

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les deux problèmes sont indépendants.

## **PROBLEME 1 : Chimie, Thermochimie, Thermodynamique (11 points)**

### **Partie n°1 : Chimie, Thermochimie.**

Le GPL-C est constitué d'hydrocarbures possédant 3 et 4 atomes de carbone. Les constituants essentiels sont des alcanes ; il renferme aussi des alcènes.

Nous supposons dans la suite du problème que le GPL-C est constitué uniquement de propane et de butane à raison de 40% en volume de propane gazeux et 60% en volume de butane gazeux.

#### **Données :**

- Masses molaires atomiques :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ .
- Enthalpies standard de formation  $\Delta H_f^0(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -157 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ,  
 $\Delta H_f^0(\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ,  
 $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}) = -242 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ,
- Chaleur de réaction de la combustion complète du propane à 298 K et à pression standard, l'eau étant à l'état gazeux :  $\Delta H_{298}^0(\text{propane}) = -2,02 \times 10^3 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ,
- Volume molaire des gaz à 298 K et à pression standard :  $V_m = 24,8 \text{ L}$ .

- 1) Ecrire la formule développée du butane. Donner la formule semi-développée et le nom de son isomère.
- 2) Calculer la chaleur de réaction de la combustion complète d'une mole de butane à 298 K et à pression standard, l'eau étant supposée à l'état gazeux.
- 3) A partir de la composition supposée du GPL-C, montrer que la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion complète d'un volume de carburant égal au volume molaire des gaz dans les conditions définies dans l'énoncé est de  $2,38 \times 10^3 \text{ kJ}$ .
- 4) On veut déterminer le CEMV (contenu énergétique du mélange vaporisé) de ce carburant lorsqu'il est injecté à l'état gazeux dans la tubulure d'admission.  
Le CEMV représente l'énergie disponible par unité de volume de mélange carburé gazeux ; il se calcule à 25°C sous pression standard et à richesse 1 ; il s'exprime couramment en  $\text{kJ.L}^{-1}$ .  
La combustion complète de la quantité de matière de GPL-C envisagée à la question 3) nécessite un volume d'air  $V_{\text{air}} = 695 \text{ L}$ .
  - a) Calculer le CEMV en  $\text{kJ.L}^{-1}$ .
  - b) Le CEMV du GPL-C du commerce vaut  $3,38 \text{ kJ.L}^{-1}$ .  
Quel est l'écart relatif en % entre le résultat obtenu au a) et le CEMV du commerce ? Conclure.

CODE EPREUVE : MOE2SC2		EXAMEN : BREVET TECHNICIEN SUPERIEUR	SPECIALITE : MOTEURS A COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2002	SUJET	EPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES		
Durée : 2h00	Coefficient : 2		Code sujet : 01NB02	Page : 1/4

## Partie n°2 : Thermodynamique :

*Comparaison de performances d'un moteur qui fonctionnerait au GPL-C puis à l'Eurosuper suivant le cycle théorique de Beau de Rochas.*

1) Représenter dans le diagramme (P, V) l'allure du cycle théorique de Beau de Rochas.

**Rappel :** après admission dans le cylindre, le système (gaz dans le cylindre) subit une compression isentropique 1-2 ; puis se produit la combustion isochore 2-3 pendant laquelle le système reçoit la quantité de chaleur  $Q_1 > 0$  ; la transformation 3-4 est une détente isentropique puis, au cours de la transformation isochore 4-1, le système échange avec l'extérieur la quantité de chaleur  $Q_2 < 0$ .

2) La comparaison de performances concerne le travail maximum fourni par le système à l'extérieur au cours d'un cycle (cas de la pleine charge ou pleine admission avec remplissage maximal ou taux de remplissage égal à 1).

### Données :

- On rappelle que le CEMV représente l'énergie disponible par unité de volume de mélange carburé gazeux ; il se calcule à 25°C sous pression standard et à richesse 1 ; il s'exprime couramment en  $\text{kJ.L}^{-1}$ .

On donne d'autre part :

CEMV du GPL-C : 3,38  $\text{kJ.L}^{-1}$ . CEMV Eurosuper : 3,46  $\text{kJ.L}^{-1}$ .

- La valeur de  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$  sera considérée comme étant constante sur la totalité du cycle et identique pour les deux cas (mélange air GPL-C et mélange air Eurosuper).

a) Enoncer le premier principe de la thermodynamique ; en déduire l'expression de W, travail reçu par le système (gaz dans le cylindre) au cours du cycle, en fonction de  $Q_1$  et de  $Q_2$ .

b) Exprimer  $Q_1$  à partir de V (cylindrée) et du CEMV du carburant étudié, le remplissage du cylindre étant maximum.

c) L'expression de  $Q_2$  est :  $Q_2 = - \frac{V \cdot (\text{CEMV})}{\varepsilon^{\gamma-1}}$  avec  $\varepsilon$  : rapport volumétrique.

Etablir que le travail maximum fourni par le système à l'extérieur est :

$$|W| = V \cdot (\text{CEMV}) \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}\right)$$

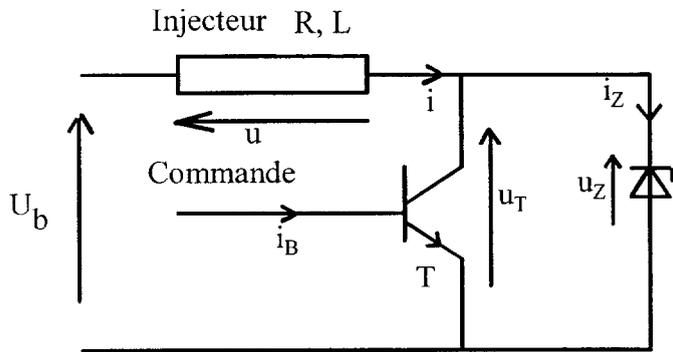
d) Quel est, dans le cadre des approximations proposées, le carburant qui donne  $|W|$  le plus grand ?

e) Evaluer numériquement la variation relative  $\frac{\Delta|W|}{|W|}$  en % lorsque l'on passe de l'Eurosuper au GPL-C. Comparer à la valeur de 3% indiquée dans les publications spécialisées.

## PROBLEME 2 : Electronique (9 points)

### Etude d'un injecteur essence.

La partie électrique d'un injecteur essence peut être modélisée par le schéma ci-dessous :



- $U_b$  est la tension aux bornes de la batterie quand le moteur fonctionne.
- $Z$  est une diode zéner parfaite de tension zéner  $E_z > U_b$
- $T$  est un transistor commandé par le courant  $i_B$  fourni par le calculateur. Il fonctionne en commutation ; quand il est saturé,  $u_T = 0$  V.

### 1) Phase d'ouverture de l'injecteur.

Cette phase correspond à l'installation du courant. La diode zéner est bloquée et le transistor saturé.

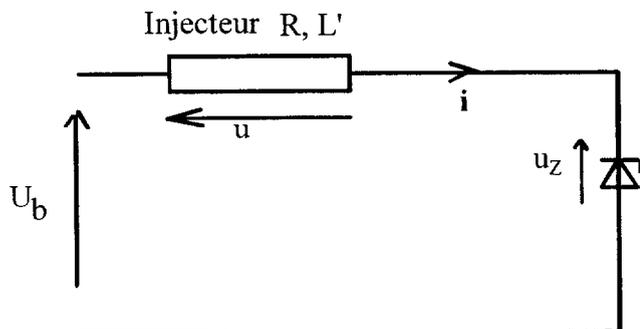
Valeurs numériques :  $R = 14,5 \Omega$  ;  $L = 22$  mH ;  $U_b = 13,6$  V.

- Donner le schéma équivalent au circuit formé de l'injecteur, du transistor et de la batterie.
- A partir de la loi des mailles, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité du courant  $i$  en fonction du temps.
- On choisit l'origine des temps à l'instant où le transistor conduit. Justifier que l'expression de  $i(t)$  dans cette phase est :  
$$i(t) = \frac{U_b}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$
- Calculer numériquement la durée nécessaire à l'obtention d'un courant de 0,6A, intensité d'ouverture de l'injecteur.

### 2) Phase de fermeture de l'injecteur :

A un instant donné, choisi comme nouvelle origine des dates, le calculateur place le transistor à l'état bloqué.

Le circuit devient :



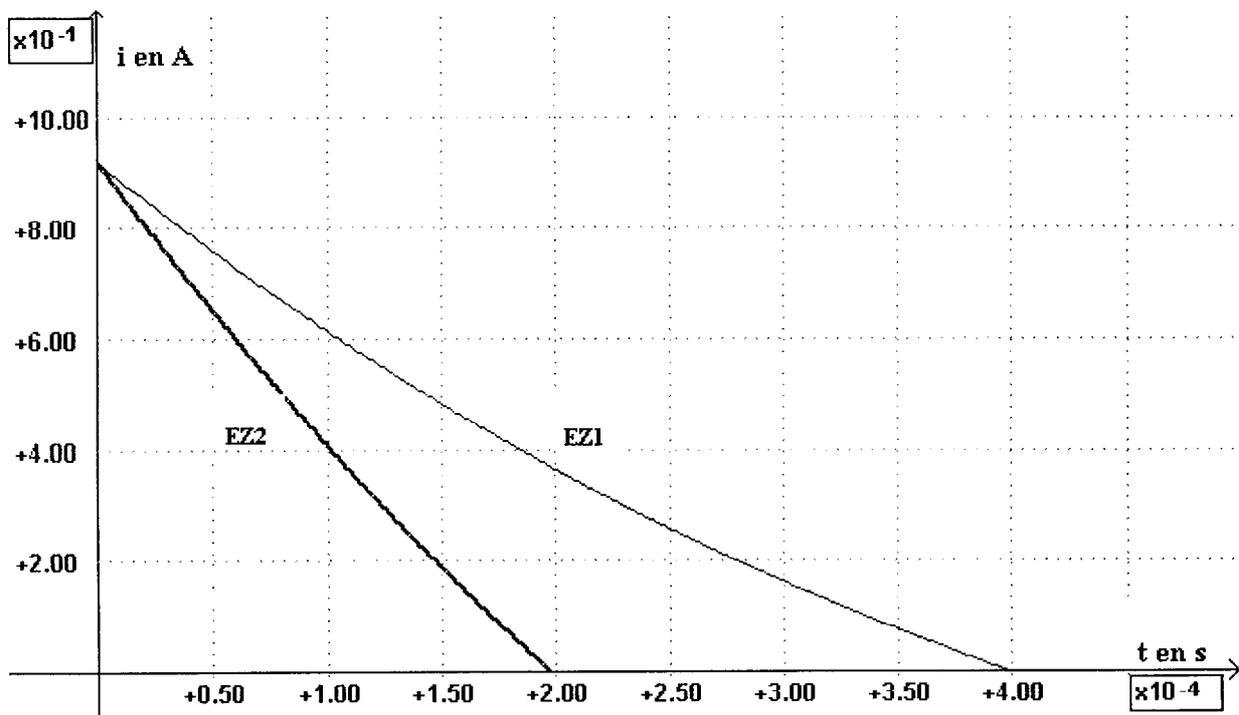
- A la suite de l'ouverture de l'injecteur, son inductance a fortement varié et vaut maintenant  $L' = 7$  mH.
- Compte tenu de la continuité de l'intensité du courant  $i$  dans la bobine, la diode zéner  $Z$  conduit.

- a) Quelle est l'expression de la tension  $u_z$  dans ce cas ?
- b) Etablir la nouvelle équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité du courant  $i$  en fonction du temps.
- c) L'expression de  $i(t)$  dans cette phase de disparition du courant jusqu'à ce que  $i(t)$  s'annule (injecteur fermé) est :

$$i(t) = i_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau'}} + \frac{U_b - E_Z}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau'}}) \text{ avec :}$$

- $\tau' = \frac{L'}{R}$  ( $L'$  nouvelle valeur de l'inductance de l'injecteur lorsqu'il est ouvert).
- $i_0$  : intensité du courant circulant dans l'injecteur en début de phase.

Pour les deux tensions zéner suivantes,  $E_{Z1} = 24 \text{ V}$  et  $E_{Z2} = 40 \text{ V}$ , la représentation graphique de l'intensité du courant  $i(t)$  en fonction du temps est donnée ci-dessous :



- $\alpha$ ) Déterminer graphiquement la valeur  $i_0$  de l'intensité du courant circulant dans l'injecteur en début de phase.
- $\beta$ ) Déterminer graphiquement les durées de fermeture de l'injecteur dans les deux cas proposés. Comparer ces deux durées et conclure sur le rôle tenu par la diode zéner.