

**Thermodynamique série n°4: Machine thermique, changement de phase****Exercice 1 : Climatiseur** ◆

Un local, de capacité thermique  $C = 4000 \text{ kJ.K}^{-1}$ , est initialement à la température de l'air extérieur  $T_0 = 305 \text{ K}$ . Un climatiseur, fonctionnant de façon cyclique réversible ditherme entre l'air extérieur comme source chaude et le local comme source froide, ramène la température du local à  $T_1 = 293 \text{ K}$  en 1h.

Quelle est la puissance électrique moyenne  $P$  reçue par le climatiseur ?

**Exercice 2 : Cycle de Stirling** ◆◆

Une même quantité d'air reçoit un transfert thermique d'une source chaude ( $T_c = 1500 \text{ K}$ ) constituée d'une chambre de combustion où un combustible brûle continûment, puis cède un transfert thermique à une source froide ( $T_f = 320 \text{ K}$ ) qui est le circuit de refroidissement.

Les transformations sont réversibles. L'air est un gaz parfait de coefficient  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.4$  et

$$R = 8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$$

L'air dans **l'état 1** ( $P_1; V_1 = 0,10 \text{ L}; T_1 = T_c$ ) se détend de façon isotherme jusqu'à **l'état 2** ( $P_2; V_2 = 1,00 \text{ L}$ ) puis refroidissement isochore au contact de la source froide jusqu'à **l'état 3** ( $P_3 = 1 \text{ bar}; T_3 = T_f$ ) puis compression isotherme jusqu'à **l'état 4** ( $P_4; V_4 = 0,10 \text{ L}$ ) puis échauffement isochore jusqu'à **l'état 1**.

a) Préciser numériquement les divers états de l'air (c'est-à-dire  $P, V, T$ ).

b) Représenter le diagramme  $P(V)$ .

c) Calculer le travail et la chaleur échangés pour chaque transformation.

d) Calculer le rendement du cycle dans les 2 cas :

- Les transferts thermiques isochores sont indépendants.

- L'échauffement isochore est réalisé à l'aide du refroidissement isochore

Comparer au rendement de Carnot.

**Exercice 3 : Rendement et puissance du cycle d'un moteur diesel** ◆◆◆

Un moteur thermique utilisant un fluide parfait, décrit un cycle réversible Diesel  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$  composé d'une isobare et d'une isochore reliées par deux adiabatiques :

•  $1 \rightarrow 2$  : L'air admis subit une compression adiabatique de l'état initial  $1(P_1, V_1, T_1)$  à l'état  $2(P_2, V_2, T_2)$ .

•  $2 \rightarrow 3$  : Combustion isobare par injection progressive du carburant entre l'état  $2(P_2, V_2, T_2)$  et l'état  $3(V_3, T_3)$ .

•  $3 \rightarrow 4$  : L'injection cesse en 3 et le mélange subit une détente adiabatique jusqu'à l'état  $4(V_4 = V_1, T_4)$ .

•  $4 \rightarrow 1$  : Refroidissement isochore.

a) Représenter le cycle Diesel dans un diagramme  $(P, V)$ .

b) Exprimer le rendement du cycle Diesel sur un diagramme, en fonction :

- des températures  $T_1, T_2, T_3$  et  $T_4$  et du rapport  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  du mélange gazeux.

- du « taux de compression »  $x = \frac{V_1}{V_2}$  et du « taux de détente »  $y = \frac{V_1}{V_3}$  et du rapport  $\gamma$ .

c) Une automobile à moteur Diesel possède les caractéristiques suivantes :

- Taux de compression  $x = 21$ .
- Taux de détente  $y = 7$ .

A la vitesse maximale du véhicule  $v = 147 \text{ km.h}^{-1}$  correspond à  $N = 4500$  tours/minute, la consommation est  $c = 8$  litres de carburant (gaz-oil) aux 100 km (pas très écologique !). Le gaz-oil a une masse volumique  $\rho = 0,8 \text{ kg.L}^{-1}$  et un pouvoir calorifique  $q = 46,9 \text{ kJ/g}$  (ce dernier terme correspond à l'énergie thermique fournis par unité de masse lors de la combustion du gaz-oil). Déterminer :

- Le rendement théorique de ce moteur Diesel avec  $\gamma = 1,4$ .
- La masse de carburant injectée à chaque cycle, à vitesse maximale.
- La puissance maximale de ce moteur Diesel, supposé idéal.

#### **Exercice 4 : Fusion de la glace** ♦♦

Un bloc de métal de masse  $m = 1 \text{ kg}$ , de capacité thermique  $C_b = 400 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  parfaitement calorifugé, possède une cavité dans laquelle on peut mettre un liquide, un solide et un thermomètre.

Il est porté à  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , on introduit ensuite dans la cavité un mélange de glace (masse =  $m_g$ ) et de l'eau liquide (masse =  $m_\ell$ ) pris à  $0^\circ\text{C}$ .

Donner la température finale et la composition dans la cavité dans chaque cas :

- $m_g = m_\ell = 50 \text{ g}$
- $m_g = 120 \text{ g}$ ,  $m_\ell$  quelconque
- $m_g = 200 \text{ g}$ ,  $m_\ell$  quelconque

On donne :

Capacité thermique massique de l'eau (supposée identique pour les deux phases) ;  
 $C_e = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

Enthalpie massique de fusion de l'eau :  $\Delta_{\text{fus}}H = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$  à  $0^\circ\text{C}$ .

#### **Exercice 5 : Isothermes d'Andrews** ♦♦

Une mole de vapeur sèche (la vapeur est considéré comme un gaz parfait) est comprimée (sur un chemin réversible) de façon isotherme à  $T_0$  d'un volume  $V_1$  à un volume  $V_2$  tel qu'il y ait liquéfaction partielle sous la pression  $P^*$ .

- Représenter la transformation dans un diagramme de Clapeyron.
- Exprimer le travail échangé lors de la compression.
- Exprimer la quantité d'eau liquéfiée
- Calculer la variation d'entropie du système. On notera  $\Delta_{\text{vap}}H$  l'enthalpie molaire de vaporisation.