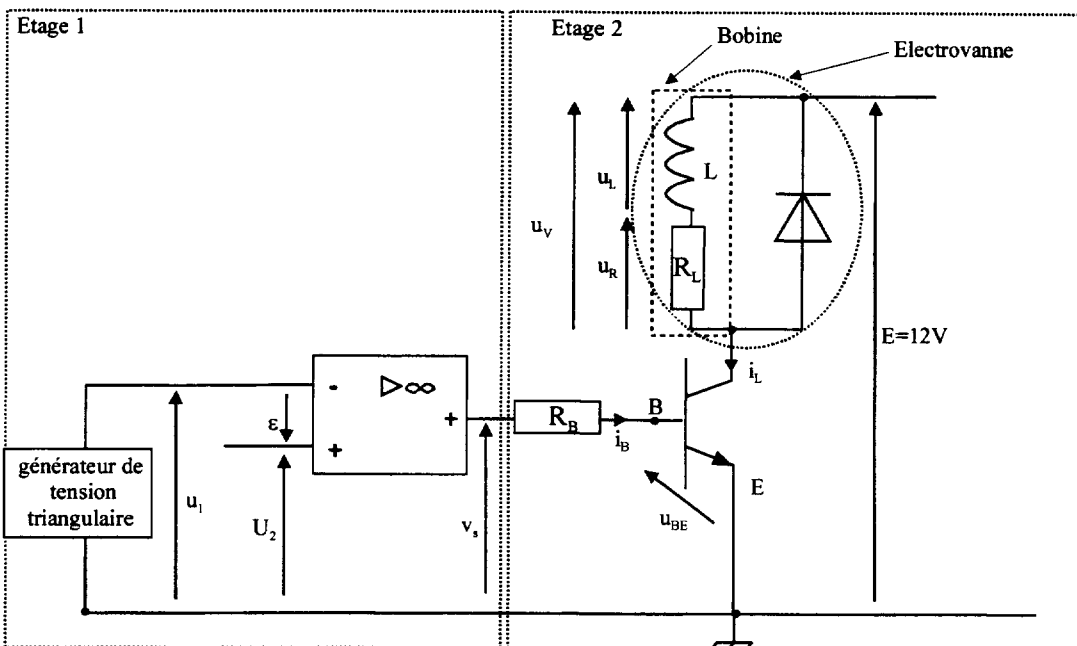
## PROBLÈME 1 : ÉLECTRICITÉ (9,5 POINTS)

### **Étude du fonctionnement et de la commande d'une vanne E.G.R (régulation des gaz d'échappement)**

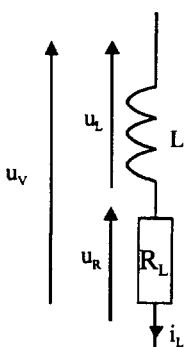
Le dispositif E.G.R. est un système anti-pollution qui a pour rôle de diminuer la quantité d'oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) rejetée dans les gaz d'échappement. Les oxydes d'azote sont produits par la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air d'admission sous l'effet d'une très haute température (supérieure à  $1800^\circ\text{C}$ ). La vanne de recyclage E.G.R permet d'introduire dans la tubulure d'admission une certaine quantité de gaz d'échappement pauvre en oxygène pour remplacer l'air, le dosage étant piloté par le calculateur moteur.

- Les parties A, B, C sont indépendantes.
- La partie A porte sur le fonctionnement de l'électrovanne.
- La partie B porte sur l'étage de puissance.
- La partie C porte sur l'élaboration d'un signal de commande.
- La partie D est une synthèse des parties B et C.

Schéma électrique d'ensemble :



### **Partie A : Modélisation de l'électrovanne**



Principe de fonctionnement de l'électrovanne : une bobine, solidaire de la vanne, est placée dans un champ magnétique. Lorsque la bobine est alimentée électriquement, la vanne s'ouvre plus ou moins en fonction de l'intensité moyenne du courant traversant la bobine, permettant le passage des gaz d'échappement.

La valeur de la résistance est  $R_L = 12 \Omega$ .

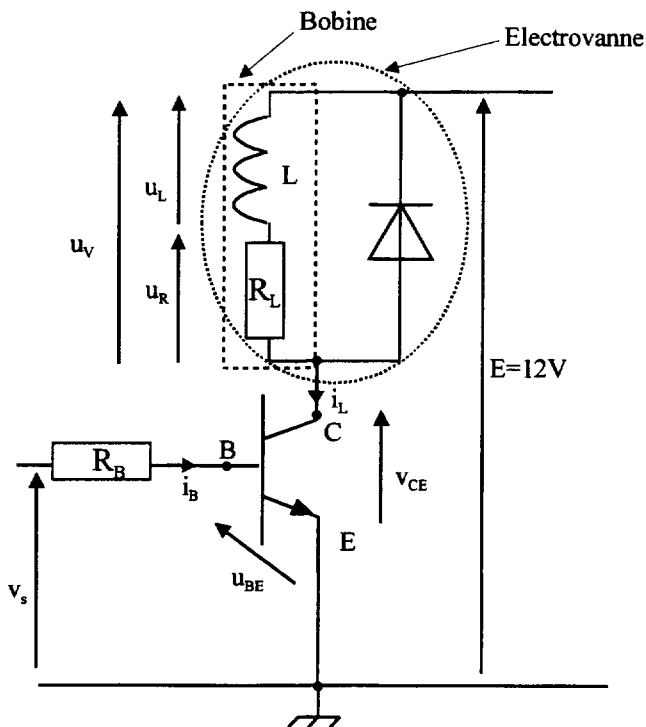
Le but de cette partie est de déterminer la valeur de l'inductance  $L$  du modèle électrique équivalent de l'électrovanne représenté ci-contre.

## Étude en régime transitoire

On soumet l'électrovanne à un échelon de tension  $u_v = 12\text{ V}$  (voir figure 1 en annexe, page 6). Dans ces conditions, le chronogramme de l'intensité  $i_L(t)$  dans l'électrovanne est celui donné en figure 2, page 6.

- 1) Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$ .
- 2) En déduire la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

## Partie B : Étude de l'étage 2



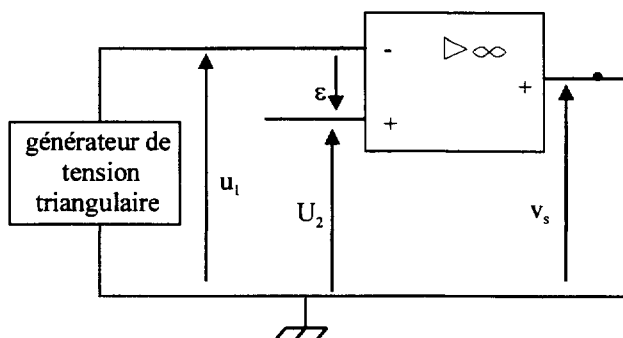
La tension  $v_s$  est une tension en créneaux, entre 0 et 12V, de fréquence 100 Hz et de rapport cyclique variable (le rapport cyclique  $\alpha$  est égal à la durée pendant laquelle la tension est au niveau haut divisée par la période). Voir figure 3 en annexe, page 6.

Le transistor est caractérisé par un coefficient d'amplification en courant  $\beta = 50$ . Lorsqu'il est passant, on a  $u_{BE} = 0,8\text{ V}$  ; lorsqu'il est saturé, on a  $V_{CEsat} = 0\text{ V}$ .

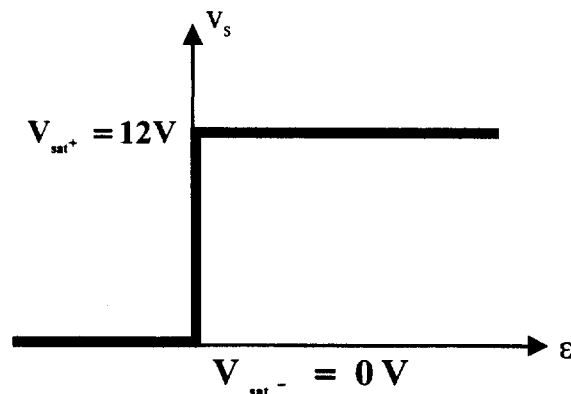
Le but de cette partie est de dimensionner la résistance  $R_B$  pour faire fonctionner le transistor en commutation.

- 1) Quel est le type du transistor ?
- 2) Dans le cas où le transistor fonctionne en commutation,
  - a) Quel est l'état du transistor quand  $v_s = 12\text{ V}$  ? En déduire, en la justifiant, la valeur de  $u_v$ .
  - b) Quel est l'état du transistor quand  $v_s = 0\text{ V}$  ? En déduire, en la justifiant, la valeur de  $u_v$ .
  - c) Représenter  $u_v(t)$  sur le document réponse 1 en annexe, page 6.
  - d) Quel est le rôle de la diode dans cette partie ?
- 3) Dans le cas où le rapport cyclique vaut 1, l'intensité du courant  $i_L$  est maximale et une mesure donne  $i_{Lmax} = 1\text{ A}$  quand le transistor est saturé.
  - a) Quelle est la valeur minimale du courant de base  $i_{Bmin}$  pour saturer le transistor ?
  - b) Quelle doit être alors la valeur de la résistance de base  $R_B$  pour saturer le transistor ?
  - c) Le constructeur indique une valeur de  $R_B = 100\Omega$ . Comparer à la valeur précédente et commenter.

## Partie C : Étude de l'étage 1



On suppose que l'amplificateur opérationnel est idéal. Sa caractéristique de transfert est donnée ci-dessous



La tension  $u_1$  est triangulaire, évoluant entre 0 et 5 V, de fréquence 100 Hz.

La tension  $U_2$  est une tension continue générée par le calculateur et qui permet d'asservir l'ouverture de la vanne.

Le chronogramme représentant les tensions  $u_1$  et  $U_2$  est donné figure 4 en annexe, page 6.

- 1) Quel est le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ? Justifier la réponse.
- 2) Représenter  $v_s(t)$  sur le document réponse 2 en annexe, page 6.

## Partie D : Synthèse

$u_1$  et  $U_2$  ont les caractéristiques données figure 4 en annexe, page 6. Dans ces conditions, recopier et compléter le tableau suivant :

	Signe de $\epsilon$	Valeur de $v_s$	Valeur de $u_v$
$0 < t < 1 \text{ ms}$			
$1 < t < 9 \text{ ms}$			
$9 < t < 10 \text{ ms}$			

## **PROBLÈME 2 : THERMODYNAMIQUE (10,5 POINTS)**

### **Étude d'un cycle Diesel**

L'étude s'effectue sur une masse de gaz de 1 kg.

Dans un moteur Diesel rapide, du fait de l'avance à l'injection, une partie du combustible subit une combustion à volume constant et le reste une combustion à pression constante.

Le cycle théorique 1-2-3-4-5-1 est défini comme suit :

- Transformation 1-2 : compression adiabatique réversible jusqu'à la température  $T_2$ .
- Transformation 2-3 : combustion isochore d'une quantité de combustible fournissant au gaz l'énergie thermique  $Q_{23}$ .
- Transformation 3-4 : combustion isobare d'une quantité de combustible fournissant au gaz l'énergie thermique  $Q_{34}$ .
- Transformation 4-5 : détente adiabatique réversible jusqu'à  $V_5 = V_1$  et  $P_5$ .
- Transformation 5-1 : détente isochore.

#### **Données et notations :**

- Le fluide est considéré comme un gaz parfait de caractéristiques constantes :
  - Constante d'état du gaz  $r = 255 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
  - Rapport de la capacité thermique massique à pression constante sur la capacité thermique massique à volume constant :  $\gamma = c_p / c_v = 1,3$
- On donne :
  - Les températures au point 1 :  $T_1 = 300 \text{ K}$ , au point 2 :  $T_2 = 689 \text{ K}$  et au point 4 :  $T_4 = 2500 \text{ K}$
  - Les pressions au point 4 :  $P_4 = 91,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et au point 5 :  $P_5 = 4,06 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
  - Le volume au point 3 :  $V_3 = 4,78 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$

- 1) Représenter l'allure du cycle dans un diagramme P,V et dans un diagramme T,S.
- 2) Montrer que l'expression de  $c_v$  en fonction de  $\gamma$  et  $r$  s'écrit :  $c_v = \frac{r}{\gamma - 1}$ . Calculer  $c_v$ .
- 3) Connaissant la loi de Laplace  $PV^\gamma = \text{Constante}$ , montrer que  $T_5$  peut se mettre sous la forme  
$$T_5 = T_4 \times \left( \frac{P_4}{P_5} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$
. Calculer  $T_5$ .
- 4) Calculer  $V_4$ .
- 5) Calcul des travaux lors de certaines transformations :
  - a) Rappeler l'expression de la variation d'énergie interne  $\Delta U$  pour un gaz parfait, en fonction de la capacité thermique massique à volume constant et de la variation de température. Calculer, en utilisant la relation précédente et le premier principe de la thermodynamique, le travail  $W_{12}$  transféré lors de la transformation 1-2.
  - b) Donner les valeurs des travaux  $W_{23}$  et  $W_{51}$  lors des transformations isochores.
  - c) Rappeler l'expression générale du travail des forces de pression. Calculer ainsi le travail  $W_{34}$  transféré lors de la transformation 3-4.
- 6) Calculer l'énergie thermique  $Q_{51}$  échangée lors de la transformation 5-1.
- 7) Détermination du rendement du cycle :
  - a) On donne  $W_{45} = -1,09 \cdot 10^3 \text{ kJ}$ . Calculer le travail total  $W_{\text{tot}}$  échangé avec l'extérieur au cours du cycle.
  - b) Que vaut  $\Delta U_{\text{cycle}}$ ? En appliquant le premier principe de la thermodynamique, en déduire la valeur de  $Q_{23} + Q_{34}$ .
  - c) Calculer le rendement du cycle.

**ANNEXE**  
**(Feuille à rendre avec la copie)**

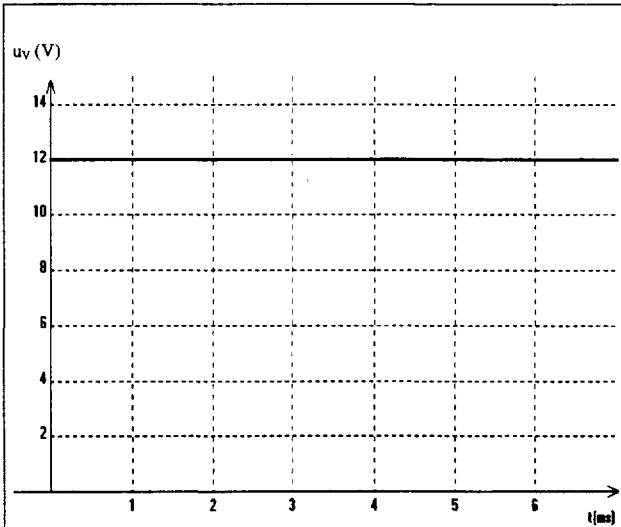


figure 1

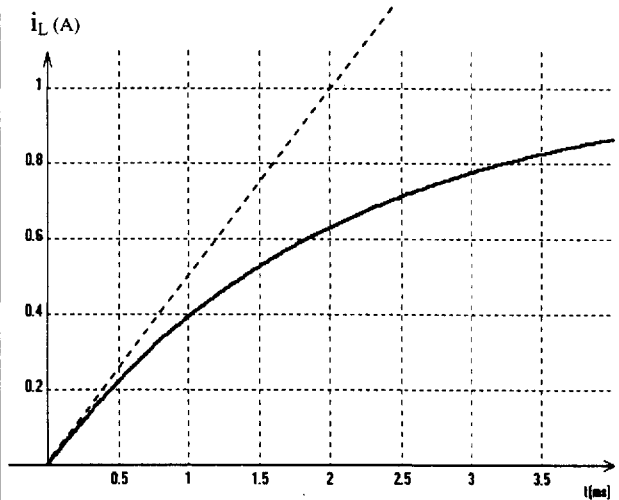


figure 2

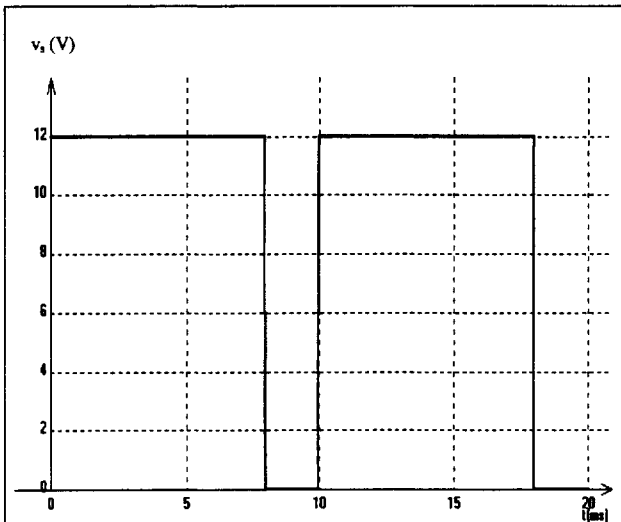


figure 3

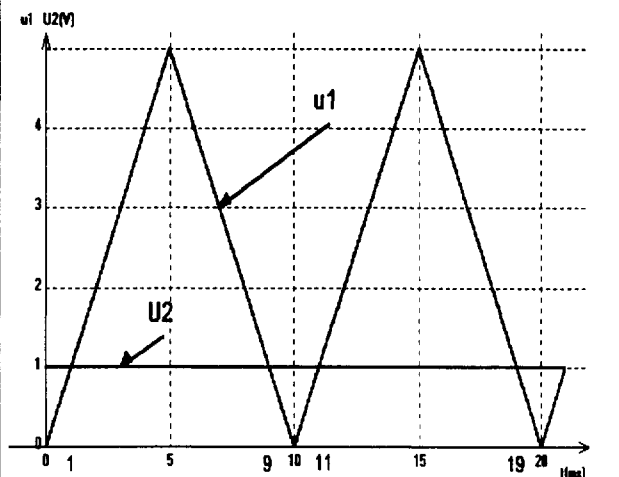
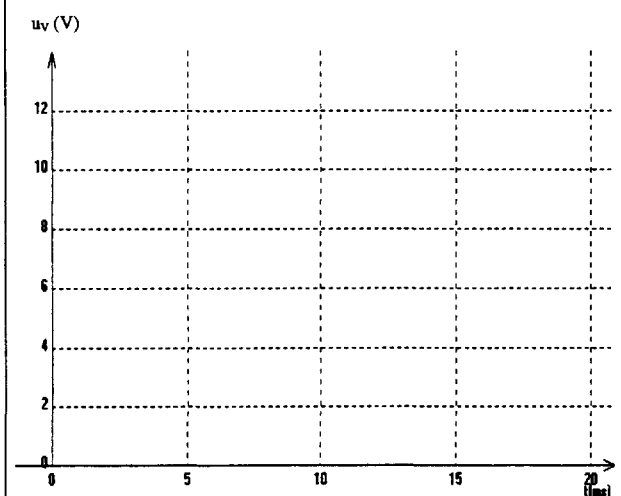
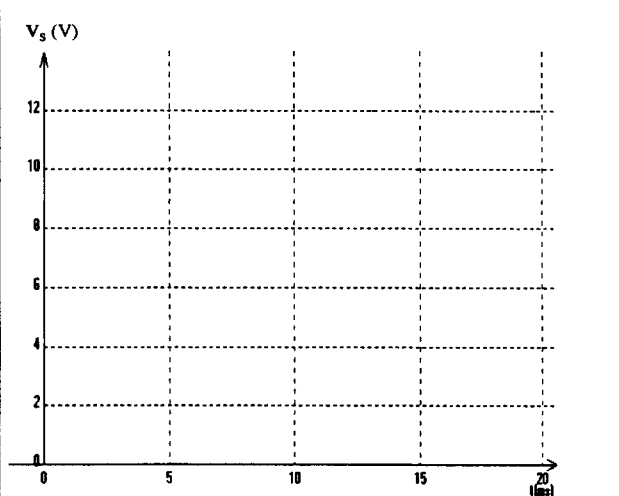


figure 4



document réponse 1



document réponse 2