

Série N°1 (Gaz parfait - 1^{ier} principe de la thermodynamique)

EX 1. A la température $t = 22^{\circ}\text{C}$ et à la pression $P = 752 \text{ mm Hg}$, une quantité déterminée d'air occupe un volume de 8200 litres. En supposant qu'elle se comporte comme un gaz parfait, calculer le volume d'air dans les conditions normales et calculer la valeur de la constante R des gaz parfaits.

EX 2. 1m^3 d'air (supposé gaz parfait) à la pression $P_1 = 10 \text{ atm}$ subit une détente, à température constante ; la pression finale est $P_2 = 1\text{atm}$.

Déterminer le travail échangé par le gaz avec le milieu extérieur au cours de cette détente, ainsi que la quantité de chaleur échangée avec le milieu extérieur.

EX 3. On chauffe un récipient contenant 6gr d'hydrogène (gaz supposé parfait) dont la température s'élève de 15°C à 30°C . Calculer :

- 1- La variation d'énergie interne du gaz au cours de cet échauffement.
- 2- La quantité de chaleur reçue par le gaz si ce dernier a fourni un travail de 264 joules.

On donne : $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mole}^{-1}$, $C_v = 20.8 \text{ JK}^{-1}\text{mole}^{-1}$

EX 4. Une mole d'oxygène occupant un volume de 10L à 25°C , occupera un volume de 50L à 100°C . Calculer la quantité de chaleur reçue, le travail effectué ainsi que la variation d'énergie interne du système au cours de ce processus, la dilatation ayant eu lieu de deux façons suivantes :

- 1- A volume constant, le gaz a été chauffé jusqu'à 100°C . Il a ensuite subit une dilatation réversible isotherme jusqu'à ce qu'il occupe un volume de 50L.
- 2- Par dilatation réversible isotherme, le gaz a été détendu jusqu'à ce qu'il occupe un volume de 50L, puis il a été chauffé jusqu'à 100°C à volume constant. Le gaz est supposé parfait, $C_p = 6.5 \text{ cal K}^{-1} \text{ mole}^{-1}$

Série 1 (Solution)

EX 1.

PV = nRT (gaz parfait)

$$P_0 \cdot V_0 / T_0 = P_1 \cdot V_1 / T_1 \Rightarrow V_0 = V_1 \cdot (P_1 \cdot T_0) / (P_0 \cdot T_1)$$

$$V_0 = 8200 \times (752 \times 273.15) / (295.15 \times 760)$$

$$V_0 = \mathbf{7509 \text{ litres}}$$

Pour 1 mole : R = P₀V₀/T₀ = 1 x 22.4 / 273.15 = 0.082 L.atm.K⁻¹.mol⁻¹

1 atm = 1.01325 bar = 1.01325 x 10⁵ Pascal = **1.01325 x 10⁵ N/m²**

1 L = 10⁻³ m³ ; 1 N.m = 1 joule

R = 0.082 x 10⁻³ x 1.01325 x 10⁵ = 8.314 J.K⁻¹.mol⁻¹ **R = 8.314 J.K⁻¹.mol⁻¹**

1 cal = 4.18 J; R = 8.314/4.18 = 1.987 cal.K⁻¹.mol⁻¹ **R = 1.987 cal.K⁻¹.mol⁻¹**

EX 2. P₁ = 10 atm, P₂ = 1atm

$$\delta W = - \int_1^2 P dV = - \int_1^2 nRT dV/V = - nRT \ln (V_2/V_1) \Rightarrow W = -P_1 V_1 \ln (V_2/V_1)$$

Comme la transformation est isotherme (T = Cst) on a :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ alors } V_2 / V_1 = P_1 / P_2$$

$$W_{1-2} = - P_1 V_1 \ln (V_2/V_1) = -P_1 V_1 \ln (P_1/P_2)$$

$$= -10 \times 10^5 \times 1 \times \ln (10/1)$$

$$W_{1-2} = \mathbf{-2.3 \times 10^6 \text{ Joules} = -2300 \text{ Kjoule,}}$$

(W < 0) ⇒ le gaz a cédé un travail au milieu extérieur

T : constante ⇒ ΔU = U₂-U₁ = 0 ; Comme ΔU = W + Q (1^{ier} principe)

$$W + Q = 0 \text{ et } \mathbf{Q = -W = +2300 \text{ Kj}}$$

(Q > 0) ⇒ le gaz a reçu une quantité de chaleur égale au travail cédé.

EX 3. M (H₂) = 6 gr ; T₁ = 15°C ; T₂ = 30°C ; **W = -264 J** (car il est fourni)

ΔU = ? ; Q = ?

$$dU = nC_v dT = \int_{T_1}^{T_2} nC_v dT$$

$$\Delta U = nC_v (T_2 - T_1) = m/M \times C_v (T_2 - T_1) \quad n = m/M$$

$$\Delta U = 3 \times 20.8 (15) = \mathbf{936 \text{ J}}$$

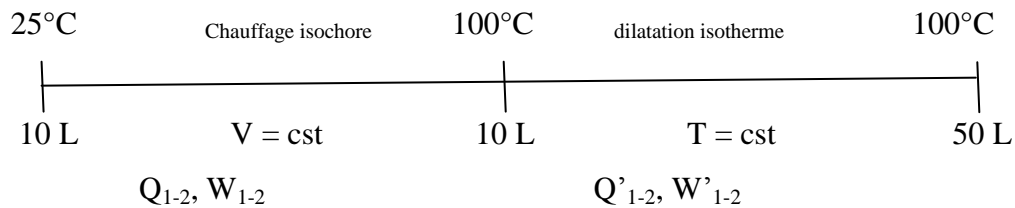
ΔU = Q + W (1^{ier} principe)

$$Q = \Delta U - W$$

$$Q = 936 - (-264) = \mathbf{1200 \text{ J}}$$

$$Q = 1200 / 4.18 = \mathbf{287 \text{ cal}}$$

EX 4. 1) - Chauffage isochore puis dilatation isotherme :



- **Chauffage isochore jusqu'à 100°C (V = cst) :**

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

$$= C_v dT - (-PdV)$$

Comme V = cst, dV = 0 \Rightarrow **W₁₋₂ = 0**

$$\delta Q = dU = C_v dT$$

$$Q_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT = C_v (T_2 - T_1)$$

Comme Cp - Cv = R \Rightarrow Cv = Cp - R

Alors : $\Delta U = Q_{1-2} = (C_p - R) (T_2 - T_1)$

$$= (6.5 - 1.987) \times (100 - 25) = 337.5 \text{ Cal}$$

$\Delta U = Q_{1-2} = 337.5 \text{ Cal}$

- **Dilatation réversible isotherme (T = constante) :**

T : constante \Rightarrow dT = 0 alors $\Delta U = 0$

$$\Delta U = Q'_{1-2} + W'_{1-2} = 0 \Rightarrow \mathbf{Q'_{1-2} = -W'_{1-2}}$$

$$W'_{1-2} = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = - nRT \int_{V_1}^{V_2} dV/V$$

$$= -nRT \ln (V_2/V_1)$$

$$= -1 \times 1.987 \times 373 \times \ln (50/10)$$

W'_{1-2} = - 1192.8 Cal

Q'_{1-2} = -W'_{1-2} = +1192.8 Cal

- **La quantité de chaleur totale consommée sera Qt:**

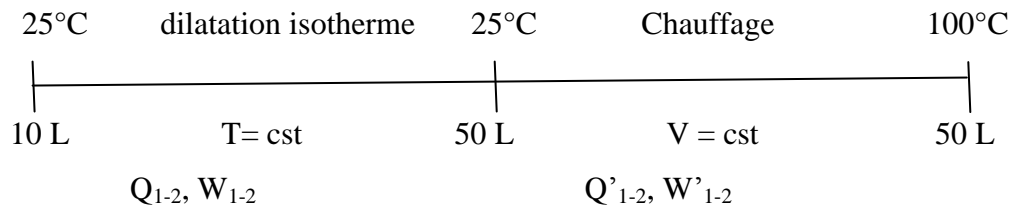
$$Q_{\text{totale}} = Q_{1-2} + Q'_{1-2} = 337.5 + 1192.8 = \mathbf{1530.3 \text{ Cal}}$$

$$= \Delta U_{(1)} + \Delta U_{(2)} = 337.5 + 0$$

$\Delta U_{\text{Système}} = 337.5$ ou bien

$$\Delta U_{\text{Système}} = Q_t + W_t = 1530.3 + (-1192.8) = \mathbf{337.5 \text{ Cal}}$$

2)- Dilatation isotherme puis chauffage isochore



Dilatation isotherme (T= constante):

T : constante $\Rightarrow dT = 0$ alors $\Delta U = 0$

$\Delta U = Q_{1-2} + W_{1-2} = 0 \Rightarrow Q_{1-2} = -W_{1-2}$

$W_{1-2} = - \int_{V_1}^{V_2} P dV = -nRT \int_{V_1}^{V_2} dV/V = -nRT \ln (V_2/V_1)$

$W_{1-2} = - 1 \times 1.987 \times 298 \ln (50/10) = -953 \text{ Cal} \qquad \qquad \qquad \mathbf{W_{1-2} = - 953 \text{ Cal}}$

$Q_{1-2} = -W = + 953 \text{ Cal}$

Chauffage à volume constant:

V = constante $\Rightarrow dV = 0$; $\delta W = -PdV$ alors $W'_{1-2} = 0$

$\Delta U = Q'_{1-2} + W'_{1-2}$ (1^{ier} principe) $\Rightarrow \Delta U = Q'_{1-2}$

$Q'_{1-2} = \Delta U = nC_v (T_2 - T_1)$ Comme $C_p - C_v = R$ alors $C_v = C_p - R$
 $= n \times (C_p - R) \times (T_2 - T_1)$

$Q'_{1-2} = \Delta U = 1 \times (6.5 - 1.987) \times (100 - 25)$

$Q'_{1-2} = \Delta U = 337.5 \text{ Cal} \qquad \qquad \qquad \mathbf{\Delta U_{totale} = 337.5 \text{ Cal}}$

$Q_{Totale} = Q_{1-2} + Q'_{1-2}$

$Q_{Totale} = 953 + 337.5 = 1290.5 \text{ Cal} \qquad \qquad \qquad \mathbf{Q_{Totale} = 1290.5 \text{ Cal}}$

$W_{total} = W_{1-2} + W'_{1-2}$

$W_{total} = - 953 + 0 = - 953 \text{ Cal} \qquad \qquad \qquad \mathbf{W_{total} = - 953 \text{ Cal}}$

Tableau récapitulatif des résultats obtenus:

	ΔU (Cal)	Q (Cal)	W (Cal)
1^{ere} voie	337.5	1531.53	-1193
2^{ieme} voie	337.5	1290.5	-953

Les résultats obtenus que **l'énergie interne est une fonction d'état** (elle ne dépend pas du chemin suivi, elle ne dépend que de l'état initial et de l'état final). Par contre, le travail et la quantité de chaleur ne sont pas des fonctions d'état.