



Section A – 1° SM (علوم المادة)	Année Universitaire: 2019/2020
Module de Chimie 2	Série de TD N° 02

Exercice 01 : Un mélange (air-essence) subit une transformation de l'état (1) à l'état (2) suivant trois chemins différents (a, b et c) avec :

La 1^{ère} transformation est isochore puis isobare (chemin a), la 2^{ème} est isobare puis isochore (chemin b) et la 3^{ème} est telle que $PV=cste$ (chemin c).

Etat (1) : $P_1 = 1 \text{ bar}$; $V_1 = 3 \text{ l}$

Etat (2) : $P_2 = 3 \text{ bar}$; $V_2 = 1 \text{ l}$

- 1) Représenter les trois transformations en coordonnées de Clapeyron.
- 2) Calculer ΔU entre l'état (1) et l'état (2).
- 3) Calculer le travail dans les trois cas et déduisez les chaleurs échangées; sont-elles reçues ou cédées par le système?

Exercice 02 : Un réchauffeur est traversé par un débit horaire de 1000 kg d'air qui, entrant à +15 °C, sort chauffé à 75 °C, sous une pression constante de 10 bars absolus.

Calculer :

- 1°/ la variation d'énergie interne du gaz
- 2°/ la chaleur absorbée par son échauffement
- 3°/ le travail fourni par sa dilatation.

L'air sera supposé sec et l'on prendra $\gamma = 1,4$ et $r = 287,1 \text{ J/kg.deg}$.

Exercice 03 : Une masse d'air de 1 kg prise dans l'état initial 1 (1bar, 17°C) subit les transformations suivantes :

- a) compression adiabatique réversible 1-2 jusqu'à la pression $P_2 = 10 \text{ bars}$;
- b) détente isobare 2-3 au cours de laquelle le gaz reçoit une quantité de chaleur $Q = 100 \text{ kcal/kg}$;
- c) détente isotherme 3-4 jusqu'à la pression initiale ;
- d) compression isobare 4-1 jusqu'à l'état initial.

1°/ Déterminer les paramètres (p , V , T) de l'air a chaque point du cycle.

2°/ Représenter le cycle 1-2-3-4 sur le diagramme de Clapeyron (p , V).

3°/ Calculer le travail échangé le long de chacune des transformations partielles.

4°/ Déduire le travail total échangé avec le milieu extérieur

5°/ Déterminer la quantité de chaleur échangée le long du cycle.

On donne : $C_p=0,244 \text{ kcal/kg.deg}$; $C_V=0,175 \text{ kcal/kg.deg}$; $\gamma=1,4$; $r=287,1 \text{ J/kg.deg}$

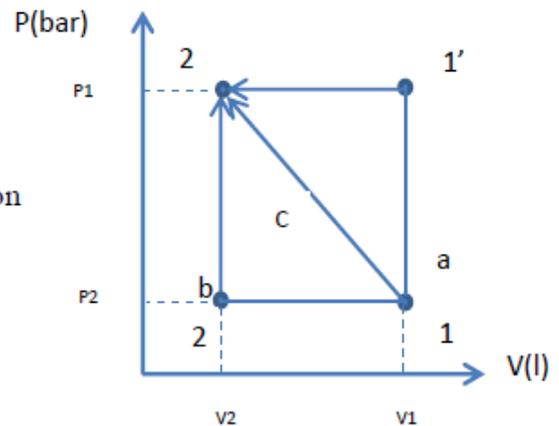
Exercice 01 :

1) $P = f(V)$: Diagramme de Clapeyron

2) $\Delta U = ?$

ΔU ne dépend pas du chemin suivi car c'est une fonction d'état ; donc :

$\Delta U = \Delta Q = n C_p \Delta T = 0 J$; (selon le chemin C où la transformation est isotherme)



3) Calcul des travaux au cours des trois chemins (a, b et c) :

- Pour le chemin (a) :

$$W_a = W_{11'} + W_{1'2} = -P_2 (V_2 - V_1')$$

$$W_{11'} = 0 \text{ (isochore)} \quad \text{et} \quad W_{1'2} \text{ (isobare)}$$

$$W_a = -P_2 (V_2 - V_1') = -P_2 (V_2 - V_1) = P_2 (V_1 - V_2) \Rightarrow W_a = 3 \cdot 10^5 (3 - 1) 10^{-3} = 600 J$$

- Pour le chemin (b) :

$$W_b = W_{12'} + W_{2'2} = -P_1 (V_2' - V_1)$$

$$W_{2'2} = 0$$

$$W_b = -P_1 (V_2' - V_1) = -P_1 (V_2 - V_1) = P_1 (V_1 - V_2) \Rightarrow W_b = 10^5 (3 - 1) 10^{-3} = 200 J$$

- Pour le chemin (c) :

$$W_c = - \int_1^2 P dV = - \int_1^2 n R T \frac{dV}{V} = n R T \ln \frac{V_1}{V_2} = P_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow W_c = 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \ln 3 = 327 J$$

Les quantités de chaleur pour les chemins a, b et c : Puisque $\Delta U = 0$ donc ; $W = -Q$ et :

$$Q_a = -600 J < 0; \quad Q_b = -200 J < 0; \quad Q_c = -327 J < 0; \quad \text{c'est des chaleurs perdues.}$$

Remarque :

D'après cet exercice, on prouve qu'effectivement la variation de l'énergie interne est une fonction d'état qui ne dépend que de l'état initial et l'état final, par contre le travail et la quantité de chaleur ne sont pas des fonctions d'état qui dépend réellement du chemin suivi.

Exercice 02 :

1°/ La variation de l'énergie interne du gaz :

$$\Delta U_{1-2} = m.c_v.(T_2 - T_1) = m \frac{r}{\gamma - 1} (T_2 - T_1) = 1000 \frac{287,1.(348 - 288)}{1,4 - 1} = 43065 \text{ kJ/h.}$$

2°/ La chaleur absorbée par l'échauffement du gaz :

$$Q_{1-2} = m.c_p.(T_2 - T_1) = m \frac{r.\gamma}{\gamma - 1} (T_2 - T_1) \quad Q_{1-2} = 1000 \cdot \frac{287,1 \cdot 1,4}{0,4} (348 - 288) = 60291 \text{ kJ/h.}$$

3°/ Le travail fourni par la dilatation du gaz : Le volume d'air entré dans le réchauffeur,

$$V_1 = \frac{m.r.T_1}{p_1} = \frac{1000.287,1.288}{10.10^5} = 82,685 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le volume d'air sortant du réchauffeur,

$$V_2 = V_1 \frac{T_2}{T_1} = 82,685 \cdot \frac{348}{288} = 99,911 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$W_{1-2} = p.(V_2 - V_1) = m.r(T_2 - T_1) = 1000.287,1.(348 - 288) = 17226 \text{ kJ/h.}$$

Exercice 03 :

1°/ Détermination des variables (p , V , T) aux différents point du cycle

Transformation 1-2 : (compression adiabatique) :

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$\text{Et } p_1.V_1 = m.r.T_1$$

On a les données suivantes :

$$p_1 = 1 \text{ bar} ; T_1 = 17^\circ\text{C}$$

$$V_1 = \frac{m.r.T_1}{p_1} = \frac{1.287,1.290,16}{1.10^5} = 0,833 \text{ m}^3.$$

Transformation 2-3 : (détente isobare) :

On a $p_2 = p_3 = 10 \text{ bars}$ et $Q_{2-3} = 100 \text{ kcal/kg}$ (quantité de chaleur reçue)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 290,16.(10)^{\frac{0,4}{1,4}} = 553 \text{ K.}$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = 0,833 \cdot \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{1}{1,4}} = 0,16 \text{ m}^3.$$

$$Q_{2-3} = m.c_p.(T_3 - T_2) = 418000 \text{ J/kg}$$

$$T_3 = \frac{100}{1,0,244} + 553 = 962,82 \text{ K.} \quad p_3 \cdot V_3 = mr \cdot T_3$$

$$V_3 = \frac{mrT_3}{p_3} = \frac{1,287 \cdot 1,962,82}{10 \cdot 10^5} = 0,28 \text{ m}^3$$

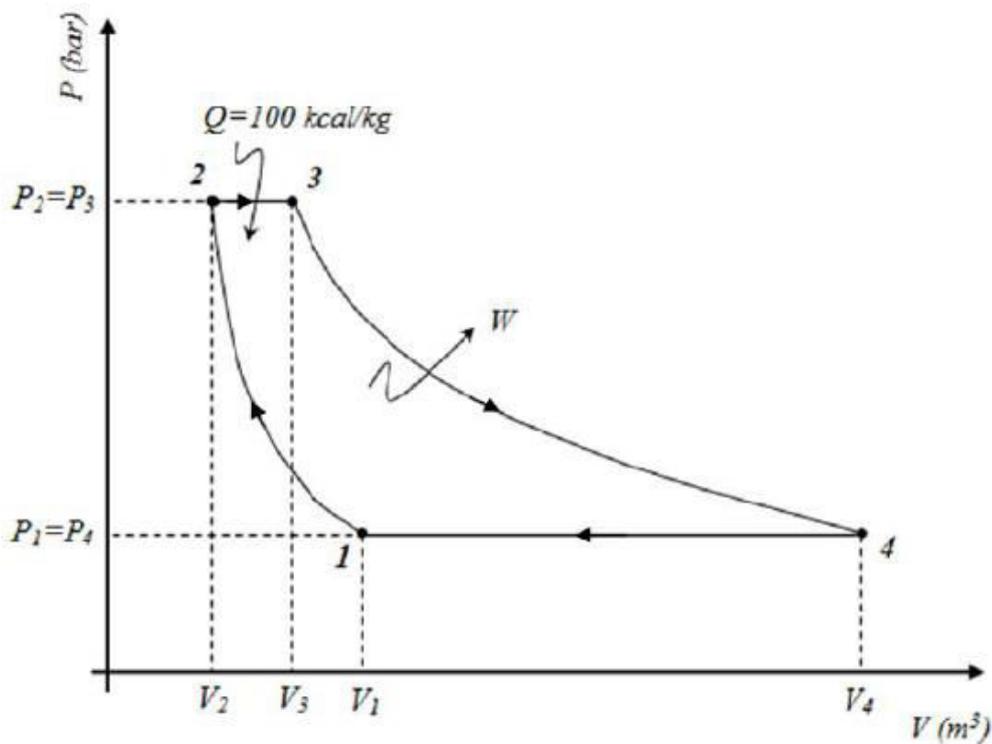
Transformation 3-4 : (détente isotherme) : On a : $T_3 = T_4$ Il vient donc :

$$T_4 = 962,82 \text{ K.} \quad p_3 \cdot V_3 = mrT_3 = mrT_4 = p_4 \cdot V_4$$

$$V_4 = \frac{10 \cdot 10^5 \cdot 0,28}{10^5} = 2,8 \text{ m}^3$$

Transformation 4-1 : (compression isobare) : $p_4 = p_1 = 1 \text{ bar.}$

2°/ Représentation du cycle de transformations :



3°/ Calcul du travail lors de chaque évolution :

$$W_{1-2} = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} = \frac{10 \cdot 0,159 - 1 \cdot 0,832}{0,4} \cdot 10^5 = 194360 \text{ J/kg.}$$

$$W_{2-3} = -p_2(V_3 - V_2) = -10 \cdot 10^5(0,323 - 0,159) = -164000 \text{ J/kg.}$$

$$W_{3-4} = p_3 \cdot V_3 \cdot \ln\left(\frac{p_4}{p_3}\right) = -743740 \text{ J/kg.}$$

$$W_{4-1} = -p_1(V_1 - V_4) = -10^5(0,833 - 3,224) = 239200 \text{ J/kg.}$$

4°/ Le travail total échangé avec le milieu extérieur:

$$W_{Total} = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} + W_{4-1}$$

$$W_{Total} = 194360 - 164000 - 743740 + 239200 = -474180 \text{ J/kg.}$$

5°/ La quantité de chaleur échangée le long du cycle:

Le gaz étant revenu à son état initial, on a donc :

$$\Delta U_{cycle} = Q_{Cycle} + W_{Total} = 0$$

$$\text{Alors : } Q_{Cycle} = -W_{Total} = 474180 \text{ J/kg.}$$

$$Q_{Cycle} = 113,291 \text{ kcal/kg.}$$