

Evaluation de fin de semestre
Premier semestre (S1) Automne 2019
Module : THERMODYNAMIQUE (1 Heure 30 min)

EXERCICE 1 : [15 pts]

Une masse m d'air (considéré comme un gaz parfait) décrit le cycle thermodynamique ABCDA constitué des quatre transformations réversibles suivantes :

AB : compression isotherme,
BC : échauffement isobare,
CD : détente adiabatique,
DA : refroidissement isobare.

Données : $m = 1 \text{ kg}$; $T_A = 300 \text{ K}$; $T_C = 641 \text{ K}$; $P_B = 10 P_A$

$M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (masse molaire de l'air)

$R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (constante des gaz parfaits)

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4 \quad ; \quad c_p - c_v = \frac{R}{M}$$

c_p et c_v sont les chaleurs massiques du gaz respectivement à pression constante et à volume constant.

Questions :

1/ Représenter l'allure du cycle ABCDA dans le diagramme $P = P(V)$ de CLAPEYRON. Montrer qu'il s'agit d'un cycle moteur. Que représente l'aire de la surface délimitée par le cycle ? Justifier votre réponse. **[2 pts]**

2/ Tracer l'allure du cycle ABCDA dans le diagramme entropique $T = T(S)$. Que représente, dans ce tracé, l'aire de la surface délimitée par le cycle ? Justifier votre réponse. **[1,5 pt]**

3/ Montrer que la température T_D du gaz à l'état D peut être donnée par l'expression suivante : $T_D = T_C \cdot (10)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$. Calculer T_D . **[1 pt]**

4/ Calculer (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) les valeurs des chaleurs massiques c_v et c_p du gaz.

[2 pts]

5/ Déterminer (en kJ) les quantités de chaleur Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} échangées par le gaz avec le milieu extérieur au cours du cycle. **[2 pts]**

6/ Rappeler la première loi de JOULE. **[0,5 pt]**

7/ Calculer (en kJ) les variations d'énergie interne $(\Delta U)_{AB}$, $(\Delta U)_{BC}$, $(\Delta U)_{CD}$ et $(\Delta U)_{DA}$ pour les quatre transformations du cycle. **[2 pts]**

8/ Déterminer (en $J \cdot K^{-1}$) les variations d'entropie $(\Delta S)_{AB}$, $(\Delta S)_{BC}$, $(\Delta S)_{CD}$ et $(\Delta S)_{DA}$ pour les quatre transformations du cycle. **[2 pts]**

9/ Donner l'expression du rendement η du cycle ABCDA en fonction des quantités de chaleur Q_{AB} , Q_{BC} et Q_{DA} . Calculer η . **[1 pt]**

10/ Comparer η au rendement η_{CARNOT} d'un cycle de CARNOT fonctionnant entre les températures extrêmes : $T_A = 300 \text{ K}$ et $T_C = 641 \text{ K}$. **[1 pt]**

EXERCICE 2 : [5 pts]

Dans un récipient parfaitement calorifugé contenant initialement une masse $m_1 = 1 \text{ kg}$ d'eau à la température $T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, on place un bloc de glace de masse $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ et de température $T_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$. On constate qu'à l'équilibre, la glace n'a pas totalement fondu et il y a un mélange de glace et d'eau liquide. On désigne par x la masse (en kg) de la glace fondue.

Données : A la pression atmosphérique :

- chaleur massique de l'eau à l'état liquide : $c_e = 4,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- chaleur massique de l'eau à l'état solide : $c_g = 2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- chaleur latente massique de fusion de la glace à $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $L_f = 336 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Questions :

1/ Quelle est la température d'équilibre T_f du mélange ? Justifier votre réponse. **[0,5 pt]**

2/ Calculer x . **[2 pts]**

3/ Déterminer la variation d'entropie de la masse d'eau :

a/ initialement à l'état liquide : $(\Delta S)_1$. **[1 pt]**

b/ initialement à l'état solide : $(\Delta S)_2$. **[1 pt]**

4/ Que peut-on dire de cette transformation ? Justifier votre réponse. **[0,5 pt]**