

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

Corrigé type de l'évaluation de moyenne durée

Matière : Thermodynamique technique/appliquée

(Examen du 10/01/2023)

Questions de cours

(08 points)

1. Hypothèses d'air standard :

- 0.50 pt** - Le fluide moteur du cycle est constitué d'une masse d'air fixe. Il n'y a pas d'évolution d'admission ou d'échappement des gaz. De surcroît, l'air se comporte comme un gaz parfait. **0.50 pt**
- Toutes les évolutions sont réversibles intérieurement. **0.50 pt**
 - Le phénomène de combustion est représenté par un apport de chaleur provenant d'une source externe. **0.50 pt**
 - Le cycle se termine avec l'évacuation de la chaleur dans le milieu extérieur. **0.50 pt**

On parle d'hypothèses d'air standard simplifiées lorsque que les chaleurs massiques de l'air à 25°C, sont supposés constants. **0.50 pt**

2. L'intérêt du cycle de Carnot est de servir d'étalon auquel les cycles réels et les cycles théoriques peuvent être comparés. **0.50 pt**

3.

- a) Rôle de la chambre de combustion : C'est à l'intérieur de la chambre de combustion, délimitée par le cylindre et le piston, que se déroule le cycle thermodynamique qui peut être un cycle à quatre temps ou à deux temps. **0.50 pt**

Rôle des soupapes d'admission : 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). **0.50 pt**

- b) Volume de compression : est le volume minimal V_{\min} . **0.50 pt**

Taux de compression : est le rapport du volume maximal du cylindre au volume minimal. **0.50 pt**

Alésage : est le diamètre du cylindre. **0.50 pt**

Cylindrée : est la différence entre V_{\max} (volume maximal du cylindre) et V_{\min} (volume minimal du cylindre). **0.50 pt**

c) Le rendement thermique du cycle Otto est :

$$\eta_{th,Otto} = \frac{W_{net}}{Q_{ajt}} = 1 - \frac{Q_{\acute{e}vac}}{Q_{ajt}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

Les évolutions 1 – 2 et 3 – 4 sont isentropiques, et $V_2 = V_3$ et $V_4 = V_1$. Alors :

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{v_3}{v_4}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_4}{T_3} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

Si on substitue l'expression précédente dans l'expression du rendement thermique, tout en considérant que le taux de compression est :

$$\tau = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

on obtient alors :

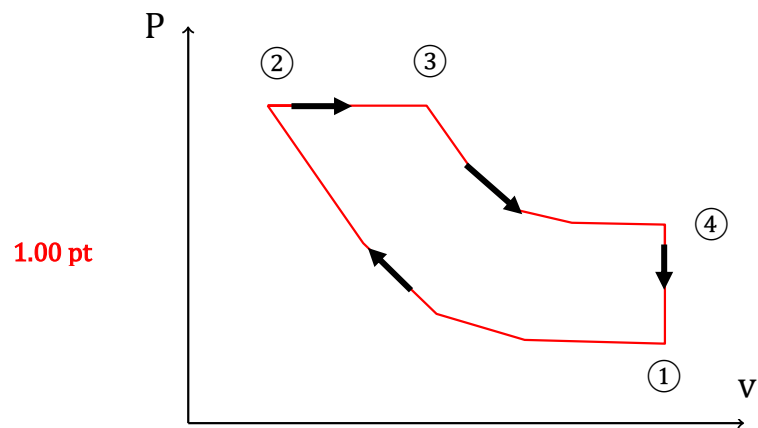
$$\eta_{th,Otto} = 1 - \frac{1}{\tau^{\gamma-1}} \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

Exercice 1

(07 points)

1. L'injecteur remplace la bougie. $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$

2. Diagramme P-v :



$\mathbf{0.50 \text{ pt}}$

3. Le mélange reçoit de la chaleur ($q_1 < 0$), lors de la détente $\textcircled{4} \rightarrow \textcircled{1}$ et en gagne ($q_2 > 0$), lors de la combustion $\textcircled{2} \rightarrow \textcircled{3}$. $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$ $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$ $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$

- Au cours de la transformation isobare $\textcircled{2} \rightarrow \textcircled{3}$:

$$q_2 = \Delta H_{\textcircled{2} \rightarrow \textcircled{3}} = C_p (T_3 - T_2) \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

où C_p est la capacité thermique isobare.

- Au cours de la transformation isochore ④ → ① :

$$q_1 = \Delta H_{④ \rightarrow ①} = C_v (T_1 - T_4) \quad \mathbf{0.50 \text{ pt}}$$

où C_v est la capacité thermique isochore.

4. On a deux transformations adiabatiques réversibles pour lesquelles on peut écrire : $T V^{\gamma-1} = \text{cte}$

On a donc
$$T_2 = T_1 (V_1/V_2)^{\gamma-1} = T_1 \alpha^{\gamma-1}$$

La loi des gaz parfaits permet d'écrire que :

$$T_3 = T_2 (V_3/V_2) = T_1 \alpha^{\gamma-1} (V_3/V_2) = T_1 \alpha^\gamma \alpha^{-1} (V_3/V_2) = T_1 \alpha^\gamma (\cancel{V_2}/V_1) (V_3/\cancel{V_2})$$

$$T_3 = T_1 \alpha^\gamma (V_3/V_1) = T_1 \alpha^\gamma \beta^{-1}$$

On a également :

$$T_4 = T_3 (V_3/V_4)^{\gamma-1}$$

Or $V_1 = V_4$ donc
$$T_4 = T_3 (V_3/V_1)^{\gamma-1} = T_3 (\beta^{-1})^{\gamma-1}$$

$$T_4 = [T_1 \alpha^\gamma \beta^{-1}] (\beta^{-1})^{\gamma-1} = T_1 \alpha^\gamma \beta^{-\gamma}$$

On en déduit :

$$q_1 = C_v (T_1 - T_4) = n c_v (T_1 - T_1 \alpha^\gamma \beta^{-\gamma}) = n c_v T_1 (1 - \alpha^\gamma \beta^{-\gamma})$$

$$q_2 = C_p (T_3 - T_2) = n c_p (T_1 \alpha^\gamma \beta^{-1} - T_1 \alpha^{\gamma-1}) = n c_p T_1 (\alpha^\gamma \beta^{-1} - \alpha^{\gamma-1})$$

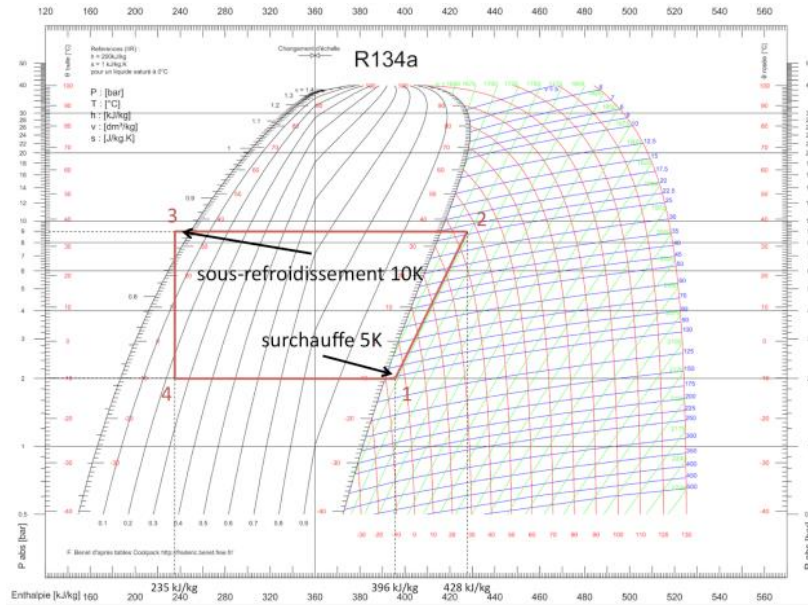
2.50 pt

Exercice 2

(05 points)

1. Le R134a est le fluide frigorigène (ou frigorigifque) de la machine frigorigifque. $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$
2. Monoétagée = à un étage de compression = avec une seule compression = avec un seul compresseur. $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$
Isentropique = à entropie constante = adiabatique et réversible $\mathbf{0.50 \text{ pt}}$
3. Pression d'évaporation = Basse pression = 2 bars $\mathbf{0.25 \text{ pt}}$
Pression de condensation = Haute pression = 9 bars $\mathbf{0.25 \text{ pt}}$

4. Le cycle frigorifique :



1.00 pt

5. ① : Vapeur surchauffée **0.25 pt** ② : Vapeur surchauffée **0.25 pt**
 ③ : Liquide sous refroidi **0.25 pt** ④ : Mélange (Vapeur + Liquide) **0.25 pt**
6. 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**