Université Moulay Ismail
FST-Errachidia
Département Sciences de l'Ingénieur
Responsable : Pr. SARA TEIDJ

Année Universitaire : 2025/2026
Filière : GP,GC,GI,MSD,MIP (S1)
Section 1

Contrôle de Thermodynamique (Session Normale)

Durée : 2h

NB : Les questions de chaque exercice peuvent être traitées indépendamment

Questions de cours (3 points)

Au cours d'une transformation élémentaire réversible, une mole de gaz parfait passe de l'état (P, V, T) à l'état $(P + dP, V + dV, T + dT)$

1. Rappeler les deux lois de Joule.
2. Monter que la quantité de chaleur élémentaire mise en jeu, peut s'écrire :

$$\delta Q = C_v\, dT + PdV$$

Exercice 1 (3 points)

On mélange $m_1 = 500g$ d'eau à $t_1 = 15°C$ et $m_2 = 200g$ d'eau à $t_2 = 60°C$.

Quelle est la température finale d'équilibre t_f ?

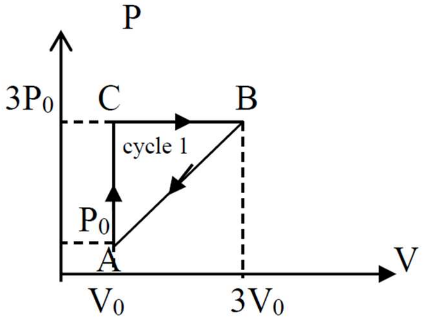
On donne : chaleur massique de l'eau $c_0 = 1$ cal/g.°C.

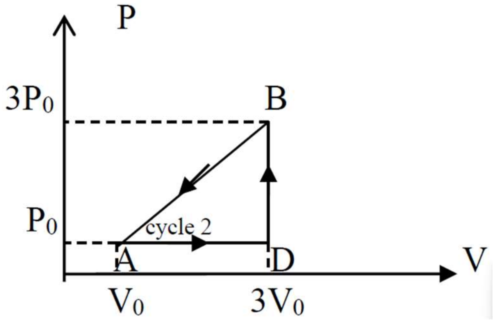
Exercice 2 (14 points)

On considère une mole d'un gaz parfait effectuant l'un ou l'autre des deux cycles (1) et (2) représentés ci-dessous.

Toutes les transformations sont supposées réversibles.

L'état initial, pour les deux cycles est représenté par le point $A(P_0, V_0, T_0)$.





1. Calculer les températures des états représentés par les points C, D et B en fonction de T_0.
2. Pour le gaz parfait considéré, on donne la chaleur molaire à volume constant $C_v = \frac{3}{2} R$.

a. À partir de la relation de Mayer, déterminer la valeur de la chaleur molaire à pression constante C_p.
b. Calculer les quantités de chaleur échangée ainsi que les travaux des quatre transformations AC, CB, AD, et DB. Exprimer ces grandeurs en fonction de T_0 et R, et préciser le signe dans chaque cas.
c. En déduire la variation de l'énergie interne lorsque l'on passe suivant une droite de B à A, pour chaque cycle. Conclusion.

3. Sachant que l'équation de la droite AB s'écrit $P = \frac{P_0}{V_0} V$, calculer le travail et la quantité de chaleur échangée lors de passage de B à A en fonction de T_0 et R.
4. Quel est le signe du travail total dans chacun des deux cycles ? Calculer sa valeur en fonction de T_0 et R et indiquer lequel des deux cycles correspond à un moteur thermique.

Bonne chance

Corrigé de Contrôle 2025/2026

Thermodynamique

Questions de cours : (3 pts)

1. Les deux lois de Joule :

1re loi : L'énergie interne d'un Gaz Parfait ne dépend que de la température : $dU = C_v\, dT$ (1 pt)

2ème loi : l'enthalpie d'un Gaz parfait ne dépend que de la température : $dH = C_p . dT$ (1 pt)

2) Le 1er Principe de la Thermodynamique :

$$dU = \delta W + \delta Q$$

$$\delta Q = dU - \delta W$$

avec $dU = C_v\, dT$ et $\delta W = -P\, dV$

alors $\delta Q = C_v\, dT + P\, dV$ (1 pt)

Ex : 1 (3 pts)

La température finale t_f :

$Q_1 = m_1\, c_0\, (t_f - t_1)$ (1 pt) La quantité de chaleur que la masse m_1 absorbe pour augmenter sa température t_1 à t_f.

$Q_2 = m_2\, c_0\, (t_f - t_2)$ (1 pt) La quantité de chaleur cédée par la masse m_2 pour sa température passe de t_2 à t_f.

à l'equilibre thermique :

(2)

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 c_0 (t_f - t_1) + m_2 c_0 (t_f - t_2) = 0$$

$$t_f = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} \quad (0,75\,pt)$$

AN : $t_f = \frac{500 \times 15 + 200 \times 60}{500 + 200} = 27,85°C$ (0,25 pt)

<u>Exo 2</u>

1) la temperature au point C :

une mol de G.P : $P_c V_c = R T_c \Rightarrow T_c = \frac{P_c V_c}{R}$

on a : $P_c = 3 P_0$ et $V_c = V_0$

Alors $T_c = \frac{3 P_0 V_0}{R} = 3 T_0$ (0,5 pt)

la temperature au point D :

$P_D V_D = R T_D \Rightarrow T_D = \frac{P_D V_D}{R}$

on a : $P_D = P_0$ et $V_D = 3 V_0$

Alors $T_D = \frac{P_0 . 3V_0}{R} = 3 T_0$ (0,5 pt)

la temperature au point B :

$P_B V_B = R T_B \Rightarrow T_B = \frac{P_B V_B}{R}$

on a : $P_B = 3 P_0$ et $V_B = 3 V_0$

Alors $T_B = \frac{3 P_0 . 3 V_0}{R} = 9 T_0$ (0,5 pt)

2) a) Pour un G.P ; $C_v = \frac{3}{2} R$

D'après la relation de Mayer : $C_p - C_v = R$ (0,5pt)

Alors $C_p = R + C_v \Rightarrow C_p = R + \frac{3}{2} R$

$C_p = \frac{5}{2} R$ ✓ (0,5pt)

b) Les quantités de chaleur échangées :

$Q_{AC} = ?$

on a la transformation est isochore ; $V = cte$

$\delta Q = C_v \, dT \Rightarrow Q_{AC} = C_v (T_C - T_A)$

$Q_{AC} = \frac{3}{2} R (3T_0 - T_0) = \frac{3}{\cancel{2}} R \cancel{2} . T_0$

$Q_{AC} = 3 R T_0 > 0$ ✓ (0,5 pt)

$W_{AC} = ?$

La transformation est isochore, $V = cte \Rightarrow dV = 0 \Rightarrow W_{AC} = 0$ ✓ (0,5pt)

$Q_{CB} = ?$

on a la transformation est isobare : $P = 3P_0$

$\delta Q = C_p \, dT \Rightarrow Q_{CB} = C_p (T_B - T_C)$

$Q_{CB} = \frac{5}{2} R (9T_0 - 3T_0) = \frac{5}{2} R . 6 T_0$

$Q_{CB} = 15 R T_0 > 0$ ✓ (0,5 pt)

$W_{CB} = ?$ (4

on a : $\delta W = - P\,dV = -3P_0\,dV$

$$W_{CB} = -3P_0 \int_B^C dV = -3P_0(V_B - V_C)$$

$$W_{CB} = -3P_0(3V_0 - V_0) = -3P_0(2V_0) = -6P_0V_0$$

$$W_{CB} = -6RT_0 < 0 \checkmark (0,5pt)$$

$Q_{AD} = ?$

La transformation est isobare : $P = cte$.

$$\delta Q = C_p\,dT \Rightarrow Q_{AD} = C_p(T_D - T_A)$$

$$Q_{AD} = \frac{5}{2}R(3T_0 - T_0) = \frac{5}{\cancel{2}}R\cancel{2}T_0$$

$$Q_{AD} = 5RT_0 > 0 \checkmark (0,5pt)$$

$W_{AD} = ?$

$$\delta W = -P\,dV = -P_0\,dV$$

Alors $W_{AD} = -P_0 \int_A^D dV = -P_0(V_D - V_A)$

$$W_{AD} = -P_0(3V_0 - V_0) = -P_0 2V_0$$

$$W_{AD} = -2RT_0 < 0 \checkmark (0,5pt)$$

$Q_{DB} = ?$

La transformation est isochore : $V = cte$

$$\delta Q = C_V\,dT \Rightarrow Q_{DB} = C_V(T_B - T_D)$$

$$Q_{DB} = \frac{3}{2}R(9T_0 - 3T_0) = \frac{3}{2}R(6T_0)$$

$$Q_{DB} = 9RT_0 > 0 \checkmark (0,5pt)$$

$W_{DB} = ?$

La transformation est isochore, $V = cte \Rightarrow dV = 0$

$$\Rightarrow W_{DB} = 0 \quad (0,5\ pt)$$

c) La variation de l'energie interne ($B \to A$) :?

$\Delta U_{BA} = ?$

Pour le cycle 1 :

D'après le 1er Principe : $\Delta U_{cycle} = 0 \Rightarrow \Delta U_{AC} + \Delta U_{CB} + \Delta U_{BA} = 0$

$$\Rightarrow W_{AC} + Q_{AC} + W_{CB} + Q_{CB} + \Delta U_{BA} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U_{BA} = -(W_{AC} + Q_{AC} + W_{CB} + Q_{CB})$$

$$\Delta U_{BA} = -(0 + 3RT_0 - 6RT_0 + 15RT_0)$$

$$\Delta U_{BA} = -12RT_0 \quad (1\ pt)$$

Pour le cycle 2 :

D'après le 1er Principe : $\Delta U_{cycle} = 0 \Rightarrow \Delta U_{AD} + \Delta U_{DB} + \Delta U_{BA} = 0$

$$\Rightarrow W_{AD} + Q_{AD} + W_{DB} + Q_{DB} + \Delta U_{BA} = 0$$

$$\Delta U_{BA} = -(W_{AD} + Q_{AD} + W_{DB} + Q_{DB})$$

$$\Delta U_{BA} = -(-RT_0 + 5RT_0 + 0 + 9RT_0)$$

$$\Delta U_{BA} = -12RT_0 \quad (1\ pt)$$

Conclusion : la variation de l'energie interne ne depend pas du chemin suivi $\Rightarrow$ U est une fonction d'état (0,5 pt)

$\Rightarrow$ dU est une differentielle totale exacte

(AB) est une droite : $P = \frac{P_0}{V_0} V$ 6

$W_{BA} = ?$

$\delta W = -P\,dV = -\frac{P_0}{V_0} V\,dV$

$W_{BA} = -\int_B^A \frac{P_0}{V_0} V\,dV = -\frac{P_0}{V_0}\int_B^A V\,dV = -\frac{P_0}{V_0}\left[\frac{V^2}{2}\right]_B^A$ (1pt)

$W_{BA} = -\frac{P_0}{V_0}\left(\frac{V_0^2 - 9V_0^2}{2}\right) = -\frac{P_0}{V_0}\left(\frac{-8V_0^2}{2}\right) = +4P_0V_0$

$W_{BA} = 4RT_0 > 0$ ✓ (1pt)

$Q_{BA} = ?$

$\Delta U_{BA} = W_{BA} + Q_{BA}$ (1pt)

$Q_{BA} = \Delta U_{BA} - W_{BA}$

$Q_{BA} = -12RT_0 - 4RT_0$

$Q_{BA} = -16RT_0 < 0$ ✓ (1pt)

4) le cycle 1 = le cycle est décrit dans le sens des aiguilles d'une montre $\Rightarrow W_{cycle\,1} < 0$ (0,5pt) $\Rightarrow$ c'est un moteur.

$W_{cycle\,1} = W_{AC} + W_{CB} + W_{BA}$ (1pt)

$W_{cycle\,1} = 0 - 6RT_0 + 4RT_0 \Rightarrow W_{cycle\,1} = -2RT_0 < 0$ ✓

le cycle 2 = le cycle est décrit dans le sens trigonométrique $\Rightarrow W_{cycle\,2} > 0$ (0,5pt)

$W_{cycle\,2} = W_{AD} + W_{DB} + W_{BA} = -2RT_0 + 0 + 4RT_0 = 2RT_0 > 0$ ✓ (1pt)

le cycle 1 correspond à un cycle moteur car $W_{cycle\,1} < 0$