

SESSION 2007

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 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

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

CODE ÉPREUVE : 0706MOE2SC	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION : 2007	SUJET	ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES	
Durée : 2 h	Coefficient : 2	N° sujet : 10NB03	Page : 1/4

Premier problème : thermochimie (9 points)

Température d'explosion dans un cylindre de moteur à essence

Un cylindre contient un mélange stœchiométrique d'heptane gazeux et d'air. A l'issue de la phase de compression, la température est $T_A = 650 \text{ K}$. On veut déterminer la température d'explosion théorique T_B , la combustion ayant lieu à volume constant. Le système évolue de manière suffisamment rapide pour qu'on considère la transformation comme adiabatique.

La composition molaire moyenne de l'air est $\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2$. On prendra pour valeur de la constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ et on négligera les variations des grandeurs de réaction avec la température.

Données thermodynamiques à 298 K :

- Enthalpies standard de formation :

	$\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta H_f^\circ (\text{kJ.mol}^{-1})$	- 188	- 242	- 393

- Capacités thermiques molaires standard à volume constant :

	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{N}_2(\text{g})$
$C_V^\circ (\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1})$	24,9	28,8	20,8

1- Écrire l'équation de la combustion stœchiométrique de l'heptane gazeux dans l'air. On supposera que l'eau formée se trouve à l'état gazeux.

2-a- Déterminer la variation d'enthalpie standard de la réaction ΔH° .

b- En déduire la variation d'énergie interne standard de la réaction ΔU° .

3- Pour simplifier l'étude, on décompose la combustion stœchiométrique de l'heptane, notée $A \rightarrow B$, en deux étapes successives :

- la transformation $A \rightarrow C$, isotherme ($T_A = T_C$), décrit la réaction chimique ;
- la transformation $C \rightarrow B$ est liée à l'échauffement du système et se déroule sans modification des quantités de matière présentes.

a- n_0 représente la quantité de matière d'heptane initialement présente (état A). Dans ces conditions, reproduire et compléter le tableau suivant en fonction de n_0 :

État	$n_{\text{C}_7\text{H}_{16}}$	n_{O_2}	n_{CO_2}	$n_{\text{H}_2\text{O}}$	n_{N_2}
A	n_0				
C					
B					

b- Déterminer l'expression de $\Delta U_{A \rightarrow C}$ en fonction de n_0 et ΔU° .

c- Montrer que l'expression de $\Delta U_{C \rightarrow B}$ est $\Delta U_{C \rightarrow B} = 1,26.10^3 n_0.(T_B - T_C)$.

d- On rappelle que la transformation $A \rightarrow B$ est adiabatique et qu'elle se déroule à volume constant : que vaut $\Delta U_{A \rightarrow B}$?

e- Donner l'expression de $\Delta U_{A \rightarrow B}$ en fonction de $\Delta U_{A \rightarrow C}$ et $\Delta U_{C \rightarrow B}$.

f- En déduire la température d'explosion T_B .

Deuxième problème : électricité (11 points)

Préchauffage des moteurs Diesel

Le démarrage des moteurs Diesel à injection directe est facilité par le préchauffage de l'air contenu dans les chambres de combustion. Cet air est chauffé grâce à des bougies, pendant une durée qui dépend de la température extérieure (contrôlée par l'intermédiaire d'une thermistance).

Le but de ce problème est d'étudier la temporisation permettant l'alimentation des bougies de préchauffage, visualisée par une lampe témoin sur le tableau de bord du véhicule.

La figure 1 représente le montage simplifié du dispositif.

L'utilisateur met le contact. Le condensateur C_1 est initialement déchargé, la diode Zéner D_Z est passante et le transistor T_1 est saturé.

- 1-a- Quelle est la tension aux bornes de la diode Zéner ?
- b- Quelle est la valeur de V_{BE_1} pour le transistor T_1 ?
- c- Quel est l'état du transistor T_2 ?
- d- En déduire celui de la lampe témoin.

2-a- Montrer que l'intensité i du courant traversant C_1 peut s'écrire sous la forme :

$$i = U_\theta \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_\theta} \right) + \frac{V_{BE_1}}{R_3}$$

b- Mettre cette expression sous la forme : $i = \frac{U_\theta}{R} + i_0$. On explicitera l'expression de R en

fonction de R_θ et R_3 , ainsi que celle de i_0 en fonction de V_{BE_1} et R_3 .

c- Exprimer U_θ en fonction de la tension Zener E_Z et de U_C , tension aux bornes de C_1 .

d- En déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension U_C s'écrit :

$$U_C + RC_1 \frac{dU_C}{dt} = E_Z + Ri_0$$

e- L'expression de U_C en fonction du temps t est : $U_C = (E_Z + Ri_0) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, avec $\tau = RC_1$.
Calculer numériquement τ pour $\theta = 5^\circ\text{C}$ et $\theta = 15^\circ\text{C}$. Comment évolue la constante de temps τ lorsque la température augmente ?

3-a- Pour quelle valeur de la tension U_C l'intensité i_3 s'annule-t-elle ?

b- Dans ces conditions, quel est l'état de T_1 ?

c- Calculer la valeur $t_{\text{témoin}}$ du temps t au bout duquel la lampe témoin s'éteint, pour les températures 5°C et 15°C .

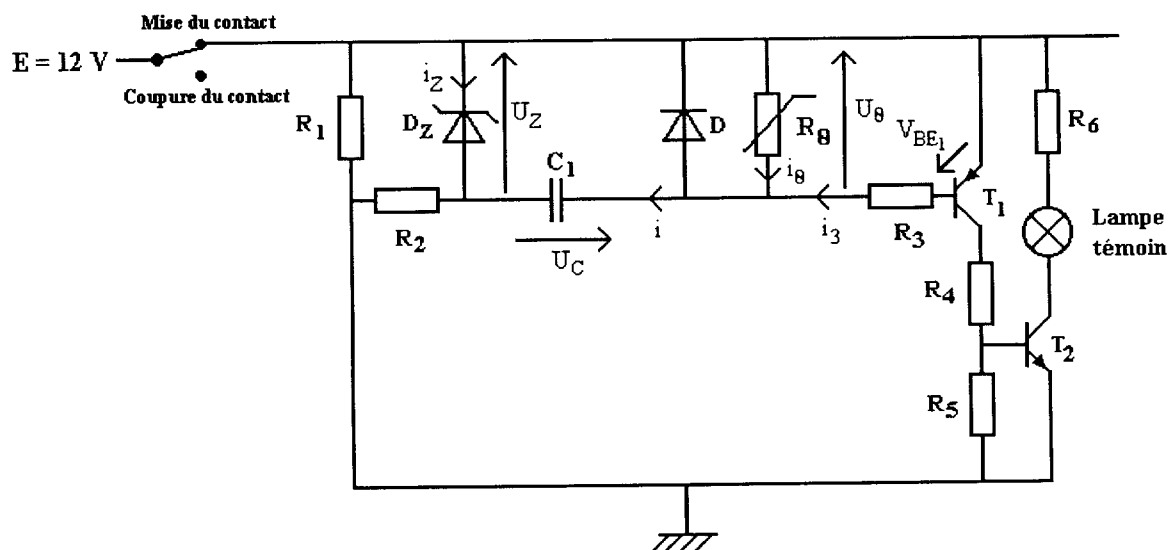
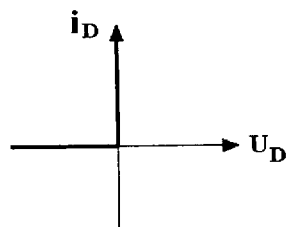
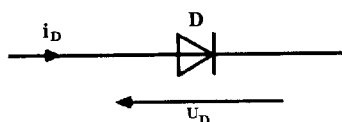


figure 1

Données :

- $R_3 = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_8 = 30 \text{ k}\Omega$ à 5°C et $20 \text{ k}\Omega$ à 15°C
- $C_1 = 100 \text{ }\mu\text{F}$
- Les transistors fonctionnent en commutation. On donne $|V_{BE_{\text{sat}}}| = 0,7 \text{ V}$ et $|V_{CE_{\text{sat}}}| = 0$.
- Caractéristique de la diode D :



- Caractéristique de la diode Zéner Dz ($E_Z = 10 \text{ V}$) :

