

**Session 2006**

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**TRAVAUX PUBLICS**  
**MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES**  
**ÉPREUVE E3**  
**UNITÉ U 32 – SCIENCES PHYSIQUES**

**Durée : 2 heures**  
**Coefficient : 2**

A l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999.

Document à rendre avec la copie :

1. annexe page 5/5

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

Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

Code sujet : **TVE3SC**

## I) Étude énergétique d'une chaudière (9 points)

Une cuve remplie de 300 litres de propane (formule brute  $C_3H_8$ ) liquide sous haute pression sert à alimenter le brûleur d'une chaudière.

La masse volumique  $\rho_{\text{liquide}}$  du propane liquide, à la température de la cuve est telle que :  $\rho_{\text{liquide}} = 508 \text{ kg/m}^3$ .

- 1.1 - Déterminer la masse en kilogramme de propane contenue dans cette cuve.
- 1.2 - Déterminer la masse molaire moléculaire du propane  $M_{\text{propane}}$ .
- 1.3 - En déduire la quantité de matière (nombre de moles) de propane contenue dans cette cuve.
- 1.4 - Le volume molaire des gaz est  $V_m$  tel que :  $V_m = 24 \text{ L/mol}$ . En déduire le volume de propane sous forme gazeuse pouvant être libéré par cette cuve.

Au niveau du brûleur, la combustion complète du propane permet de libérer de l'énergie thermique.

- 1.5 - Écrire l'équation de la réaction de combustion du propane.
- 1.6 - Déduire de cette équation les volumes  $V_{\text{eau}}$  de vapeur d'eau et  $V_{\text{CO}_2}$  de dioxyde de carbone libérés par la combustion de la totalité du propane.
- 1.7 - Le pouvoir calorifique supérieur noté PCS du propane est tel que :

$$\text{PCS} = 49,6 \text{ MJ/kg.}$$

Quelle énergie  $Q$  peut-on récupérer ?

1.8 - Cette chaudière sert à réchauffer l'eau provenant de dix radiateurs. Le débit massique  $q_m$  de l'eau dans les radiateurs est tel que :  $q_m = 0,035 \text{ kg/s}$ . La température d'entrée dans le radiateur est de  $75^\circ\text{C}$  et celle de sortie de  $60^\circ\text{C}$ .

- 1.8.1 - Déterminer la chaleur  $Q_1$  dégagée par un radiateur en une heure.
- 1.8.2 - Déterminer la chaleur  $Q_2$  dégagée par l'ensemble des radiateurs.

1.9 - Le rendement de la chaudière est de 79,6%.

Déterminer la chaleur  $Q_3$  fournie en 1 heure par la chaudière ainsi que la puissance de celle-ci.

1.10 - Déterminer le débit massique  $q$  (en kg/h) de gaz arrivant au brûleur.

### Données

Masses molaires atomiques : C = 12 g/mol    H = 1 g/mol    O = 16 g/mol

Capacité calorifique massique de l'eau : C =  $4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

## II) Étude d'un compresseur ( 7 points)

On veut comprimer une mole de gaz supposé parfait de l'état initial noté 1 caractérisé par  $(P_1, V_1, T_1)$  vers un état final noté 2 caractérisé par  $(P_2, V_2, T_2)$ .

$$P_1 = 10^5 \text{ Pa} \quad P_2 = 2.10^5 \text{ Pa} \quad T_1 = 298 \text{ K}$$

Cette compression se réalise en deux étapes :

- une compression adiabatique qui amène le gaz dans un état intermédiaire noté 1' caractérisé par  $(P_2, V_1', T_1')$  ;
- un refroidissement isobare pour obtenir l'état 2 caractérisé par  $(P_2, V_2, T_2)$  pour lequel  $T_2$  est identique à  $T_1$ .

2.1 - Donner l'équation d'état reliant les variables P, V et T pour un gaz parfait.

2.2 - En déduire la valeur du volume  $V_1$  .

2.3 - Représenter sur le diagramme de Clapeyron donné en annexe les deux transformations mises en jeu (les deux isothermes aux températures  $T_1$  et  $T_1'$  sont représentées en pointillés).

2.4 - En utilisant la relation  $PV^\gamma = \text{Cte}$  utilisée lors d'une transformation adiabatique et la relation de la question 2.1, calculer :

2.4.1 – la valeur de  $V_1'$  ;

2.4.2 - la valeur de  $T_1'$ .

2.5 - On veut mesurer les travaux reçus  $W_1$ ,  $W_2$  et  $W_t$  correspondant successivement à la transformation adiabatique, le refroidissement isobare et la transformation totale.

2.5.1 - Calculer le travail  $W_1$  en utilisant la relation  $W_1 = \frac{R(T_1' - T_1)}{\gamma - 1}$  .

2.5.2 - Exprimer  $W_2$  en fonction de  $P_2$ ,  $V_2$  et  $V_1'$  puis en fonction de R,  $T_1$  et  $T_1'$  .

2.5.3 - Calculer les valeurs de  $W_2$  et  $W_t$  .

2.6 - On veut maintenant mesurer les échanges de chaleur  $Q_1$ ,  $Q_2$  et  $Q_t$ .

2.6.1 - Que vaut  $Q_1$  correspondant à la compression adiabatique ?

2.6.2 - Exprimer  $Q_2$  en fonction de R,  $T_1$  et  $T_1'$ .

2.6.3 - Calculer les valeurs de  $Q_2$  et  $Q_t$ .

2.8 - Calculer la variation  $\Delta U$  d'énergie interne puis commenter et justifier le résultat obtenu.

Données :

$$R = 8.31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} \quad \gamma = 1,4$$

$C_{p,m} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$  où  $C_{p,m}$  est la capacité calorifique molaire à pression constante.

### III) Acoustique ( 4 points)

Deux sources  $S_1$  et  $S_2$  omnidirectionnelles sont placées côte à côte.

3.1 - En un point A situé à cinq mètres, un microphone capte le champ direct. Le niveau d'intensité créé par les deux sources en ce point est  $L_i$  tel que :  $L_i = 80$  dB.

3.1.1 - Quelle est l'intensité sonore  $I$  perçue au point A lorsque les deux sources fonctionnent simultanément ?

3.1.2 - Déterminer le niveau de puissance  $L_w$  global imposé par les deux sources.

3.2 - Lorsque la source  $S_1$  fonctionne seule, le niveau d'intensité en ce point A est  $L_{i1}$  tel que  $L_{i1} = 75$ dB.

3.2.1 – En déduire l'intensité sonore  $I_2$  perçue au point A lorsque la source  $S_2$  fonctionne seule.

3.2.2 - Déterminer alors le niveau d'intensité  $L_{i2}$  au point A lorsque la source  $S_2$  fonctionne seule.

3.3 - On se place maintenant en un point B à dix mètres des deux sources.

3.3.1 – Calculer le niveau d'intensité sonore  $L_i'$  en ce point lorsque les deux sources fonctionnent simultanément.

3.3.2 – Quelle est alors l'intensité sonore  $I'$  correspondante perçue au point B ?

Données :

$L_i = L_w - 11 - 20 \cdot \log(r)$  où  $r$  représente la distance du point à la source.

$I_0 = 10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>

# Annexe : diagramme de Clapeyron

feuille à rendre avec la copie

## 1) Étude énergétique d'une chaudière

Question 2.3

