

Evaluation de fin de semestre
Premier semestre (S1) Automne 2023
Module : THERMODYNAMIQUE (1 Heure 30 min)

QUESTIONS DE COURS : [3 pts]

1/ Répondre par vrai ou faux à l'affirmation suivante (en justifiant votre réponse) :

" Au cours de la compression d'un gaz, ce dernier cède du travail au milieu extérieur. "

[0,5 pt]

2/ Ecrire le premier principe de la thermodynamique pour un système fermé.

[1 pt]

3/ Déterminer la différentielle de la fonction d'état : énergie libre $F(T, V)$, et retrouver la troisième relation de MAXWELL.

[1 pt]

(On rappelle que : $F = U - TS$; U étant la fonction énergie interne et S la fonction entropie).

4/ Donner (sans démonstration) la formule de CLAPEYRON relative à la chaleur latente massique L_v de vaporisation.

[0,5 pt]

EXERCICE : [17 pts]

Dans un moteur à air, une masse m d'air (gaz supposé parfait) décrit de manière réversible le cycle ABCDA constitué des transformations suivantes :

- une compression isotherme de l'état A (P_A, V_A, T_A) à l'état B (P_B, V_B, T_B),
- un échauffement isobare de l'état B à l'état C (P_C, V_C, T_C) ,
- une détente adiabatique de l'état C à l'état D (P_D, V_D, T_D) ,
- un refroidissement isobare de l'état D à l'état A.

Données :

$$m = 1 \text{ kg}$$

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

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

$$C_p - C_v = \frac{R}{M} \quad ; \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$$

C_p et C_v sont les chaleurs massiques (supposées constantes) du gaz (air) respectivement à pression constante et à volume constant.

$$P_A = 1 \text{ atm} \quad ; \quad T_A = 350 \text{ K} \quad ; \quad P_B = 8 \text{ atm} \quad ; \quad T_C = 1400 \text{ K}$$

1/ Calculer (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) les chaleurs massiques C_p et C_v de l'air. [1 pt]

2/ Représenter l'allure du cycle ABCDA dans le diagramme de CLAPEYRON $P = P(V)$. [1 pt]

3/ Tracer l'allure du cycle ABCDA dans le diagramme entropique $T = T(S)$. Comparer (sans faire de calculs) les températures T_B , T_C et T_D . En déduire les températures extrêmes du cycle ABCDA. [1,5 pt]

4/ Déterminer les volumes V_A , V_B , V_C , V_D (en m^3) et la température T_D . [2,5 pts]

5/ Calculer (en kJ) les travaux W_{AB} , W_{BC} , W_{CD} et W_{DA} échangés par le gaz avec le milieu extérieur au cours des quatre transformations du cycle. En déduire le travail total W_{cycle} échangé par le gaz au cours du cycle ABCDA. [2,5 pts]

6/ Par application de la première loi de Joule, déterminer les valeurs (en kJ) des variations d'énergie interne $(\Delta U)_{AB}$, $(\Delta U)_{BC}$, $(\Delta U)_{CD}$ et $(\Delta U)_{DA}$ des quatre transformations du cycle. [2 pts]

7/ Déduire, à partir des réponses aux deux questions précédentes, les quantités de chaleur Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} (en kJ) échangées par le gaz avec le milieu extérieur au cours des quatre transformations du cycle. Préciser la transformation au cours de laquelle, le gaz reçoit de la chaleur du milieu extérieur. [2,5 pts]

8/ Calculer (en $\text{kJ} \cdot \text{K}^{-1}$) les valeurs des variations d'entropie $(\Delta S)_{AB}$, $(\Delta S)_{BC}$, $(\Delta S)_{CD}$ et $(\Delta S)_{DA}$ des quatre transformations du cycle ABCDA. Vérifier le deuxième principe de la thermodynamique pour le cycle. [2 pts]

9/ Donner l'expression du rendement η du cycle ABCDA. Calculer la valeur de η . [1 pt]

10/ Comparer ce rendement η au rendement η_{CARNOT} d'un cycle réversible moteur de CARNOT fonctionnant entre les mêmes températures extrêmes. [1 pt]