

Examen du 13 janvier 2011

Durée : 2h. La rédaction doit être précise et concise. On reportera les numéros des questions et sous-questions sur la copie d'examen. Aucun document n'est autorisé. Calculatrice autorisée.

I. Cycle moteur de Otto - Beau de Rochas

Le cycle réversible d'un mélange air-essence qui décrit le mieux le principe du fonctionnement du moteur 4 temps est le cycle de Otto-Beau de Rochas. Il fait intervenir les différentes transformations réversibles suivantes pour du mélange air-essence, considéré ici comme un gaz parfait ($\gamma = 1.4$) :

- A \rightarrow B Compression isentropique du mélange
- B \rightarrow C Combustion (détonante) isochore du mélange
- C \rightarrow D Détente isentropique du gaz chaud
- D \rightarrow A Refroidissement isochore (remplacement du gaz chaud par du gaz frais)

1. Représenter le cycle ABCDA dans le diagramme de Clapeyron. Dessiner également en traits pointillés l'isotherme qui passe par le point A et celui qui passe par le point B. Attention, dessiner un graphe suffisamment clair et précis qui sera complété dans la suite des autres questions.
2. Quelle est la partie du cycle qui représente l'apport d'énergie thermique fournie au système? Quelle est la partie du cycle qui produit du travail moteur sur le piston? **Justifier.**
3. Déterminer les transferts thermiques le long des quatre branches du cycle. **Justifier.**
4. Calculer le rendement η de ce moteur en fonction des températures T_A, T_B, T_C, T_D .
5. En considérant les propriétés des isentropiques AB et CD , exprimer les quotients T_B/T_A et T_C/T_D en fonction du paramètre $a = V_{max}/V_{min}$ et du coefficient adiabatique γ . En déduire que $T_C/T_B = T_D/T_A$.
6. Montrer que η peut s'écrire $1 - T_A/T_B$. En déduire le rendement du cycle de Otto-Beau de Rochas en fonction du rapport des volumes a et de γ . Dessiner et commenter le graphe de $\eta(a)$.
7. Dessiner sur le graphe de la question 1 ci-dessus le cycle ABEFA qui est tel que les arcs de courbe BE et AF sont isothermes. Quel est le rendement de ce dernier cycle? (justifier).

II. Un glaçon pour refroidir l'eau dans une bouteille thermostatée

On souhaite refroidir l'eau dans une bouteille à température initiale T_i en y ajoutant un cube de glace qui sort du congélateur à température T_g .

On note T_f la température finale de l'eau et T_0 la température de fusion de la glace. La masse de l'eau liquide est initialement M_l et celle de la glace est M_g . On note L la chaleur latente massique de fusion de la glace, C_l et C_g les capacités thermiques massiques respectivement du liquide et de la glace.

1. Exprimez T_f en fonction de $T_i, T_g, M_l, M_g, C_l, C_g$ et de L . On fait l'hypothèse que le système eau+glace est un système isolé thermiquement à pression constante.
2. La transformation en question est-elle réversible? Donnez sans calcul le signe de la variation de l'entropie du système.
3. Etablissez l'expression de la variation d'entropie du système eau+glace au cours de cette transformation.
4. A.N. Calculez T_f lorsque le volume initial de l'eau est de 15 cl, sa température initiale est de 20°C, le cube de glace mesure 2cm de côté et sa température initiale est de -10°C. On utilisera les données suivantes : $L = 330 \text{ kJ kg}^{-1}$; $C_l = 4.2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et $C_g \approx C_l/2$. On rappelle que la masse volumique de l'eau est de 1 g cm^{-3} , ce qui est équivalent à 1 g ml^{-1} .

III. Changement de phase liquide-gaz d'un corps pur

1. Dessinez deux systèmes d'axes, respectivement (T, P) et (V, P) , avec correspondance côte-à-côte des axes P . Dessinez la courbe d'équilibre biphasé liquide-gaz dans le plan (T, P) en indiquant le point triple et le point critique sur cette courbe.
2. Dessinez en traits pointillés la courbe de saturation liquide-gaz d'un corps pur dans le plan de Clapeyron. Indiquez le point critique et l'isobare correspondant au point triple.
3. Tracez trois isothermes : (i) l'isotherme critique T_C , (ii) une isotherme sous-critique T_1 et (iii) une isotherme super-critique T_2 . Indiquez où se situe le palier de vaporisation (que l'on pourra délimiter par les lettres AB).
4. Notez sur les graphes les régions où l'on a du gaz, du liquide ou un mélange liquide-vapeur. Indiquez sur les axes les pressions correspondantes et les volumes correspondants aux points importants de l'isotherme sous-critique.

$L_{g \rightarrow l}$

3/2