

## Examen de rattrapage de chimie 2

### Exercice N° 1 (11 points)

Une mole d'un gaz parfait, initialement à l'état 1 dans les conditions normales de température et de pression (CNTP), subit les 04 transformations réversibles suivantes :

- \*-Une compression adiabatique (1 → 2) jusqu'à  $T_2 = 150\text{ °C}$
- \*-Un refroidissement isobare (2 → 3) jusqu'à  $T_3 = 77\text{ °C}$
- \*-Une détente isochore (3 → 4) jusqu'à  $T_4 = 0\text{ °C}$ .
- \*-Un retour à l'état initial (4 → 1) par une détente isotherme.

Questions:

- 1- Déterminer les coordonnées (P, V, T) des différents états 1, 2, 3 et 4.
  - 2- Calculer (en joule) pour chaque transformation, les grandeurs suivantes : Q, W,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ .
  - 3- vérifier le 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique, pour tout le cycle
- On donne :  $R = 0,082\text{ L.atm/mol.K} = 8,314\text{ J.mole.K}$        $\gamma = 1,4$

### Exercice N° 2 (09 points)

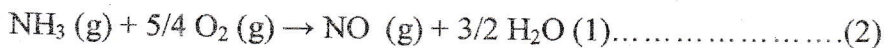
4 Soit la réaction (1) de formation de l'ammoniac gazeux  $\text{NH}_3(\text{g})$ , a  $T_1 = 298\text{ K}$  et  $P = \text{Constante}$ .



Questions : 1-Calculer l'enthalpie de formation de  $\text{NH}_3$  gazeux.  
Données : énergie de formation de liaisons

$$E_{\text{N=N}} = -940,5\text{ KJ/mole. } E_{\text{H=H}} = -432,2\text{ KJ/mole. } E_{\text{N-H}} = -526,60\text{ KJ/mole.}$$

2-La combustion à  $T_1 = 298\text{ K}$  et  $P = \text{Constante}$  et de  $\text{NH}_3(\text{g})$  est accompagnée par un dégagement de l'énergie qui est égale à  $1226,4\text{ KJ/mole}$  Suivant la réaction (2)



Questions 2.1-Calculer l'enthalpie de formation de  $\text{NO}(\text{g})$  a  $T_1 = 298\text{ K}$ .

2.2-Calculer la chaleur de combustion de la réaction(2) à  $T_2 = 348\text{ K}$ .

Données :  $C_{p(\text{NH}_3)\text{g}} = 35,10\text{ J/mole.K. } C_{p(\text{O}_2)\text{g}} = 29,4\text{ J/mole.K.}$

$C_{p(\text{NO})\text{g}} = 37,85\text{ /mole.K. } C_{p(\text{H}_2\text{O})\text{gaz}} = 33,6\text{ J/mole.K.}$

$C_{p(\text{H}_2\text{O})\text{liq}} = 75,3\text{ J/mole.K. } \Delta H_{\text{formation}}(\text{H}_2\text{O})\text{liq} = -285,5\text{ KJ/mole.}$

*Handwritten notes in red ink:*  
4 y 72.2 K. 08  
3300.5897

CORRIGE DE L'EXAMEN DE  
RATTRAPAGE DE CHIMIE C2

EXERCICE N°1: (11 Points)

Coordonnées (P, V, T) des Etats 1, 2, 3, 4:

5) A l'état 1, le gaz parfait est donc dans les CNT qui correspondent à  $T_1 = 0^\circ\text{C} = 273,15\text{ K}$  et  $P_1 = 1\text{ atm}$ . Pour  $n = 1\text{ mole}$  on a  $V_1 = 22,4\text{ litres}$  (0,25)

\* Etape 1  $\rightarrow$  2 : adiabatique  $Q_1^2 = 0$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow V_2 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} V_1 \quad (0,25) \quad V_2 = 1,334\text{ litres} \quad (0,25)$$

$$* P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} \quad P_2 = 103,85\text{ atm} \quad (0,25)$$

\* Etape 2  $\rightarrow$  3 : P = constante;  $\frac{V}{T} = \text{constant}$ .

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow V_3 = \left(\frac{T_3}{T_2}\right) V_2 \quad (0,25) \quad V_3 = 0,276\text{ litres} \quad (0,25)$$

\* Etape 4  $\rightarrow$  1 : T = constante; PV = constant

$$P_4 V_4 = P_1 V_1 \rightarrow P_4 = \left(\frac{V_1}{V_4}\right) P_1 \quad (0,25) \quad P_4 = 81,16\text{ atm}$$

2) Calcul des Energies W, Q,  $\Delta U$  et  $\Delta H$ . (0,25)

Etape 1  $\rightarrow$  2 : adiabatique  $Q_1^2 = 0\text{ joule}$ .

$$W_1^2 = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} = \frac{nR(T_2 - T_1)}{\gamma - 1} \quad (0,25) \quad W_1^2 = +3116,25\text{ J} \quad (0,25)$$

$$\Delta U_1^2 = W_1^2 \quad (0,25) \quad \Delta U_1^2 = +3116,25\text{ joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_1^2 = nC_p(T_2 - T_1) = \gamma \Delta U_1^2 \quad \text{avec } C_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} = 29,085 \quad (0,25)$$

$$\Delta H_1^2 = +4362,75\text{ joule} \quad (0,25)$$

Etape 2  $\rightarrow$  3 : P = constant  $P_2 = P_3$ . (0,25)

$$W_2^3 = -P_2(V_3 - V_2) = +nR(T_2 - T_3) = +60663\text{ joule} \quad (0,25)$$

$$Q_2^3 = nC_p(T_3 - T_2) \Rightarrow Q_2^3 = -2123,205\text{ joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta U_2^3 = W_2^3 + Q_2^3 = nC_v(T_3 - T_2) \quad \text{avec } C_v = \frac{R}{\gamma - 1} = 20,775 \quad (0,25)$$

$$\Delta U_2^3 = -1516,575\text{ joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_2^3 = nC_p(T_3 - T_2) = \gamma \Delta U_2^3 \quad \Delta H_2^3 = -2123,205\text{ J} \quad (0,25)$$



Etape 3  $\rightarrow$  4 :  $V = \text{constant}$ .  $V_3 = V_4$ .

$$W_3^4 = \int -P dV = 0 \quad (0,25) \quad \Delta U_3^4 = Q_3^4 \quad (0,25)$$

$$\Delta U_3^4 = nC_v(T_4 - T_3) \quad (0,25) \quad \Delta U_3^4 = -1599,675 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_3^4 = nC_p(T_4 - T_3) = \Delta U_3^4 \quad (0,25) \quad \Delta H_3^4 = -2239,545 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

Etape 4  $\rightarrow$  1 :  $T = \text{constante}$   $\Delta U_4^1 = 0 \quad (0,25)$

$$W_4^1 = -nRT_1 \ln \frac{V_1}{V_4} = -9973,84 \text{ J} \quad (0,25) \quad \Delta H_4^1 = 0 \quad (0,25)$$

$$Q_4^1 = -W_4^1 \quad (0,25) \quad Q_4^1 = +9973,84 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

3] Verifier le 1<sup>er</sup> Principe

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

$$W_{\text{cycle}} = W_1^2 + W_2^3 + W_3^4 + W_4^1 \quad \text{NON Note} \quad (0,25)$$

$$W_{\text{cycle}} = +3116,25 + 6066,3 + 0 + (-9973,84) = -6250,96 \quad (0,25)$$

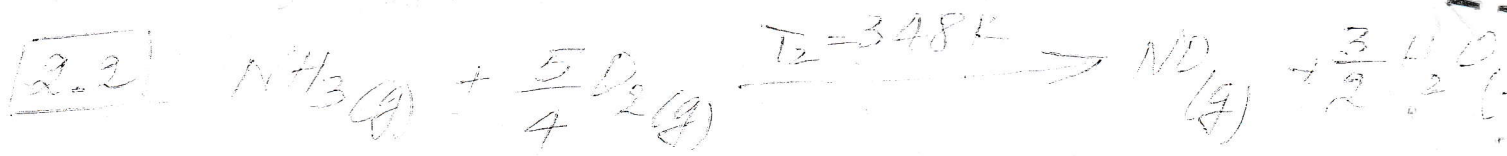
$$Q_{\text{cycle}} = Q_1^2 + Q_2^3 + Q_3^4 + Q_4^1 \quad \text{NON Note} \quad (0,25)$$

$$Q_{\text{cycle}} = 0 - 2123,205 - 1599,675 + 9973,84 = +6250,96 \quad (0,25)$$

$$\Delta U_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}} + W_{\text{cycle}} = +6250,96 - 6250,96 = 0 \quad (0,25)$$







NB: à  $T_2 = 348\text{K} = 75^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  est un liquide chaud  
 On applique la loi de Kirschoff.

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta(nC_p) dT \quad (0,5)$$

$$\Delta(nC_p) = \sum nC_p(\text{Prod}) - \sum (nC_p)_{\text{reactif}} \quad (0,5)$$

$$\Delta(nC_p) = \left[ C_p(\text{NO}) + \frac{3}{2} C_p(\text{H}_2\text{O}) \right] - \left[ C_p(\text{NH}_3) + \frac{5}{4} C_p(\text{O}_2) \right] \quad (0,5)$$

$$\Delta(nC_p) = + 78,95 \text{ J/K} \quad (0,5)$$

$$\Delta H_{348} = \Delta H_{298} + \int_{298}^{348} \Delta(nC_p) dT$$

$$\Delta H_{348} = - 1226,4 \cdot 10^3 \text{ joule} + \int_{298}^{348} 78,95 dT \quad (0,5)$$

$$\Delta H_{348} = - 1226400 + 78,95 (348 - 298)$$

$$\Delta H_{348} = - 118652,5 \text{ joule} \quad (0,5)$$

FIN

## Examen de Rattrapage - Chimie 2

### Exercice 1 (09 points)

Une mole d'un gaz parfait, initialement à l'état 1 ( $P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et  $V_1 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ ), subit un cycle de transformations réversibles successives suivantes :

- Un échauffement isobare qui double son volume de l'état 1 à l'état 2 ( $V_2 = 2V_1$ ).
- Une compression isotherme de l'état 2 à l'état 3.
- Un refroidissement isochore de l'état 3 à l'état 1.

1. Calculer les paramètres ( $P$ ,  $V$  et  $T$ ) des trois états (1, 2 et 3).
2. Représenter le cycle des transformations dans le diagramme de Clapeyron ( $P$ ,  $V$ ).
3. Calculer (en Joule) les grandeurs  $W$ ,  $Q$ ,  $\Delta U$  et  $\Delta H$  pour chaque transformation et pour l'ensemble du cycle.

Données :  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ;  $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,66$ .

### Exercice 2 (06 points)

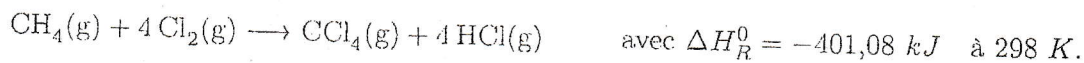
Un calorimètre et ses accessoires possèdent une capacité calorifique  $C$ .

1. Le calorimètre contenant une masse  $m_1 = 95 \text{ g}$  d'eau à la température  $\theta_1 = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , on lui ajoute une masse  $m_2 = 71 \text{ g}$  d'eau à la température  $\theta_2 = 50,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Après quelques instants, la température d'équilibre observée est  $\theta_{eq} = 31,3 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Calculer la valeur de la capacité thermique  $C$  du calorimètre. En déduire la masse en eau  $\mu$  équivalente au calorimètre.
2. Le même calorimètre contient maintenant  $m_3 = 100 \text{ g}$  d'eau à  $\theta_3 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ . On y plonge un glaçon de masse  $m_4 = 10 \text{ g}$  qui sort d'un congélateur à  $\theta_4 = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Déterminer la température d'équilibre  $\theta_{eq}$  sachant que la glace fond totalement ( $\theta_{eq} > 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Données : Chaleur massique de l'eau liquide :  $c_e = 4,185 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , Chaleur massique de la glace :  $c_g = 2,09 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , Chaleur latente de fusion de la glace :  $L_f = 334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

### Exercice 3 (05 points)

Il est possible d'obtenir du tétrachlorure de carbone ( $\text{CCl}_4$ ) à partir du méthane et du chlore selon la réaction suivante :



1. Calculer l'enthalpie standard de cette réaction à  $650 \text{ K}$ .
2. Calculer l'enthalpie standard molaire de formation de  $\text{CCl}_4(\text{g})$  à  $298 \text{ K}$ .
3. En déduire l'énergie de la liaison C-Cl.

Données : Les capacités calorifiques molaires  $c_p$  (en  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) à  $T = 298 \text{ K}$  pour  $\text{CH}_4(\text{g})$ ;  $\text{Cl}_2(\text{g})$ ;  $\text{CCl}_4(\text{g})$  et  $\text{HCl}(\text{g})$  sont respectivement égales à 35,71; 33,93; 83,51 et 29,12.

$\Delta H_f^0(\text{CH}_4(\text{g})) = -74,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_f^0(\text{HCl}(\text{g})) = -92,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  
 $\Delta H_{\text{sub}}^0(\text{C}(\text{g})) = 716,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta H_{\text{diss}}^0(\text{Cl}_2(\text{g})) = 242,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .



# Corrigé de l'examen de Rattrapage - 2018/2019 - Chimie 2

## Exercice 1 (09 points)

### 1. Les paramètres (P, V et T)

- État 1 : D'après loi des gaz parfaits  $P_1 V_1 = nRT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR}$  (0,25)

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \times 1,4 \cdot 10^{-2}}{1 \times 8,314} \Rightarrow T_1 = 336,781 \text{ K} \quad (0,25)$$

- État 2 : La transformation 1  $\rightarrow$  2 est isobare  $\Rightarrow P_2 = P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  (0,25)

$$V_2 = 2V_1 = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \quad (0,25)$$

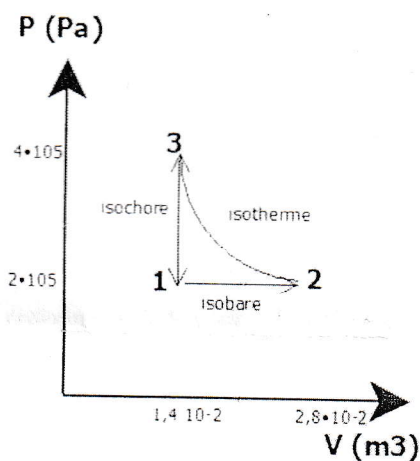
$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = 673,563 \text{ K} \quad (0,25)$$

- État 3 : La transformation 2  $\rightarrow$  3 est isotherme  $\Rightarrow T_3 = T_2 = 673,563 \text{ K}$  (0,25)

$$\text{La transformation 2} \rightarrow \text{3 est isochore} \Rightarrow V_3 = V_1 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \quad (0,25)$$

$$P_3 = \frac{nRT_3}{V_3} = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (0,25)$$

### 2. Diagramme de Clapeyron



(1)

### 3. Calcul de W, Q, ΔU et ΔH

- Transformation réversible isobare 1  $\rightarrow$  2 :

$$W_{12} = -P_1(V_2 - V_1) = -P_1 V_1 = -2800 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$Q_{12} = Q_p = \frac{\gamma(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\gamma - 1} = 7042,424 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$\Delta U_{12} = W_{12} + Q_{12} \text{ (premier principe de la thermodynamique)} \Rightarrow \Delta U_{12} = 4242,424 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$\Delta H_{12} = Q_p = 7042,424 \text{ J} \quad (0,25)$$

- Transformation réversible isotherme 2  $\rightarrow$  3 :

$$\Delta U_{23} = 0 \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{23} = 0 \quad (0,25)$$

$$W_{23} = -nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) = -P_2 V_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) = 3881,624 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} - W_{23} = -W_{23} = -3881,624 \text{ J} \quad (0,25)$$

- Transformation réversible isochore 3  $\rightarrow$  1 :

$$W_{31} = 0 \quad (0,25)$$

$$Q_{31} = Q_v = \frac{P_1 V_1 - P_3 V_3}{\gamma - 1} = \frac{-P_1 V_1}{\gamma - 1} = -4242,424 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$\Delta U_{31} = Q_v = -4242,424 \text{ J} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{31} = \gamma \Delta U_{31} = -7042,424 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

- Cycle :

$$W_{\text{cycle}} = \Sigma W = W_{12} + W_{23} + W_{31} = 1081,624 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$Q_{cycle} = \Sigma Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = -1081,624 \text{ J} \quad (0,25 \times 2)$$

$$\Delta U_{cycle} = 0 \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{cycle} = 0 \quad (0,25)$$

## Exercice 2 (06 points)

### 1. Capacité calorifique C du calorimètre

Le calorimètre et l'eau de masse  $m_1$  ( $20^\circ\text{C}$ ) reçoivent de la chaleur :  $Q_{reçue} = Q_{calorimètre} + Q_{eau(m_1)}$   $(0,25)$

$$Q_{calorimètre} = C(\theta_{eq} - \theta_1) \quad (0,25)$$

$$Q_{eau(m_1)} = m_1 c_e (\theta_{eq} - \theta_1) \quad (0,25)$$

$$Q_{reçue} = (C + m_1 c_e)(\theta_{eq} - \theta_1) \quad (0,25)$$

L'eau de masse  $m_2$  ( $50^\circ\text{C}$ ) cède de la chaleur :  $Q_{cédée} = Q_{eau(m_2)} = m_2 c_e (\theta_{eq} - \theta_2)$   $(0,25)$

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_{reçue} + Q_{cédée} = 0 \quad (0,25)$$

$$(C + m_1 c_e)(\theta_{eq} - \theta_1) + m_2 c_e (\theta_{eq} - \theta_2) = 0 \quad (0,25)$$

$$C = \frac{m_2 c_e (\theta_2 - \theta_{eq})}{\theta_{eq} - \theta_1} - m_1 c_e \quad (0,25)$$

$$C = 94,14 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \quad (0,25)$$

La masse en eau équivalente au calorimètre :  $C = \mu \cdot c_e \Rightarrow \mu = \frac{C}{c_e}$   $(0,25)$

$$\mu = \frac{94,14}{4,185} \Rightarrow \mu = 22,49 \text{ g} \quad (0,25)$$

### 2. La température d'équilibre

Le calorimètre et l'eau de masse  $m_3$  ( $15^\circ\text{C}$ ) cèdent de la chaleur à la glace :

$$Q_{cédée} = Q_{calorimètre} + Q_{eau(m_3)} \quad (0,25)$$

$$Q_{calorimètre} = C(\theta_{eq} - \theta_3) \quad (0,25)$$

$$Q_{eau(m_3)} = m_3 c_e (\theta_{eq} - \theta_3) \quad (0,25)$$

$$Q_{cédée} = (C + m_3 c_e)(\theta_{eq} - \theta_3) \quad (0,25)$$

La glace reçoit de la chaleur et passe par trois étapes :  $Q_{reçue} = Q_1 + Q_2 + Q_3$   $(0,25)$

• La température de la glace passe de  $\theta_4$  à  $0^\circ\text{C}$  :  $Q_1 = m_4 c_g (0 - \theta_4) = -m_4 c_g \theta_4$   $(0,25)$

• Fusion de la glace :  $Q_2 = m_4 \cdot L_f$   $(0,25)$

• La température de l'eau obtenue passe de  $0^\circ\text{C}$  à  $\theta_{eq}$  :  $Q_3 = m_4 c_e (\theta_{eq} - 0) = m_4 c_e \theta_{eq}$   $(0,25)$

$$Q_{reçue} = m_4 c_e \theta_{eq} - m_4 c_g \theta_4 + m_4 \cdot L_f \quad (0,25)$$

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_{reçue} + Q_{cédée} = 0 \quad (0,25)$$

$$m_4 c_e \theta_{eq} - m_4 c_g \theta_4 + m_4 L_f + (C + m_3 c_e)(\theta_{eq} - \theta_3) = 0 \quad (0,25)$$

$$\theta_{eq} = \frac{(C + m_3 c_e) \theta_3 + m_4 c_g \theta_4 - m_4 L_f}{(m_3 + m_4) c_e + C} \quad (0,25)$$

$$\text{On obtient : } \theta_{eq} = 6,9^\circ\text{C} \quad (0,25)$$

## Exercice 3 (05 points)

### 1. Enthalpie standard de cette réaction à $650\text{K}$

D'après la loi de KIRCHHOOF :  $\Delta H_R^0(T) = \Delta H_R^0(298\text{K}) + \int_{298\text{K}}^T \Delta(n c_p) dT$   $(0,5)$



$$\Delta(nc_p) = \sum(\nu c_p)_{\text{produits}} - \sum(\nu c_p)_{\text{réactifs}} \quad (0,25)$$

$$\Delta(nc_p) = [c_p(CCl_4) + 4c_p(HCl)] - [c_p(CH_4) + 4c_p(Cl_2)] \quad (0,25)$$

$$\Delta(nc_p) = 83,51 + 4(29,12) - 35,71 - 4(33,93)$$

$$\Delta(nc_p) = -28,56 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_R^0(650K) = -401,08 + 28,56(650 - 298)$$

$$\Delta H_R^0(650K) = -391,03 \text{ J} \quad (0,5)$$

## 2. Enthalpie standard de formation $CCl_4(g)$ à $298K$

D'après la deuxième loi de HESS :  $\Delta H_R^0(298K) = \sum(\nu \Delta H_f^0)_{\text{produits}} - \sum(\nu \Delta H_f^0)_{\text{réactifs}} \quad (0,25)$

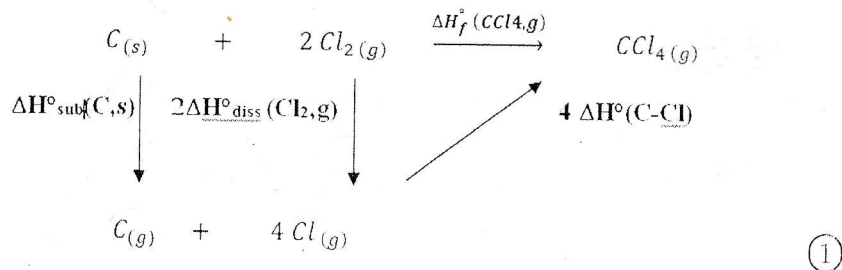
$$\Delta H_R^0(298K) = [\Delta H_f^0(CCl_4) + 4\Delta H_f^0(HCl)] - [\Delta H_f^0(CH_4) + 4\Delta H_f^0(Cl_2)] \quad (0,25)$$

$$\Delta H_f^0(CCl_4) = \Delta H_R^0(298K) - 4\Delta H_f^0(HCl) + \Delta H_f^0(CH_4) + 4\Delta H_f^0(Cl_2) \quad (0,25)$$

$$\Delta H_f^0(CCl_4) = -401,08 - 4(-92,3) + (-74,6) + 4(0)$$

$$\Delta H_f^0(CCl_4) = -106,48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (0,5)$$

## 3. Énergie de la liaison C-Cl ( $\Delta H^0(C-Cl)$ )



D'après la première loi de HESS :  $\Delta H_f^0(CCl_4) = \Delta H_{\text{sub}}^0(C_{(g)}) + 2\Delta H_{\text{diss}}^0(Cl_{2(g)}) + 4\Delta H^0(C-Cl) \quad (0,25)$

$$\Delta H^0(C-Cl) = \frac{1}{4} [\Delta H_f^0(CCl_4) - \Delta H_{\text{sub}}^0(C_{(g)}) - 2\Delta H_{\text{diss}}^0(Cl_{2(g)})] \quad (0,25)$$

$$\Delta H^0(C-Cl) = \frac{1}{4} [-106,48 - 716,7 - 2(242,6)]$$

$$\Delta H^0(C-Cl) = -327,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (0,5)$$

EXAMEN DE RATTRAPAGE DE CHIMIE 2

Exercice1 : (09 pts)

Une mole de gaz parfait contenue dans un cylindre décrit de manière quasi-statique et mécaniquement réversible un cycle ABCA.

- L'évolution AB est une compression isotherme (la température  $T_A = 301$  K et la pression  $P_A = 1$  bar).
- L'évolution BC est une dilatation isobare à la pression  $P_B = 5$  bar.
- L'évolution CA est un refroidissement isochore.

- 1- Calculer les valeurs numériques de  $V_A$ ,  $V_B$  et la température  $T_C$ .
- 2- Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V).
- 3- Calculer pour chaque étape W, Q,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$  et  $\Delta S$  mis en jeu.
- 4- Calculer le rendement du cycle.

**Données :**  $R = 8,314$  J/mol.K ;  $R = 0,082$  L.atm/mol.K;  $C_p = 29,1$  J/mol.K ;  $C_v = 20,78$  J/mol.K et  $\gamma = 1,4$  et  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Exercice2 : (6,5 pts)

Dans les conditions standards à  $25^\circ\text{C}$ , l'hydrogénation du benzène  $\text{C}_6\text{H}_6$  gaz conduit à la formation du cyclohexane  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  gaz selon la réaction suivante :



- 1- Calculer la variation d'enthalpie de la réaction à 298 K. Interpréter le signe de  $\Delta H_r$ .
- 2- Déterminer la variation d'enthalpie de la réaction à 373 K.
- 3- Calculer l'énergie de la liaison C=C dans le benzène gaz.

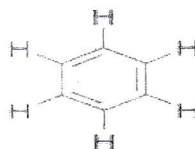
**Données :**

Composé	$\text{C}_6\text{H}_6(g)$	$\text{H}_2(g)$	$\text{C}_6\text{H}_{12}(g)$
$\Delta H^\circ_{\text{formation}} (298\text{K})$ en kJ/mol	82,9	0	-123,1
$C_p$ en J/ mol.K	81,7	28,6	106,3

Liaisons	H-H	C-H	C-C
$\Delta H^\circ_{\text{liaison}}$ en kJ/mol	-436	-415	-344

- Enthalpie de sublimation du carbone graphite :  $\Delta H^\circ_{\text{subli}}(\text{C})_s = 715$  kJ/mol

- Formule développée du benzène



Exercice3 : (4,5 pts)

Dans un calorimètre de capacité calorifique négligeable canetant 10 litres d'alcool à  $15^\circ\text{C}$ , on ajoute 8 litres d'eau à  $50^\circ\text{C}$ .

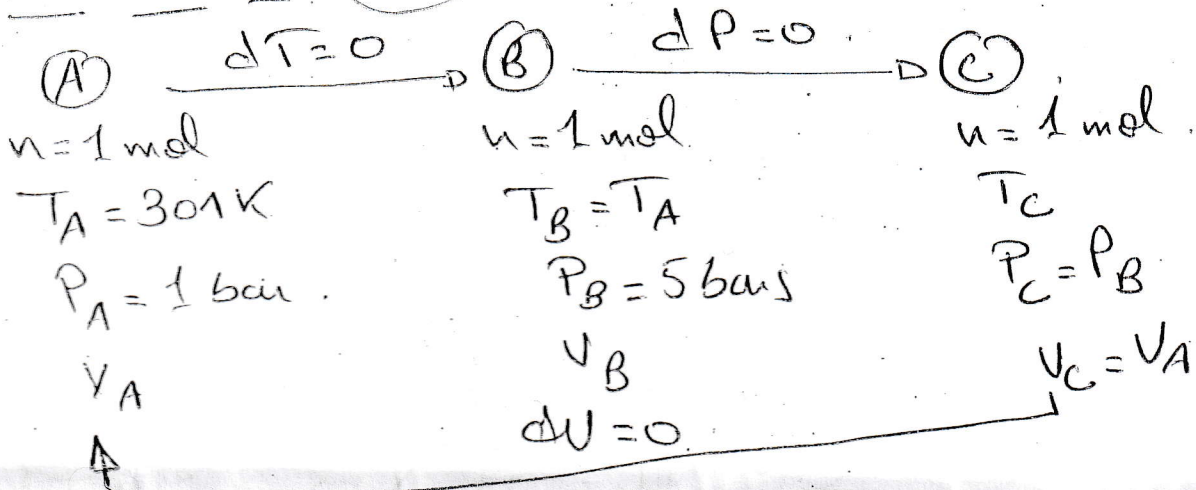
- 1- Calculer la température d'équilibre  $T_{\text{eq}}$ .
- 2- Quelle est la masse de la glace à  $0^\circ\text{C}$  qu'il faut ajouter au mélange précédant, pour que la nouvelle température d'équilibre  $T_{\text{eq}}$  soit égale à  $0^\circ\text{C}$ .

**Données :**  $C_p(\text{eau}) = 4,18$  J/g.K ;  $C_p(\text{alcool}) = 2,41$  J/g.K ;  $L_{\text{fus}}(\text{glace}) = 334,4$  J/g,  $\rho(\text{eau}) = 1$  kg /L et  $\rho(\text{alcool}) = 0,79$  kg/L.



Corrige de l'examen de  
rattrapage de chimie 2

Exercice 1: (3,00)



1)  $V_A$ ,  $V_B$  et  $T_C$

à l'état (A) :  $P_A V_A = n R T_A$  (0,25)  
 $V_A = \frac{n R T_A}{P_A} = \frac{1 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/molK} \times 301 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}}$

$V_A = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 25 \text{ l}$  (0,25)

$V_B = ?$

(A)  $\xrightarrow{dT=0}$  (B)

$dT=0 \Rightarrow P_A V_A = P_B V_B$

$V_B = V_A \cdot \frac{P_A}{P_B} = 25 \text{ l} \times \frac{10^5}{5 \cdot 10^5}$  (0,25)

$V_B = 5 \text{ l}$  (0,25)

$T_C = ?$

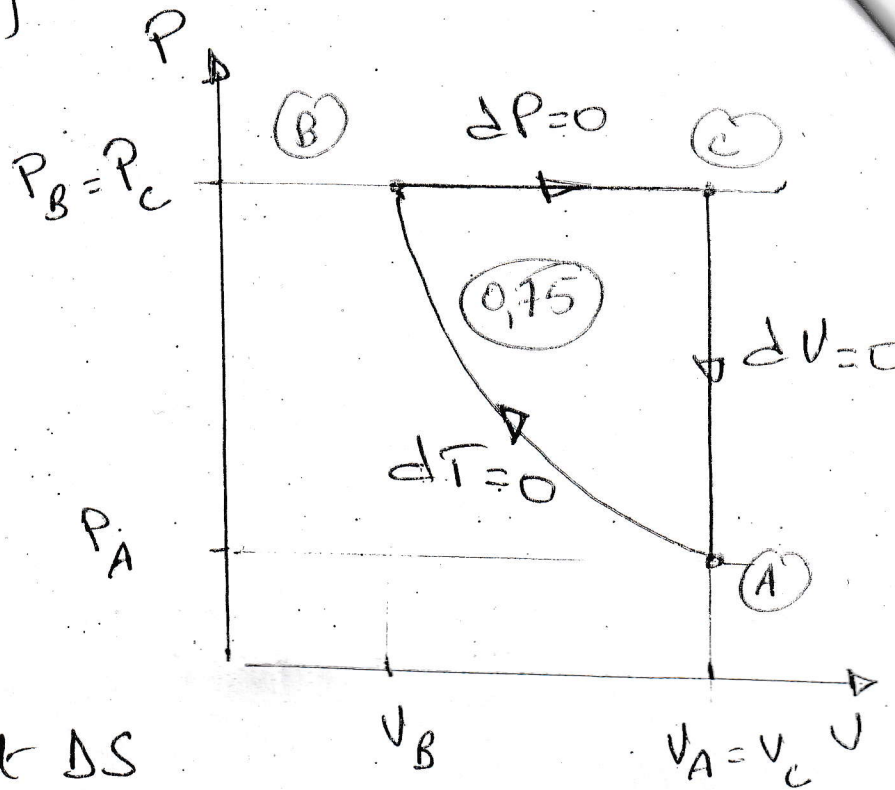
(C)  $\xrightarrow{dW=0}$  (A)

$dW=0 \Rightarrow \frac{T}{P} = \text{const}$

$\frac{T_C}{P_C} = \frac{T_A}{P_A} \Rightarrow T_C = T_A \frac{P_C}{P_A} = 301 \text{ K} \times \frac{5 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}}$  (0,25)

$T_C = 1505 \text{ K}$  (0,25)

2) Diagramme (P, V)



3)  $w, q, \Delta U, \Delta H$  et  $\Delta S$

(A)  $\xrightarrow{dT=0}$  (B)

$$w_{A-B} = -nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = -nRT_A \ln \frac{P_A}{P_B} \quad (0,25)$$

$$|w_{A-B} = +4027,64 \text{ Joule}| \quad (0,25)$$

$$\Delta U_{A-B} = nC_V(T_A - T_B) = 0 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta U_{A-B} = q_{A-B} + w_{A-B} = 0 \Rightarrow$$

$$q_{A-B} = -w_{A-B} \quad (0,25)$$

$$|q_{A-B} = -4027,64 \text{ Joule}| \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{A-B} = nC_P(T_B - T_A) = \gamma \Delta U_{A-B} \quad (0,25)$$

$$|\Delta H_{A-B} = 0 \text{ Joule}| \quad (0,25)$$

$$\Delta S_{A-B} = nR \ln \frac{V_B}{V_A} = nR \ln \frac{P_A}{P_B} = -13,38 \text{ J/K} \quad (0,25)$$

$$W_{B-C} = -P_B(V_C - V_B) \Rightarrow W = -10000 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta U_{B-C} = nC_V(T_C - T_B) = n \frac{R}{\gamma-1} (T_C - T_B)$$

$$\Delta U_{B-C} = 25025,14 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$Q_{B-C} = \Delta H_{B-C} = nC_P(T_C - T_B) = n \frac{\gamma R}{\gamma-1} (T_C - T_B)$$

$$Q_{B-C} = 35035,196 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{B-C} = 35035,196 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_{B-C} = nC_P \ln \frac{T_C}{T_B} = n \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \frac{T_C}{T_B} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_{B-C} = 46,833 \text{ Joule/K} \quad (0,25)$$

(C)  $\xrightarrow{W=0} (A)$   $W_{C-A} = -\int_{V_C}^{V_A} P dV = 0 \text{ Joule} \quad (0,25)$

$$\Delta U_{C-A} = Q_{C-A} = nC_V(T_A - T_C) = \frac{nR}{\gamma-1} (T_A - T_C) \quad (0,25)$$

$$Q_{C-A} = \Delta U_{C-A} = -25025,14 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta H_{C-A} = \gamma \Delta U_{C-A} = -35035,196 \text{ Joule} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_{C-A} = nC_V \ln \frac{T_A}{T_C} = n \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{T_A}{T_C} \quad (0,25)$$

$$\Delta S_{C-A} = -33,452 \text{ Joule/K} \quad (0,25)$$



4) Le rendement du cycle :

$$\eta = \frac{W_{\text{cycl}}}{Q_{\text{reue}}}$$

$$Q_{\text{reue}} = Q_{B-C} = 35035,196 \text{ J}$$

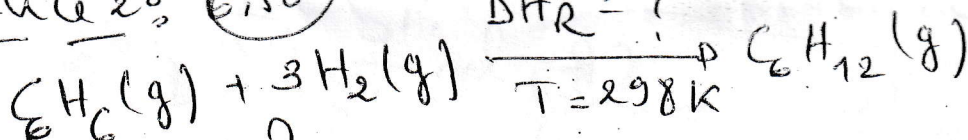
$$W_{\text{cycl}} = -5972,36 \text{ Joul}$$

$$\eta = \frac{-W_{\text{cycl}}}{Q_{B-C}} \quad (0,25)$$

$$\boxed{\eta = 0,17} \quad (0,25)$$

Exercice 2: (6,50)

$$\Delta H_R^\circ = ?$$



1)  $\Delta H_{R,298}^\circ = ?$

$$\Delta H_{R,298}^\circ = 1 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ(C_6H_{12})_g - [1 \text{ mol} \Delta H_f^\circ(C_6H_6)_g + 3 \text{ mol} \Delta H_f^\circ(H_2)_g]$$

$$\boxed{\Delta H_{R,298}^\circ = -206 \text{ K Joul}} \quad (0,5)$$

$\Delta H_{R,298}^\circ < 0 \Rightarrow$  Réaction exothermique (0,5)

2)  $\Delta H_{R,373}^\circ = ?$

$$\Delta H_{R,373}^\circ = \Delta H_{R,298}^\circ + \int_{298}^{373} \Delta C_p \Delta T \quad (0,5)$$

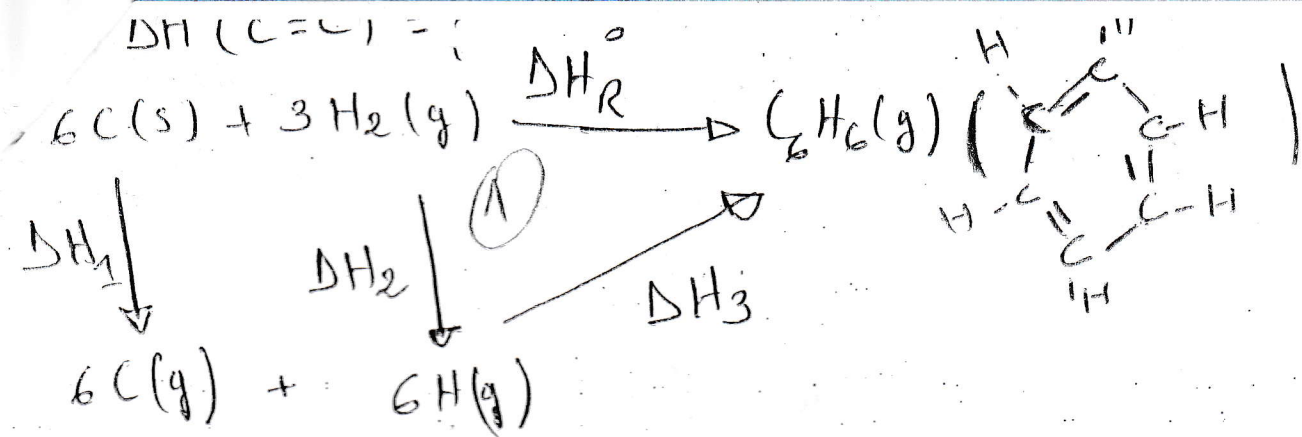
$$\Delta C_p = 1 \text{ mol} C_p(C_6H_{12})_g - [1 \text{ mol} C_p(C_6H_6)_g + 3 \text{ mol} C_p(H_2)_g]$$

$$\boxed{\Delta C_p = -61,2 \text{ Joul K}^{-1}} \quad (0,5)$$

$$\Delta H_{R,373}^\circ = \Delta H_{R,298}^\circ + \int_{298}^{373} -61,2 \text{ J K}^{-1} \Delta T$$

$$= -206 \text{ Joul} - 61,2 \text{ J K}^{-1} (373 - 298) \text{ K} \quad (0,25)$$

$$\boxed{\Delta H_{R,373}^\circ = -210,59 \text{ Joul}} \quad (0,25)$$



$$\Delta H_R^\circ = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \quad (0,25)$$

$$\Delta H_1 = 6 \text{ mol } \Delta H_{\text{fus}}^\circ(C) \quad (0,25)$$

$$\Delta H_2 = -3 \Delta H^\circ(H-H) \quad (0,25)$$

$$\Delta H_3 = 6 \Delta H^\circ(C-H) + 3 \Delta H^\circ(C-C) + 3 \Delta H^\circ(C=C) \quad (0,25)$$

$$\Delta H_R^\circ = 1 \text{ mol } \Delta H_f^\circ(C_6H_6)g - [6 \text{ mol } \Delta H_f^\circ(C)g + 3 \text{ mol } \Delta H_f^\circ(H_2)g]$$

$$\Delta H^\circ(C=C) = \frac{1}{3} \left[ 1 \text{ mol } \Delta H_f^\circ(C_6H_6)g - 6 \Delta H_{\text{fus}}^\circ(C) + 3 \Delta H^\circ(H-H) - 6 \Delta H^\circ(C-H) - 3 \Delta H^\circ(C-C) \right] \quad (0,25)$$

$$\boxed{\Delta H^\circ(C=C) = -664,36 \text{ KJoul/mol}} \quad (0,5)$$

Exercice 3: (4,50)

1)  $T_{\text{eau}} = 50^\circ C > T_{\text{alcool}} = 15^\circ C$

$$\Rightarrow Q_{\text{cédée}} = Q_{\text{reçue}} = m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) (T_{\text{eq}} - T_{\text{eau}}) \quad (0,5)$$

$$Q_{\text{reçue}} = Q_{\text{alcool}} = m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool}) (T_{\text{eq}} - T_{\text{alcool}}) \quad (0,5)$$

le bilan à l'état d'équilibre

$$Q_{\text{cédée}} + Q_{\text{reçue}} = 0 \quad (0,25)$$

$$m_{\text{eau}} = Q_{\text{reçue}} \times V_{\text{eau}} = 1 \text{ Kg/l} \times 8 \text{ l}$$

$$\boxed{m_{\text{eau}} = 8 \text{ Kg} = 8000 \text{ g}} \quad (0,25)$$

$$m_{\text{alcool}} = \sum_{\text{alcool}} \hat{v}_{\text{alcool}} = 0,19 \text{ kg/l} \times 10 \text{ l}$$

$$\boxed{m_{\text{alcool}} = 1,9 \text{ kg} = 1900 \text{ g}} \quad (0,25)$$

$$T_{\text{eq}} = \frac{m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) T_{\text{eau}} + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool}) T_{\text{alcool}}}{m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})} \quad (0,15)$$

$$\boxed{T_{\text{eq}} = 310 \text{ K} = 37 \text{ }^\circ\text{C}} \quad (0,15)$$

2)  $m_{\text{glace}} = ?$

$$T_{\text{eq}} = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$T_{\text{eq}} = 0 \text{ }^\circ\text{C} < T_{\text{eq}} = 37 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{cédée}} = [m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})] (T_{\text{eq}}' - T_{\text{eq}}) \quad (0,15)$$

$$Q_{\text{reçue}} = m_{\text{glace}} L_{\text{fus}}(\text{glace}) \quad (0,15)$$

le bilan à l'équilibre :  $Q_{\text{cédée}} + Q_{\text{reçue}} = 0$

$$[m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})] (T_{\text{eq}}' - T_{\text{eq}}) + m_{\text{glace}} L_{\text{fus}} = 0$$

$$m_{\text{glace}} = \frac{[m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})] (T_{\text{eq}}' - T_{\text{eq}})}{L_{\text{fus}}(\text{glace})} \quad (0,15)$$

$$\boxed{m_{\text{glace}} = 5853,67 \text{ g} = 5,853 \text{ kg}} \quad (0,25)$$