

Niveau : 1^{ère} année Master Génie Chimique
Responsable de la matière : Dr. Réda KHAMA

Corrigé type de l'examen de rattrapage

Matière : Thermodynamique technique/appliquée (Examen du 05/02/2023)

Questions de cours

(06 points)

1.

a) Définition d'un MCI : **0.50 pt**

Le moteur à combustion interne (MCI) est une machine qui convertit, à l'intérieur d'une chambre de combustion, l'énergie chimique recélée dans un carburant en chaleur et en énergie mécanique.

b) Les deux grandes catégories d'un MCI :

- Les moteurs à écoulement continu (Turbines à gaz "TAG"). **0.50 pt**
- Les moteurs à mouvement alternatif (Moteurs à allumage commandé "Moteurs à essence" ou à allumage par compression "Moteurs Diesel"). **0.50 pt**

2.

a) Noms des éléments 1, 2, 3, 4 et 5 de la figure 2 :

Élément **1** : Bougie **0.50 pt** Élément **2** : Soupape **0.50 pt** **0.50 pt**
Élément **3** : Piston **0.50 pt** Élément **4** : Bielle **0.50 pt** Élément **5** : Vilbrequin

b) Identification des différentes étapes de fonctionnement d'un moteur à 4 temps, sur la figure 3 :

Étape **I** : Admission **0.25 pt** Étape **II** : Compression **0.25 pt**
Étape **III** : Explosion **0.25 pt** Étape **IV** : Échappement **0.25 pt**

c) Principe de fonctionnement d'un moteur à 4 temps :

À l'intérieur de la chambre de combustion, délimitée par le cylindre et le piston, que se déroule le cycle thermodynamique. Durant le cycle thermodynamique, l'échange des gaz avec l'extérieur se fait au moyen des soupapes d'admission (l'admission des gaz à l'intérieur du cylindre) et de soupapes d'échappement (l'échappement des gaz vers l'extérieur). Le piston se déplace dans le cylindre entre deux positions extrêmes : le point mort bas (PMB) du côté de la manivelle (le volume du cylindre est alors maximal) et le point mort haut (PMH) du côté de la tête (le volume du cylindre est alors minimal).

1.00 pt

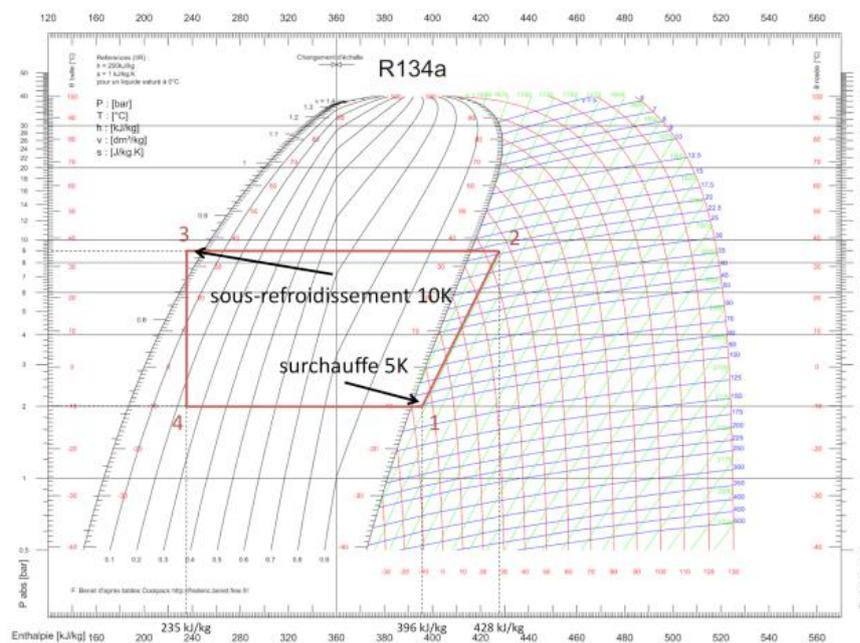
Exercice 1

(06 points)

1. Signification de l'expression "... la machine fonctionne au R134a entre 2 et 9 bars" :

Cela signifie que cette machine frigorifique utilise le R134a comme fluide frigorigène (ou frigorifique) et fonctionne entre une pression d'évaporation (ou basse pression) égale à 2 bars et une pression de condensation (ou haute pression) égale à 9 bars. **1.50 pts**

2. Cycle frigorifique sur le diagramme P-h du R134a :



1.00 pt

3. État physique du R134a en chaque point du cycle thermodynamique de la machine :

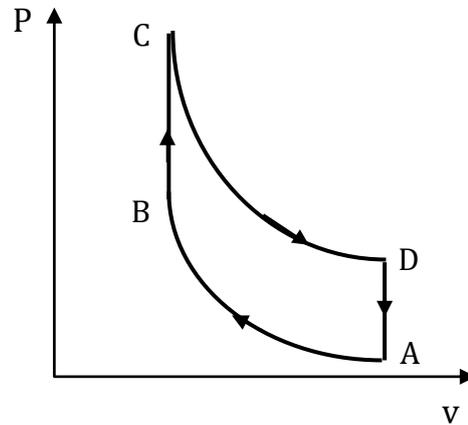
- | | | | | | |
|-----|-----------------------|----------------|-----|----------------------------|----------------|
| 1 : | Vapeur surchauffée | 0.50 pt | 2 : | Vapeur surchauffée | 0.50 pt |
| 3 : | Liquide sous refroidi | 0.50 pt | 4 : | Mélange (Vapeur + Liquide) | 0.50 pt |

4. Enthalpies massiques, température d'évaporation $T_{\text{évap}}$ et température de condensation T_{cond} :

- | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------|
| 1 : | $h_1 = 396 \text{ kJ/kg}$ | 0.25 pt | 2 : | $h_2 = 428 \text{ kJ/kg}$ | 0.25 pt |
| 3 : | $h_3 = 235 \text{ kJ/kg}$ | 0.25 pt | 4 : | $h_4 = 235 \text{ kJ/kg}$ | 0.25 pt |
| $T_{\text{évap}} = -10 \text{ °C}$ | 0.25 pt | | $T_{\text{cond}} = 35 \text{ °C}$ | 0.25 pt | |

Exercice 2

(08 points)

1. Schématisation du cycle d'Otto dans un diagramme de Clapeyron (P-v) :**0.50 pt**2. Calcul, en litres, de la valeur des volumes V_A et V_B :On remarque facilement que V_A et V_B sont la solution du système d'équations suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} C = V_A - V_B = 21090 \text{ cm}^3 = 21.09 \text{ L} \\ \tau = V_A / V_B = 7 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_A = 24.605 \text{ L} \\ V_B = 3.515 \text{ L} \end{array} \right.$$

0.50 pt**0.50 pt****0.50 pt**3. Calcul de la température T_A :

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A \quad (\text{Le mélange gazeux est un gaz parfait})$$

$$T_A = P_A \cdot V_A / n \cdot R$$

0.50 pt

Application numérique :

$$T_A = (10^5 \times 10^{-5} \text{ atm}) (24.605 \text{ L}) / (1 \text{ mol}) (0.082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})$$

$$T_A \approx 300 \text{ K} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

4. Calcul de la pression P_B et de la température T_B :- Calcul de la pression P_B :

$$P_A \cdot V_A^\gamma = P_B \cdot V_B^\gamma \quad (\text{La transformation AB est adiabatique})$$

$$P_B = P_A \cdot (V_A/V_B)^\gamma = P_A \cdot \tau^\gamma$$

0.50 pt

Application numérique :

$$P_B = 10^5 \text{ Pa} \times 7^{1.4}$$

$$P_B \approx 15.245 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

- Calcul de la température T_B :

$$P_B \cdot V_B = n \cdot R \cdot T_B \quad (\text{Le mélange gazeux est un gaz parfait})$$

$$T_B = P_B \cdot V_B / n \cdot R \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

Application numérique :

$$T_B = (15.245 \times 10^5 \times 10^{-5} \text{ atm}) (3.515 \text{ L}) / (1 \text{ mol}) (0.082 \text{ L.atm.mol}^{-1}\text{.K}^{-1})$$

$$T_B \approx 653 \text{ K} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

5. Calcul des quantités de chaleur algébriques Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} :

$$\mathbf{0.50 \text{ pt}} \quad Q_{AB} = 0 \text{ kJ} \quad (\text{La transformation AB est adiabatique})$$

$$Q_{BC} = C_v (T_C - T_B) = (C_p/\gamma) (T_C - T_B)$$

$$\text{Application numérique : } Q_{BC} = (29 / 1.4) \times (2650 - 653) \approx 41 \text{ kJ} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

$$\mathbf{0.50 \text{ pt}} \quad Q_{CD} = 0 \text{ kJ} \quad (\text{La transformation CD est adiabatique})$$

$$Q_{DA} = C_v (T_A - T_D) = (C_p/\gamma) (T_A - T_D)$$

$$\text{Application numérique : } Q_{DA} = (29/1.4) \times (300 - 1210) \approx -19 \text{ kJ} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

Déduction, par application du premier principe de la thermodynamique, que le cycle est moteur :

Selon le premier principe de la thermodynamique, sur un cycle : $W + Q = 0$

$$W = -Q$$

$$W = -(Q_{BC} + Q_{DA})$$

Application numérique :

$$W \approx -(41 \text{ kJ} - 19 \text{ kJ})$$

$$\mathbf{0.50 \text{ pt}} \quad W \approx -22 \text{ kJ}$$

W est négatif alors le cycle est moteur !

6. Calcul du rendement du cycle thermodynamique étudié :

$$\eta_{\text{th, Otto}} = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{ajt}}} = W / Q_{BC}$$

Application numérique :

$$\eta_{\text{th, otto}} = 22/41 \approx 0.54 \quad \text{soit environ } 54 \%. \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$