

Contrôle final de Thermodynamique (1h 30 mn)

Question de cours (5 pts)

1°) A partir de la définition de l'enthalpie : $H = U + PV$, montrer que la relation de Rober-Mayer, pour une mole de gaz parfait, s'écrit sous la forme : $C_p - C_v = R$

R : constante universelle des gaz parfait, C_p et C_v sont respectivement les capacités thermiques à pression et volume constants.

2°) Ecrire la relation de Mayer pour n moles.

3°) Sachant que $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ et en utilisant la relation de Mayer, déterminer les expressions de C_p et C_v en fonction de R, de γ et du nombre de mole n.

Exercice (15 pts)

On fait décrire à une mole d'un gaz parfait diatomique le cycle Diesel constitué des transformations réversibles suivantes :

- 1 → 2 : compression adiabatique ;
- 2 → 3 : chauffage isobare ;
- 3 → 4 : détente adiabatique ;
- 4 → 1 : refroidissement isochore.

On donne : $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$; les rapports volumétriques des transformations adiabatiques :

$$a = \frac{V_1}{V_2} = 9 \quad \text{et} \quad b = \frac{V_4}{V_3} = 3 ; \quad R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} ; P_1 = 10^5 \text{ Pa} ; T_1 = 300 \text{ K.}$$

1°) Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron (P, V). Justifier que le cycle est moteur.

2°) Calculer le volume V_1 du gaz à l'état 1.

3°) Déterminer les expressions de P_2 , P_3 et P_4 en fonction de a, b, γ et P_1 . Calculer leurs valeurs

4°) Déterminer les expressions de V_2 , V_3 et V_4 en fonction de a, b, γ et V_1 . Calculer leurs valeurs

5°) Déterminer et calculer les quantités de chaleur échangées au cours des différentes transformations.

6°) Déterminer et calculer les travaux mis en jeu le long du cycle. Déduire la variation de l'énergie interne sur tout le cycle.

7°) Déterminer les expressions de la variation d'entropie pour chaque transformation. Calculer leurs valeurs et vérifier que la variation d'entropie sur tout le cycle est nulle.

8°) Le cycle Diesel reçoit une quantité de chaleur Q_c durant la transformation 2 → 3 et rejette une quantité de chaleur Q_a durant la transformation 4 → 1. Etablir l'expression du rendement thermique du moteur en fonction de Q_c et Q_a . Calculer sa valeur.

9°) Montrer que l'expression du rendement thermique s'écrit en fonction de a, b et γ sous la forme :

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{b^{-\gamma} - a^{-\gamma}}{b^{-1} - a^{-1}}$$

1°) $H = U + PV$
 $dH = dU + d(PV)$

avec

$$\begin{cases} dH = C_p dT \\ dU = C_v dT \end{cases}$$

$$d(PV) = R dT \quad (n=1)$$

$$\Rightarrow C_p dT = C_v dT + R dT$$

$$\Rightarrow C_p = C_v + R$$

donc $C_p - C_v = R$

2°) pour n moles

$$dH = dU + d(PV)$$

$$C_p dT = C_v dT + nR dT$$

$$C_p = C_v + nR$$

$$\Rightarrow C_p - C_v = nR$$

$$3°) \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{nR + C_v}{C_v}$$

$$\Rightarrow C_v \gamma = nR + C_v$$

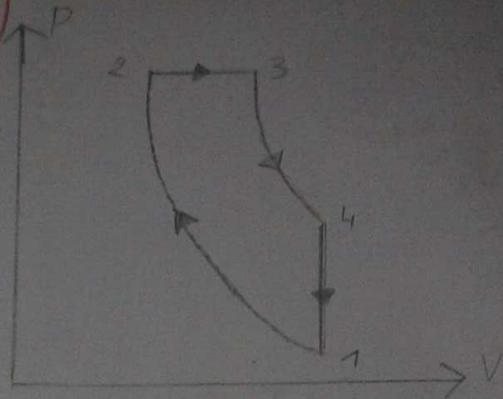
$$\Rightarrow C_v (\gamma - 1) = nR$$

$$C_v = \frac{nR}{\gamma - 1}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_p = \gamma \cdot C_v$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{\gamma nR}{\gamma - 1}$$

1) Exercice



* le cycle est moteur car le parcours est effectué dans le sens horaire

Like : www.facebook.com/allouistdtp

2) $P_1 V_1 = nRT_1$
 $V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} \quad (n=1)$

$$V_1 = \frac{8,32 \times 300}{10^5}$$

$$V_1 = 0,025 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 25 \text{ l}$$

3) $P_2 V_2^\gamma = P_1 V_1^\gamma$
 $P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = P_1 a^\gamma$

$$P_2 = P_1 a^\gamma$$

$$P_3 = P_2 \Rightarrow P_3 = P_1 a^\gamma$$

$$P_4 V_4^\gamma = P_3 V_3^\gamma = P_1 a^\gamma V_3^\gamma$$

$$\Rightarrow P_4 = P_1 a^\gamma \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^\gamma$$

$$P_4 = P_1 \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma$$

4) $V_2 = \frac{V_1}{a}$

$V_3 = \frac{V_4}{b} = \frac{V_1}{b}$

$V_3 = \frac{V_1}{b}$

$V_4 = V_1$

5) $Q_{12} = 0$

$$Q_{23} = \int C_p dT = C_p (T_3 - T_2)$$

$$= C_p \left(\frac{P_3 V_3}{R} - \frac{P_2 V_2}{R} \right)$$

$$= \frac{C_p P_2}{R} (V_3 - V_2)$$

$$= \frac{C_p P_2}{R} \left(\frac{V_1}{b} - \frac{V_1}{a} \right)$$

$$= \frac{C_p P_2 V_1}{R} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

$$= \frac{C_p P_1 a^\gamma V_1}{R} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

$$= C_p a^\gamma T_1 \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

$Q_{23} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} a^\gamma T_1 \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$

$Q_{23} = 42.08 \text{ KJ}$

$Q_{34} = 0$

$$Q_{41} = \int C_v dT = C_v (T_1 - T_4)$$

$$= C_v \left(\frac{P_1 V_1}{R} - \frac{P_4 V_4}{R} \right)$$

$$= \frac{C_v V_1}{R} (P_1 - P_4)$$

$$= \frac{C_v V_1}{R} P_1 \left(1 - \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma \right)$$

$$= T_1 \cdot C_v \left(1 - \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma \right)$$

$Q_{41} = \frac{R}{\gamma - 1} T_1 \left(1 - \left(\frac{a}{b} \right)^\gamma \right)$

$Q_{41} = -22.81 \text{ KJ}$

6) $W_{12} = - \int P dv = - P_1 V_1^\gamma \int_1^2 \frac{dv}{v^\gamma}$

$$= - P_1 V_1^\gamma \left[\frac{V^{1-\gamma}}{1-\gamma} \right]_{V_1}^{V_2}$$

$$= - P_1 V_1^\gamma \left(\frac{V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma} \right)$$

$$= \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{1-\gamma} = \frac{P_1 V_1 - P_1 a^\gamma \cdot \frac{V_1}{a}}{1-\gamma}$$

$W_{12} = \frac{P_1 V_1}{1-\gamma} (1 - a^{\gamma-1})$

$W_{12} = 8.79 \text{ KJ}$

$W_{23} = - \int_2^3 P dv = - P_2 \int_2^3 dv$

$$= - P_2 (V_3 - V_2)$$

$$= P_1 a^\gamma (V_2 - V_3) = P_1 a^\gamma \left(\frac{V_1}{a} - \frac{V_1}{b} \right)$$

$$= P_1 a^\gamma V_1 \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

$W_{23} = R T_1 a^\gamma \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$

$W_{23} = -12.02 \text{ KJ}$

Like: www.facebook.com/allcourstdtp

$$\begin{aligned}
 W_{34} &= - \int_3^4 P dv = - P_3 V_3^\gamma \int_3^4 \frac{dv}{v^\gamma} \\
 &= P_3 V_3^\gamma \frac{V_3^{1-\gamma} - V_4^{1-\gamma}}{1-\gamma} \\
 &= \frac{P_3 V_3 - P_4 V_4}{1-\gamma} \\
 &= \frac{P_1 a^\gamma V_1 / b - P_1 \left(\frac{a}{b}\right)^\gamma V_1}{1-\gamma}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{P_1 V_1}{1-\gamma} \left(\frac{a^\gamma}{b} - \left(\frac{a}{b}\right)^\gamma \right)$$

$$W_{34} = \frac{RT_1}{1-\gamma} \cdot a^\gamma \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{b^\gamma} \right)$$

$$W_{34} = -16,03 \text{ kJ}$$

$$W_{41} = 0$$

$$* \Delta U_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}} + W_{\text{cycle}}$$

$$= (42,08 - 22,87) + (8,79 - 12,02 - 16,03)$$

$$= 0$$

$$\Delta U_{\text{cycle}} = 0$$

$$7) \Delta S_{12} = \int \frac{\delta Q}{T} = 0$$

$$\Delta S_{12} = 0$$

$$\Delta S_{23} = \int \frac{\delta Q}{T} = C_p \int \frac{dT}{T}$$

$$= \frac{\gamma R}{\gamma-1} \left[\ln T \right]_{T_2}^{T_3}$$

$$= \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \frac{T_3}{T_2}$$

$$= \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \frac{P_3 V_3 / R}{P_2 V_2 / R} = \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \frac{V_3}{V_2}$$

$$= \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \frac{V_1 / b}{V_1 / a}$$

$$\Delta S_{23} = \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \left| \frac{a}{b} \right|$$

$$\Delta S_{23} = 32 \text{ J}$$

$$\Delta S_{34} = 0$$

$$\Delta S_{41} = \int \frac{\delta Q}{T} = C_v \int \frac{dT}{T}$$

$$= \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{T_1}{T_4} = \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{P_1 V_1 / R}{P_4 V_4 / R}$$

$$= \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{P_1}{P_4} = \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{P_1}{P_1 \left(\frac{a}{b}\right)^\gamma}$$

$$\Delta S_{41} = \frac{R}{\gamma-1} \ln \left(\frac{b}{a} \right)^\gamma$$

$$\Delta S_{41} = -32 \text{ J}$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = 32 - 32$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = 0$$

$$8) \eta = 1 - \frac{|\Phi_{n1}|}{\Phi_{23}} = 1 - \frac{22,81}{42,08}$$

$$\eta = 45,18\%$$

$$9) \eta = 1 - \frac{|\Phi_{n1}|}{\Phi_{23}}$$

$$= 1 + \frac{\Phi_{n1}}{\Phi_{23}}$$

$$= 1 + \frac{\frac{r}{r-1} \cdot T_1 \cdot (1 - (\frac{a}{b})^n)}{\frac{r}{r-1} \cdot T_1 \cdot (\frac{1}{b} - \frac{1}{a})}$$

$$= 1 + \frac{1 - (\frac{a}{b})^n}{1 - (\frac{a}{b})^n}$$

$$= 1 + \frac{1 - (\frac{a}{b})^n}{1 - (\frac{a}{b})^n}$$

$$= 1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{a^{-r} (1 - (\frac{a}{b})^n)}{b^{-r} - a^{-r}}$$

$$= 1 + \frac{1}{r} \cdot \frac{a^{-r} - b^{-r}}{b^{-r} - a^{-r}}$$

$$= 1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{b^{-r} - a^{-r}}{b^{-r} - a^{-r}}$$

$$= 1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{b^{-r} - a^{-r}}{b^{-r} - a^{-r}}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{r} \cdot \frac{b^{-r} - a^{-r}}{b^{-r} - a^{-r}}$$



START

Cours-TD-TP
Site internet éducatif

J'aime S'abonner Message

Journal À propos Photos Mentions J'aime Vidéos



Cours-TD-TP

3 434 personnes aiment Cours-TD-TP

Module social Facebook

Powered by Jasper Roberts Consulting - Wlogal

<https://www.facebook.com/allcourstdtp>