

Niveau : L3 Energétique

Durée : 01H30

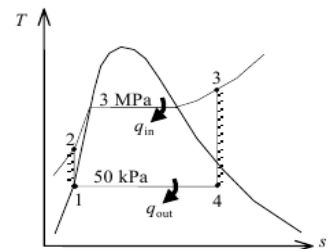
Questions de Cours :

1. Pourquoi le cycle de Carnot n'est-il pas valable comme cycle théorique dans les moteurs ?
2. Que représente l'aire fermée dans un diagramme P-v ? un diagramme T-s ?
3. Quelles sont les hypothèses d'air standard ?
4. Quelle est la différence entre la cylindrée et le volume de compression dans un moteur à compression ?
5. Quelle est la différence entre les hypothèses d'air standard et les hypothèses d'air standard simplifiées ?
6. Définissez le taux de compression dans un moteur à combustion,

Exercice:

Une centrale à vapeur fonctionne selon un cycle de Rankine idéal simple, les limites de pression sont entre 3 MPa et 50 kPa. La température de la vapeur à l'entrée de la turbine est de 300 °C, et le débit massique de la vapeur à travers le cycle est de 35 kg/s. déterminez :

- 1- Le rendement thermique du cycle (η_{th});
- 2- La puissance nette de sortie de la centrale électrique (W_{net}).



« Les jours se suivent et ne se ressemblent pas »

Pr H.Madani

Corrigé type

Questions de cours (10,00 pts) :

1. le cycle de Carnot ne convient pas comme cycle idéal pour tous les dispositifs de production d'énergie, car il ne peut être approché en utilisant le matériel des dispositifs de production d'énergie réels. (1,00)
2. Il représente le travail net sur les deux diagrammes. (1,00)
3. les hypothèses d'air standard sont :
 - Le fluide de travail est l'air qui se comporte comme un gaz idéal, (1,00)
 - Tous les processus sont réversibles à l'intérieur du cycle, (1,00)
 - Le processus de combustion est remplacé par le processus d'addition de chaleur, (1,00)
 - Le processus d'échappement est remplacé par le processus de rejet de la chaleur qui ramène le fonctionnement à son état d'origine. (1,00)
4. La cylindrée est le volume minimum formé dans le cylindre alors que le volume de compression est le volume déplacé par le piston lorsque celui-ci se déplace entre le point mort haut et le point mort bas. (2,00)
5. Les hypothèses d'air standard simplifiées impliquent les hypothèses supplémentaires que l'air peut être traité comme un gaz idéal avec des chaleurs spécifiques constantes à température ambiante. (1,00)
6. C'est le rapport entre les volumes maximum et minimum dans le cylindre. (1,00)

Exercice (10,00 pts) :

1- Le rendement thermique du cycle (η_{th}) :

$$h_1 = h_{f@50 \text{ kPa}} = 340.54 \text{ kJ/kg} \quad (0,75)$$

$$v_1 = v_{f@50 \text{ kPa}} = 0.001030 \text{ m}^3/\text{kg} \quad (0,75)$$

$$\begin{aligned} w_{p,in} &= v_1(P_2 - P_1) \quad (0,75) \\ &= (0.001030 \text{ m}^3/\text{kg})(3000 - 50) \text{ kPa} \left(\frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3} \right) \\ &= 3.04 \text{ kJ/kg} \quad (0,75) \end{aligned}$$

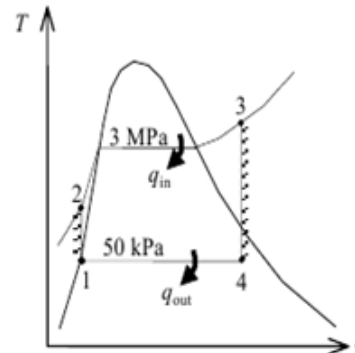
$$h_2 = h_1 + w_{p,in} = 340.54 + 3.04 = 343.58 \text{ kJ/kg} \quad (0,75)$$

$$P_3 = 3 \text{ MPa} \left\{ \begin{array}{l} h_3 = 2994.3 \text{ kJ/kg} \quad (0,75) \\ T_3 = 300^\circ\text{C} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} s_3 = 6.5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \quad (0,75) \end{array} \right.$$

$$T_3 = 300^\circ\text{C} \left\{ \begin{array}{l} s_3 = 6.5412 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \quad (0,75) \end{array} \right.$$

$$P_4 = 50 \text{ kPa} \left\{ \begin{array}{l} s_4 = s_3 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6.5412 - 1.0912}{6.5019} = 0.8382 \quad (0,75) \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} h_4 &= h_f + x_4 h_{fg} = 340.54 + (0.8382)(2304.7) \quad (0,75) \\ &= 2272.3 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$



Thus,

$$q_{in} = h_3 - h_2 = 2994.3 - 343.58 = 2650.7 \text{ kJ/kg} \quad (0,75)$$

$$q_{out} = h_4 - h_1 = 2272.3 - 340.54 = 1931.8 \text{ kJ/kg} \quad (0,50)$$

$$w_{net} = q_{in} - q_{out} = 2650.7 - 1931.8 = 718.9 \text{ kJ/kg} \quad (0,50)$$

and

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}} = 1 - \frac{1931.8}{2650.7} = 27.1\% \quad (0,50)$$

$$2- \quad \dot{W}_{net} = \dot{m} w_{net} = (35 \text{ kg/s})(718.9 \text{ kJ/kg}) = 25.2 \text{ MW} \quad (1,00)$$

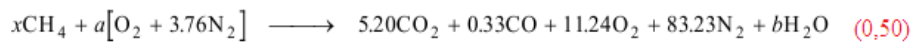
Exercice 02:

Du méthane CH_4 est brûlé dans l'air sec. L'analyse des produits en termes de fractions volumiques est la suivante : 5,20% de CO_2 , 0,33% de CO , 11,24% de O_2 et 83,23% de N_2 . Déterminez :

1. Le rapport air-combustible ;
2. Le pourcentage d'air théorique utilisé.

Exercice 02 (06,00 pts) :

Considering 100 kmol of dry products, the combustion equation can be written as



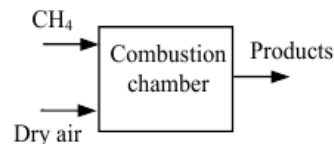
The unknown coefficients x , a , and b are determined from mass balances,

$$\text{N}_2 : 3.76a = 83.23 \longrightarrow a = 22.14 \quad (0,50)$$

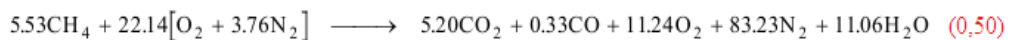
$$\text{C} : x = 5.20 + 0.33 \longrightarrow x = 5.53 \quad (0,50)$$

$$\text{H} : 4x = 2b \longrightarrow b = 11.06 \quad (0,50)$$

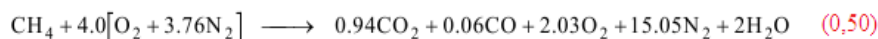
$$(\text{Check O}_2 : a = 5.20 + 0.165 + 11.24 + b/2 \longrightarrow 22.14 = 22.14)$$



Thus,



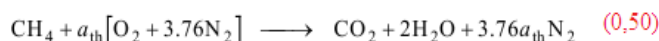
The combustion equation for 1 kmol of fuel is obtained by dividing the above equation by 5.53,



1- The air-fuel ratio is determined from its definition,

$$\text{AF} = \frac{m_{\text{air}}}{m_{\text{fuel}}} = \frac{(4.0 \times 4.76 \text{ kmol})(29 \text{ kg/kmol})}{(1 \text{ kmol})(12 \text{ kg/kmol}) + (2 \text{ kmol})(2 \text{ kg/kmol})} = 34.5 \text{ kg air/kg fuel} \quad (1,00)$$

2- To find the percent theoretical air used, we need to know the theoretical amount of air, which is determined from the theoretical combustion equation of the fuel,



$$\text{O}_2 : a_{\text{th}} = 1 + 1 \longrightarrow a_{\text{th}} = 2.0 \quad (0,50)$$

Then,

$$\text{Percent theoretical air} = \frac{m_{\text{air,act}}}{m_{\text{air,th}}} = \frac{N_{\text{air,act}}}{N_{\text{air,th}}} = \frac{(4.0)(4.76) \text{ kmol}}{(2.0)(4.76) \text{ kmol}} = 200\% \quad (1,00)$$