

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.

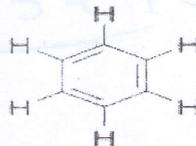
**Données :**

Composé	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{g})$
$\Delta H^\circ_{\text{formation}} (298\text{K})$ 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)**

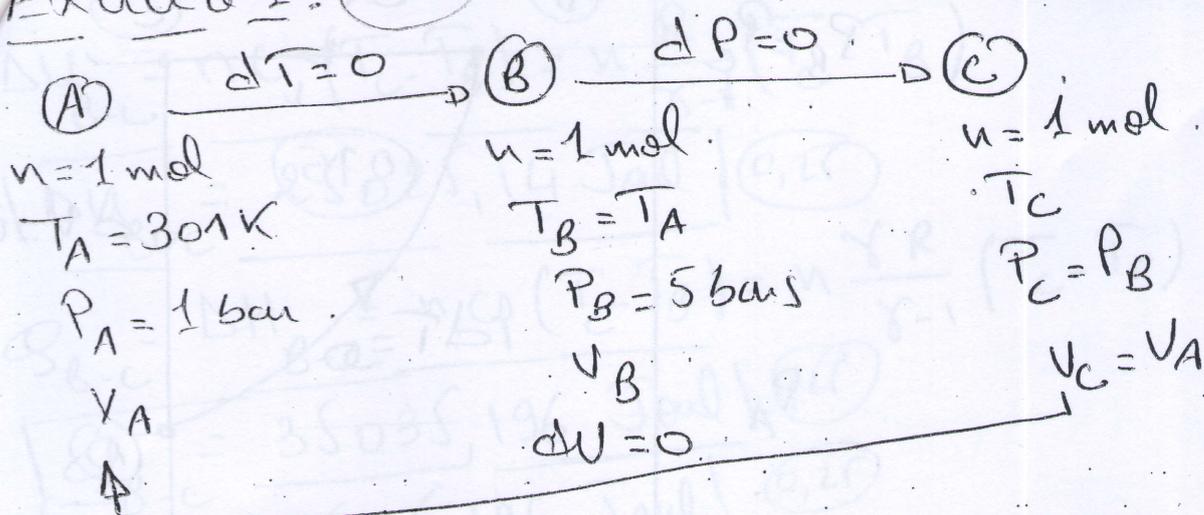
Dans un calorimètre de capacité calorifique négligeable canetant 10 litres d'alcool à  $15^\circ\text{C}$ , on ajoute 8 litres d'eau à  $50^\circ\text{C}$ .

- 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 :**  $C_p$  (eau) =  $4,18$  J/g.K ;  $C_p$  (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.

# Corrigé de l'examen de rattrapage de chimie 2

Exercice 1: (3,00)



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

à l'état (A) :  $P_A V_A = n R T_A$

$$V_A = \frac{n R T_A}{P_A} = \frac{1 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/molK} \times 301 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}}$$

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

$V_B = ?$

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

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

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

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

$T_C = ?$

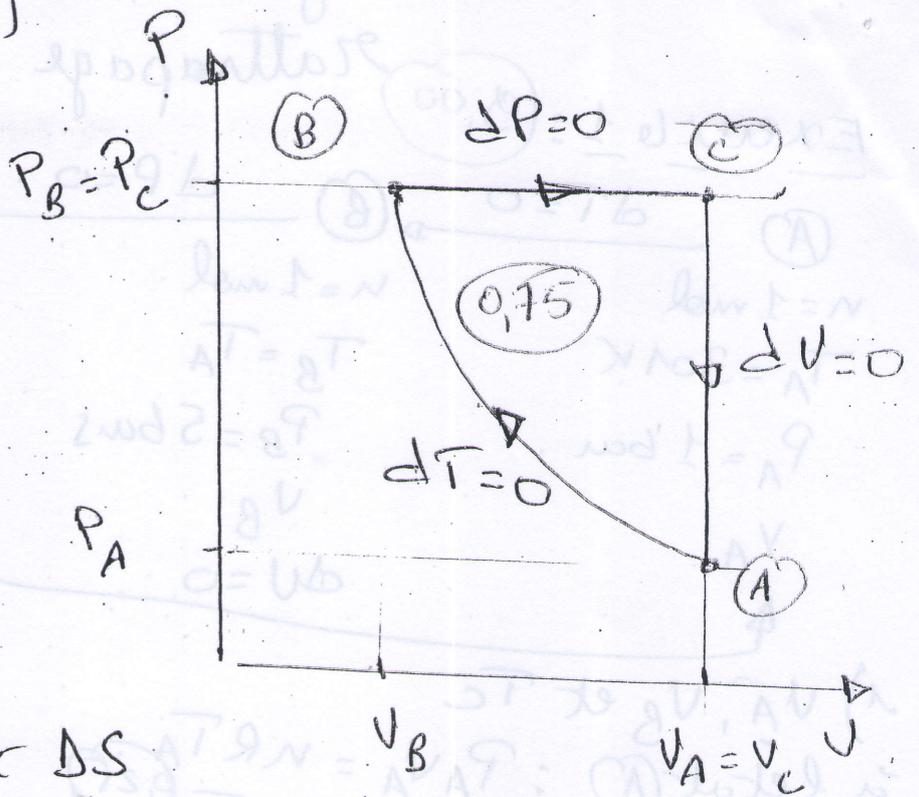
(C)  $\xrightarrow{dU=0}$  (A)

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

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

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

2) Diagramme (P, V)



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(B)  $\xrightarrow{P=C} (0,21)$

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

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

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

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

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

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

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

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

(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 :

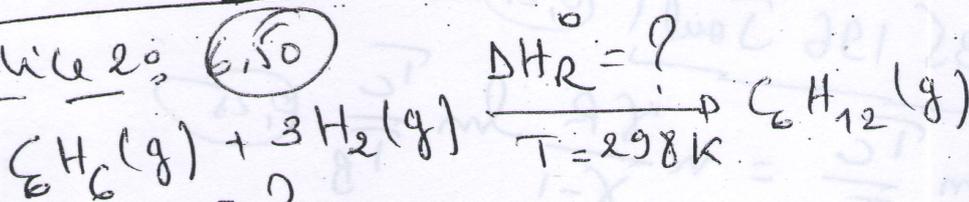
$$\eta = \frac{|W_{\text{cycl}}|}{Q_{\text{reue}}} , \quad Q_{\text{reue}} = Q_{B-C} = 35035,196 \text{ Joule}$$

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

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

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

Exercice 20 (6,50)



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

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

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

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

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

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

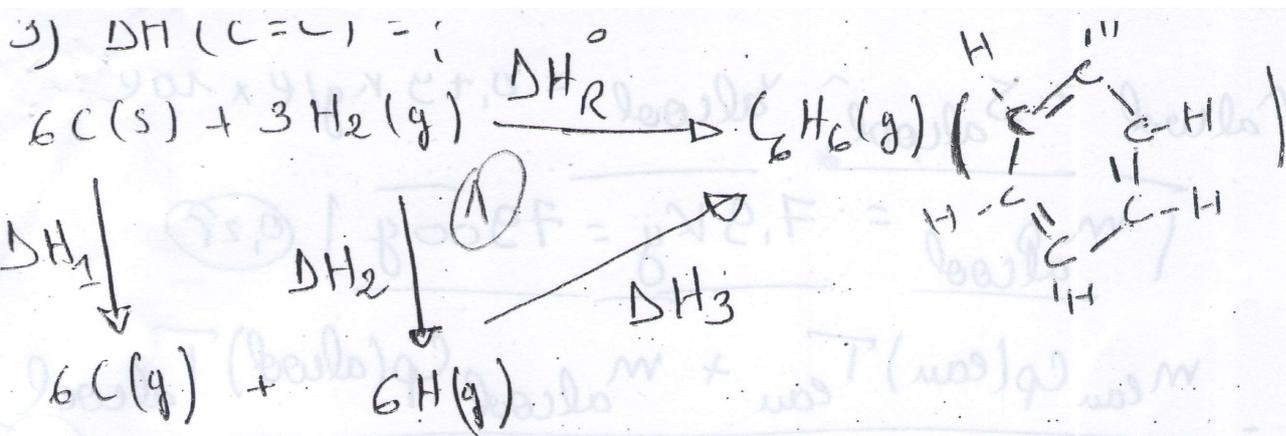
$$\Delta C_p = 1 \text{ mol} C_p(C_6H_{12})_g - [1 \text{ mol} C_p(C_6H_6)_g + 3 \text{ mol} C_p(H_2)_g]$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

$$\boxed{\Delta H^\circ(C=C) = -664,36 \text{ KJoul/mol}} \quad (0,25)$$

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

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

$$m_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}} \times V_{\text{eau}} = 1 \text{ kg/l} \times 8 \text{ l}$$

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

$$m_{\text{alcool}} = \rho_{\text{alcool}} \cdot V_{\text{alcool}} = 0,79 \text{ kg/l} \times 10 \text{ l}$$

$$| m_{\text{alcool}} = 7,9 \text{ kg} = 7900 \text{ g} | \textcircled{0,25}$$

$$T_{\text{eq}} = \frac{m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) T_{\text{eau}} + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool}) T_{\text{alcool}}}{m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})} \textcircled{0,5}$$

$$| T_{\text{eq}} = 310 \text{ K} = 37 \text{ }^\circ\text{C} | \textcircled{0,5}$$

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

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

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

$$\rightarrow Q_{\text{cédée}} = [m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})] (T_{\text{eq}}' - T_{\text{eq}}) \textcircled{0,5}$$

$$Q_{\text{reçue}} = m_{\text{glace}} L_{\text{fus}}(\text{glace}) \textcircled{0,5}$$

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

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

$$m_{\text{glace}} = \frac{[m_{\text{eau}} c_p(\text{eau}) + m_{\text{alcool}} c_p(\text{alcool})] (T_{\text{eq}} - T_{\text{eq}}')}{L_{\text{fus}}(\text{glace})} \textcircled{0,5}$$

$$| m_{\text{glace}} = 5853,67 \text{ g} = 5,853 \text{ kg} | \textcircled{0,25}$$