

## ETLD DE CHIMIE 2

### Exercice 1 : (04 points)

Trois récipients contiennent respectivement l'hydrogène, l'oxygène et l'azote dans les conditions indiquées dans le tableau ci-dessous ( $R = 0,0821 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 1,987 \text{ cal} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

Composés	Masse molaire (g/mole)	Volume (l)	Pression (atm)	Température ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\text{H}_2$	2	2,250	0,329	20
$\text{O}_2$	32	5,500	0,329	20
$\text{N}_2$	28	1,400	1,000	0

- Calculer la masse de chaque gaz supposé parfait.
- On mélange ces gaz dans un récipient de volume égal à 18,5 litres à la température de  $0^{\circ}\text{C}$ . Calculer les fractions molaires, les pressions partielles et la pression totale.

### Exercice 2 : (04 points)

Un calorimètre contient 150,000 g d'eau à  $20^{\circ}\text{C}$ . On ajoute 50,000 g d'eau à  $60^{\circ}\text{C}$ .

- Quelle est la température finale d'équilibre, si on néglige la capacité thermique du calorimètre ?
- Si la température d'équilibre mesurée est de  $30^{\circ}\text{C}$ , déterminer la valeur en eau du calorimètre.

### Exercice 3 : (04 points)

Quelle est la variation d'entropie lorsqu'on transforme un gramme de glace à  $-10^{\circ}\text{C}$  en vapeur d'eau à  $100^{\circ}\text{C}$  et sous une pression de 1 bar.

Données :  $C_p(\text{glace}) = 2,105 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$C_p(\text{eau}) = 75,330 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$\Delta H(\text{fusion}) = 6,010 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

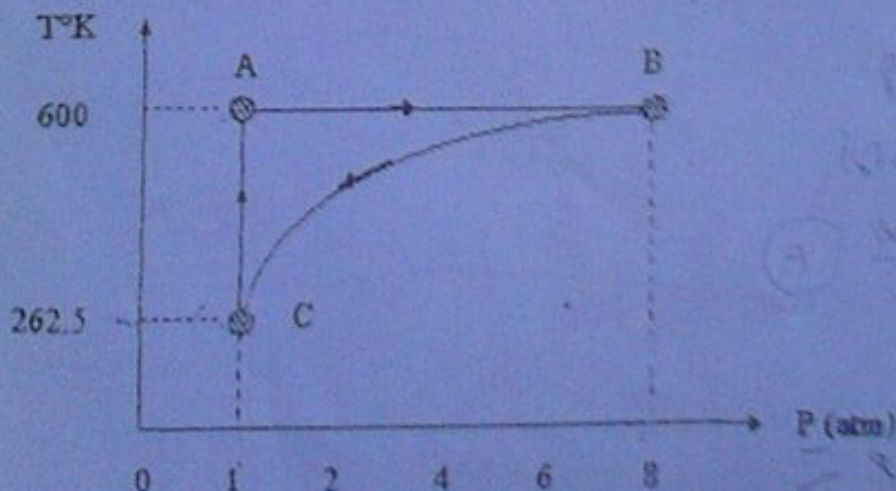
$\Delta H(\text{vaporisation}) = 40,656 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

### Exercice 4 : (08 points)

26 g d'Hélium (gaz parfait) subissent le cycle de transformations représenté sur le graphique ci-dessous.

- Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron (P,V).
- Déterminer W, Q,  $\Delta U$  et  $\Delta H$  pour chacune de ces transformations. Déduire  $\Delta U_{\text{cycle}}$  et  $\Delta H_{\text{cycle}}$ .

Données :  $\gamma = 1,660$  He = 4 g/mole  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$



Bon courage



$$PV = nRT = \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{M \cdot PV}{RT} \quad (0,25)$$

masse d'oxygène :  $m_{O_2} = \frac{M_{O_2} \cdot P_{O_2} \cdot V_{O_2}}{RT_{O_2}} = \frac{32 \times 9380 \times 2,250}{9082 \times 293,15} = 0,06177 \approx 0,06$

masse d'azote :  $m_{N_2} = \frac{M_{N_2} \cdot P_{N_2} \cdot V_{N_2}}{RT_{N_2}} = \frac{28 \times 900 \times 4,000}{9082 \times 293,15} = 1,7509$

1) Fractions molaires, Pressions partielles et pression totale  
 Température =  $0^\circ C = 273,15 \text{ K}$   $V_{\text{mélange}} = 18,5 \text{ litres}$

Fractions molaires :  $X_i = \frac{n_i}{n_{\text{total}}}$

$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = \frac{0,062}{32} = 0,00194 \text{ mole}$	$X_{H_2} = \frac{0,031}{0,110} = 0,282$
$n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} = \frac{1,751}{28} = 0,06254 \text{ mole}$	$X_{O_2} = \frac{0,002}{0,110} = 0,0018$
$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} = \frac{2,416}{2} = 1,208 \text{ mole}$	$X_{N_2} = \frac{0,063}{0,110} = 0,573$
$n_{\text{total}} = n_{O_2} + n_{N_2} + n_{H_2} = 0,00194 + 0,06254 + 1,208 = 1,2725 \text{ mole}$	

2) Pressions partielles :  $P_i V_{\text{mélange}} = n_i R T_{\text{mélange}} \Rightarrow P_i = \frac{n_i R T_{\text{mélange}}}{V_{\text{mélange}}}$

$P_{O_2} = \frac{n_{O_2} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,00194 \times 9082 \times 273,15}{18,5} = 0,0325 \approx 0,038 \text{ atm}$

$P_{N_2} = \frac{n_{N_2} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,06254 \times 9082 \times 273,15}{18,5} = 0,092 \text{ atm}$

$P_{H_2} = \frac{n_{H_2} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1,208 \times 9082 \times 273,15}{18,5} = 0,046 \text{ atm}$

3) Pression totale :  $P = \sum P_i = P_{O_2} + P_{N_2} + P_{H_2}$

$P = 0,038 + 0,092 + 0,046 = 0,176 \text{ atm}$

ou bien :  $P \cdot V = n_{\text{total}} \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n_{\text{total}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1,2725 \times 9082 \times 273,15}{18,5} = 0,176 \text{ atm}$



$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$C_{\text{eau}}$

$$t_2 = 60^\circ\text{C}$$

$C_{\text{eau}}$

4) Température finale d'équilibre lorsque  $C_{\text{eau}}$  du calorimètre est négligeable

$$Q_1 = m_1 C_{\text{eau}} (t_f - t_1) \quad (0,25) \quad \sum Q_i = 0$$

$$Q_2 = m_2 C_{\text{eau}} (t_f - t_2) \quad (0,25)$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \text{ soit : } m_1 C_{\text{eau}} (t_f - t_1) + m_2 C_{\text{eau}} (t_f - t_2) = 0 \quad (0,5)$$

$$t_f = \frac{m_1 C_{\text{eau}} t_1 + m_2 C_{\text{eau}} t_2}{m_1 C_{\text{eau}} + m_2 C_{\text{eau}}} = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$$

$$t_f = \frac{(150 \times 20) + (50 \times 60)}{150 + 50} = \frac{3000 + 3000}{200} = 30^\circ\text{C} = 303,15^\circ\text{K} \quad (1)$$

Détermination de la valeur en eau du calorimètre lorsque  $t_f - t_1 = 27^\circ\text{C}$

Sous ce cas :  $Q_1' = (m_1 + m) C_{\text{eau}} (t_f - t_1) \quad (0,25) \quad \sum Q_i = 0$

$Q_2 = m_2 C_{\text{eau}} (t_f - t_2) \quad (0,25) \quad \text{avec } m = \text{valeur en eau du calorimètre.}$

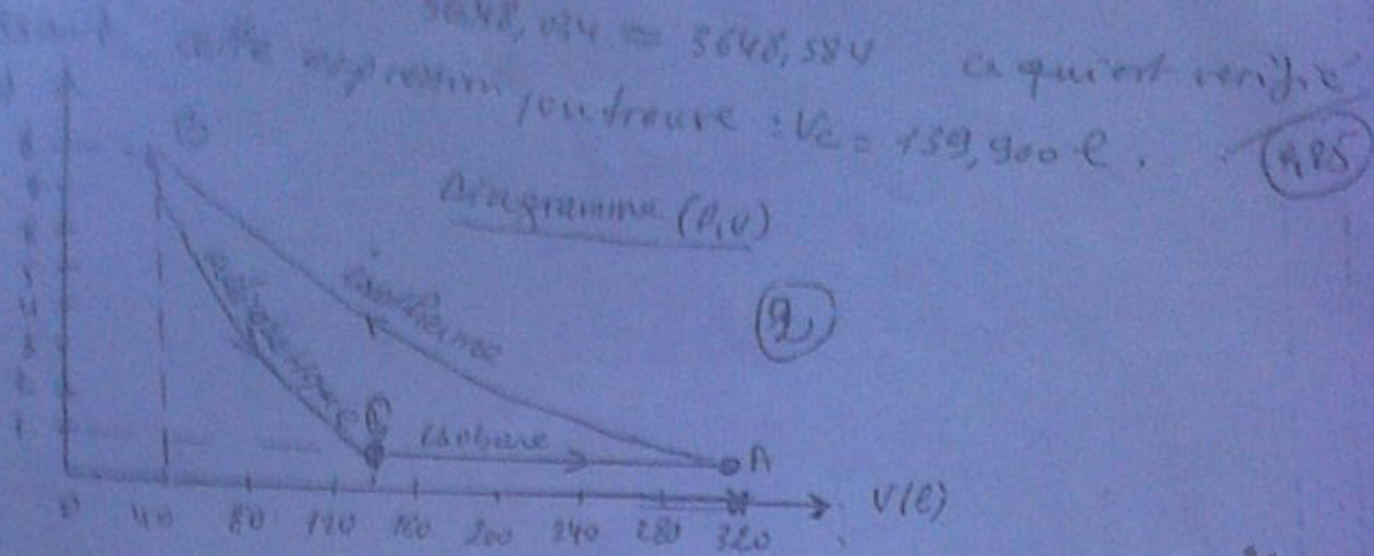
$$Q_1' + Q_2 = 0 \text{ soit : } (m_1 + m) C_{\text{eau}} (t_f - t_1) + m_2 C_{\text{eau}} (t_f - t_2) = 0 \quad (0,5)$$

$$m_1 + m = \frac{m_2 C_{\text{eau}} (t_2 - t_f)}{C_{\text{eau}} (t_f - t_1)} = \frac{m_2 (t_2 - t_f)}{t_f - t_1}$$

$$m = \frac{m_2 (t_2 - t_f)}{t_f - t_1} - m_1 = \frac{50(60 - 27)}{27 - 20} - 150 = \frac{50 \times 33}{7} - 150$$

$$m = 235,714 - 150 = 85,714 \text{ g} \quad (1)$$





calculer de  $W$ ,  $Q$ ,  $\Delta U$  et  $\Delta H$  pour chacune de ces transformations

Transformation isotherme : A  $\rightarrow$  B

$$W_{AB} = - \int_{V_A}^{V_B} P dV = - nRT \ln(V_B/V_A) = - (6,5) \times (8,314) \times \ln\left(\frac{320}{40}\right) = + 67425,060 \text{ J}$$

$$\Delta U_{AB} = Q_{AB} + W_{AB} = 0 \Rightarrow Q_{AB} = -W_{AB} = -67425,060 \text{ J}$$

$$\Delta H_{AB} = \Delta U_{AB} = 0 \quad (\text{loi de Joule})$$

Transformation adiabatique : B  $\rightarrow$  C

$$Q_{BC} = 0$$

$$C_p = n C_v (T_C - T_B) = \frac{P_C V_C - P_B V_B}{\gamma - 1} \quad \left| \begin{array}{l} \frac{P_C}{P_B} = \gamma \\ \frac{V_C}{V_B} = R \end{array} \right. \Rightarrow C_v = \frac{R}{\gamma - 1} = \frac{8,314}{(1,6 - 1)} = 12,597 \text{ J/K}$$

$$W_{BC} = C_v n (T_C - T_B) = 6,5 \times 12,597 (262,5 - 600) = -27634,669 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = W_{BC} + Q_{BC} = -27634,669 \text{ J}$$

$$\Delta H_{BC} = n C_p (T_C - T_B) = 6,5 \times 20,911 (262,5 - 600) = -45873,506 \text{ J}$$

Transformation isochore : C  $\rightarrow$  A

$$W_{CA} = - \int_{V_C}^{V_A} P dV = - P (V_A - V_C) = - 1 \times 10^{13} (319,8 - 139,913) \times 10^{-6} = -18222,553 \text{ J}$$

$$\Delta H_{CA} = n C_p (T_A - T_C) = 6,5 \times 20,911 (600 - 262,5) = +45873,506 \text{ J}$$

$$W_{CA} = n C_v (T_A - T_C) = 6,5 \times 12,597 (600 - 262,5) = +27634,669 \text{ J}$$

calculer de  $\Delta U$ ,  $W$  et  $\Delta H$  cycle

$$\Delta U_{cycle} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = 0 - 27634,669 + 27634,669 = 0$$

$$\Delta H_{cycle} = \Delta H_{AB} + \Delta H_{BC} + \Delta H_{CA} = 0 - 45873,506 + 45873,506 = 0$$