



## Épreuve de Thermodynamique II\*

Responsable : H. Chaib

Filière : SMP, Semestre : 3, Année : 2015/2016

Date : 03-03-2016 à 10:15, Durée : 90 min

### Questions de Cours (2 points)

1. Quelle est la condition impérative pour liquéfier un gaz ?
2. Qu'est ce qu'une pompe à chaleur ?

### Problème 1 (7 points)

Le moteur Diesel fonctionne, d'une manière réversible, selon un cycle composé de deux transformations isentropes, une transformation isobare et une transformation isochore. L'état (2) de ce cycle est caractérisé par un volume  $V_2$  strictement inférieur aux volumes des autres états. Cette machine utilise une quantité de matière  $n$  d'un gaz parfait d'indice adiabatique  $\gamma$ . Soit  $\tau_{12} = \frac{V_1}{V_2}$  le rapport volumétrique de compression et  $\tau_{13} = \frac{V_1}{V_3}$  le rapport volumétrique de détente.

1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron. Justifier.
2. Exprimer les quantités de chaleur mises en jeu au cours de ce cycle en fonction des capacités calorifiques du gaz et des températures des différents états.
3. Exprimer, en fonction des quantités de chaleur mises en jeu au cours du cycle :
  - (a) la quantité de chaleur fournie  $Q_f$ .
  - (b) le travail utile  $W_u$ .
  - (c) l'efficacité thermique  $\eta$ .
4. Exprimer l'efficacité thermique  $\eta$  de ce cycle en fonction de l'indice adiabatique  $\gamma$  et des températures des différents états.
5. Montrer que  $\eta$  peut s'écrire sous la forme  $\eta = 1 - \frac{\tau_{12}^{-\alpha} - \tau_{13}^{-\alpha}}{\gamma(\tau_{12}^{-\beta} - \tau_{13}^{-\beta})}$  où  $\alpha$  et  $\beta$  sont à déterminer.

### Problème 2 (5 points)

On considère une quantité de matière  $n$  d'un gaz de Van der Waals qui a pour équation d'état  $(p + \frac{n^2 a}{V^2})(V - nb) = nRT$  où  $a$ ,  $b$  et  $R$  sont des constantes. La différentiation des deux membres de cette équation, permet d'aboutir à une équation sous la forme :  $Adp + BdV + CdT = 0$ .

\*. La version électronique de l'énoncé et celle de la correction de cette épreuve seront publiés en ligne, quelques heures après la date affichée ci-dessus, sur le site Web : <http://www.fpo.ma/chaib/teaching/>.

1. Trouver les expressions de  $A$ ,  $B$  et  $C$ .
2. Exprimer, en fonction de  $A$ ,  $B$  et  $C$ , les dérivées partielles  $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ ,  $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$  et  $\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$ .
3. En déduire les expressions des coefficients thermoélastiques  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\chi_T$  en fonction de  $p$ ,  $V$  et éventuellement  $n$ ,  $a$ ,  $b$  et  $R$ .
4. En déduire les expressions de ces coefficients dans le cas d'un gaz parfait.
5. La fameuse relation liant ces trois coefficients est elle vérifiée par les expressions obtenues dans les deux questions précédentes ?

### Problème 3 (6 points)

On considère une machine thermique qui fonctionne selon un cycle thermodynamique constitué d'une compression isochore suivie d'une compression isobare puis d'une détente isotherme. Les pressions extrêmes de ce cycle sont 2 bar et 20 bar. En revanche ses volumes extrêmes sont  $1 \text{ dm}^3$  et  $9,5 \text{ dm}^3$ . Le cycle, qui utilise une quantité de matière  $n$  d'un gaz réel, est parcouru depuis l'état le plus comprimé (1) en passant successivement par les états (2) et (3) et en revenant à l'état (1). Le gaz utilisé est caractérisé par les coefficients thermoélastiques  $\alpha = \frac{nR}{pV}$  et  $\beta = \frac{nR}{p(V-nb)}$  où  $R$  est la constante universelle des gaz parfaits et  $b$  est une constante positive. L'expression de l'énergie interne de ce gaz est similaire à celle d'un gaz parfait polyatomique, c.-à-d.  $U(T) = \frac{6}{2}nRT$ .

1. Représenter ce cycle sur le diagramme de Clapeyron.
2. Calculer l'efficacité thermique  $\eta$  de cette machine.

Étapes détaillées :

- Cycle.
- Pressions et volumes des différents états.
- Équation d'état.
- $nb$ .
- Les  $W$  et  $Q$ .
- $W_f$ ,  $Q_f$  et  $Q_c$ .
- $\eta$  (Selon le cas).

**On donne** : la constante universelle des gaz parfaits est  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Actualiser ce problème dans le polycopié des épreuves