

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 $\Delta H_f^0(\text{C}_4\text{H}_{10}) = -157 \text{ kJ.mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f^0(\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ.mol}^{-1}$,
 $\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) = -242 \text{ kJ.mol}^{-1}$,
- 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 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 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 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 ε : rapport volumétrique.

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

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

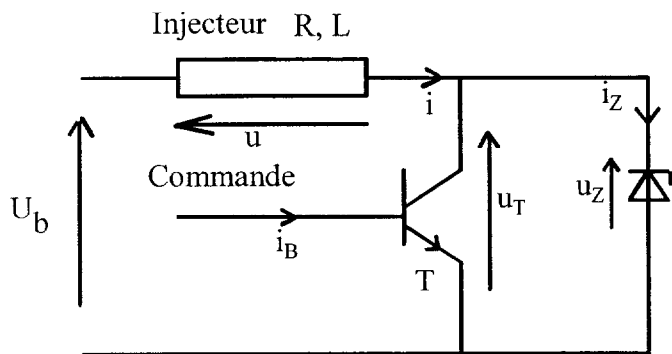
d) Quel est, dans le cadre des approximations proposées, le carburant qui donne $|W|$ le plus grand ?

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.

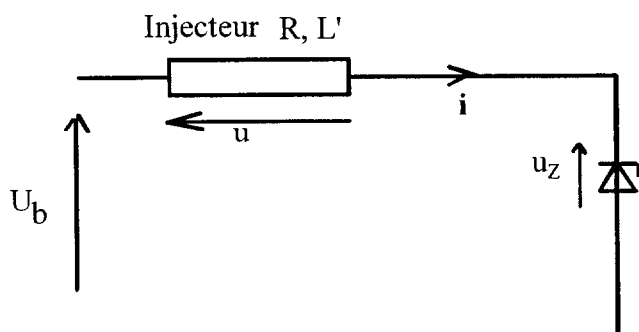
- Donner le schéma équivalent au circuit formé de l'injecteur, du transistor et de la batterie.
- A partir de la loi des mailles, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité du courant i en fonction du temps.
- On choisit l'origine des temps à l'instant où le transistor conduit. 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 :



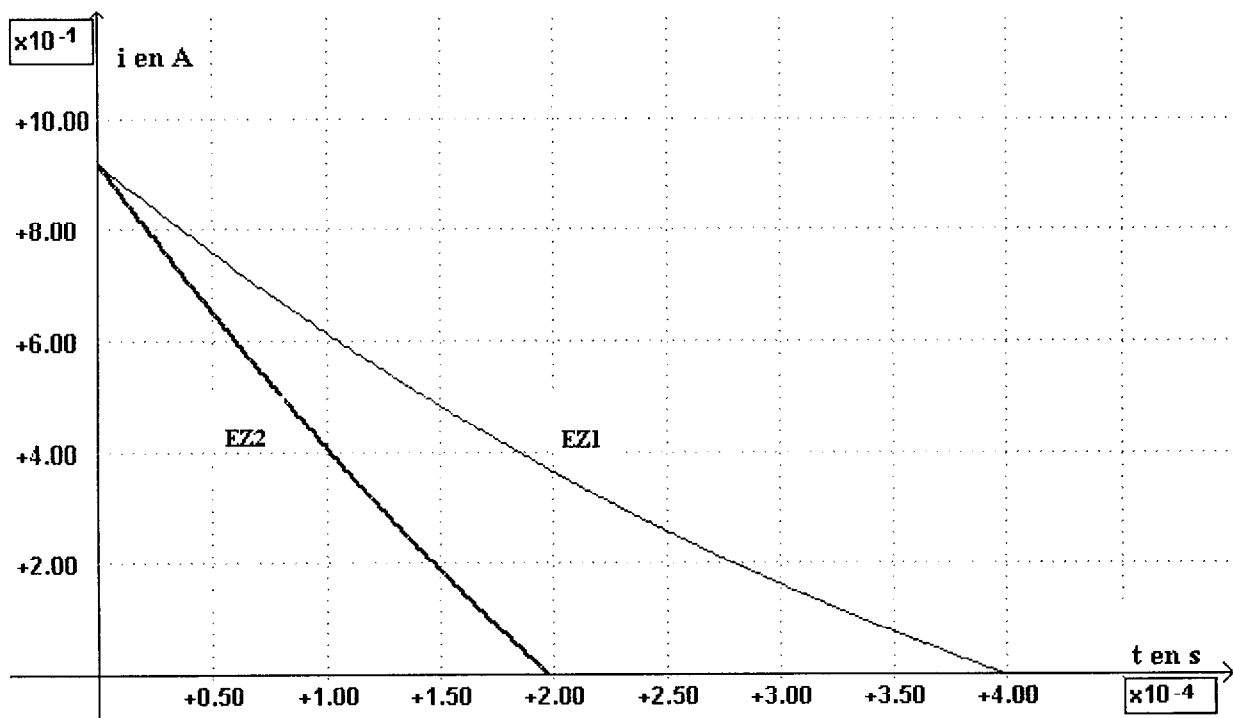
- A la suite de l'ouverture de l'injecteur, son inductance a fortement varié et vaut maintenant $L' = 7$ mH.
- Compte tenu de la continuité de l'intensité du courant i dans la bobine, la diode zéner Z conduit.

- 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 :



- α) Déterminer graphiquement la valeur i_0 de l'intensité du courant circulant dans l'injecteur en début de phase.
- β) 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.