

Examen de chimie 2

Exercice 01 (3pts)

Un calorimètre contient une masse $m_1=200$ g d'eau à la température initiale $T_1=25^\circ\text{C}$. On y introduit un glaçon de masse m_2 à la température $T_2= - 5^\circ\text{C}$, la température à l'équilibre est de 10°C . Calculer la masse du glaçon à l'équilibre.

Données: $C_{\text{cal}} = 180$ J/K, $c_{\text{eau}} = 4,185$ J.g⁻¹.K⁻¹ ; $c_{\text{glace}} = 2,09$ J.g⁻¹.K⁻¹ ; $L_{\text{fusion}} = 334$ J.g⁻¹..

Exercice 2 : (8pts)

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

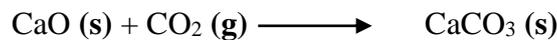
- A→B : une compression isotherme ($T_A = 301$ K, $P_A = 10^5$ Pa).
- B→C : une dilatation isobare à la pression $P_C = 5 \cdot 10^5$ Pa.
- C→A : un refroidissement isochore.

1. Calculer les valeurs numériques de V_A , V_B et T_C .
2. Représenter le cycle dans le diagramme de Clapeyron (P, V).
3. Calculer pour chaque étape W, Q, ΔU , ΔH et ΔS mis en jeu.

Données : $R = 8,314$ J/mol.K ; $C_p = 29,1$ J/mol.K ; $C_v = 20,78$ J/mol.K.

Exercice 03 (6 pts)

Soit la réaction réalisée à $P_0 = 1$ atm et $T_0 = 298$ K



1. Calculer l'enthalpie ΔH°_R et l'entropie standards ΔS°_R de cette réaction à $T_0 = 298$ K. La réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier.
2. Calculer l'enthalpie standard de formation de la liaison C=O dans la molécule CO_2 (O=C=O).
3. Calculer l'enthalpie standard de cette réaction ΔH°_R à $T = 600$ K
4. Calculer l'enthalpie libre de cette réaction ΔG°_R à $T = 298$ K.

Données : ΔH°_f (O=O) = -498 KJ/mol ; $\Delta H^\circ_{\text{sub}}$ (C_s) = 717 KJ/mol ; $R = 8,31$ J/mol.K

Composé	ΔH°_f (KJ/mol)	C_p (J/mol.K)	S°_f (J/mol.K)
CaO (s)	-635,6	42,8	39,7
CO ₂ (g)	-393,5	37,1	213,6
CaCO ₃ (s)	-1206,87	81,9	92,9

Exercice 04 (3pts)

Soit l'équilibre suivant
$$\text{C}_{(s)} + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$$
. Avec : $\Delta H^\circ_R(\text{sens 1}) > 0$:

1. Donner l'expression de la constante d'équilibre K_P
2. Dans quel sens (1 ou 2), l'équilibre se déplacera-t-il si :
 - a- On augmente la pression totale ? justifier.
 - b- On augmente la température ? justifier.
2. La constante d'équilibre K_P vaut 22.4 à 1150 K. Calculer la pression de CO(g) si la pression de CO₂ est de 0.04 atm à l'équilibre.

Corrigé de l'Examen de chimie 2 (LMD)

Exercice 01 (3Pts)

A- Calcul de la masse m_2 :

$$\Sigma Q=0 \quad Q_{\text{reçue}} + Q_{\text{cédée}} = 0 \quad (0.5)$$

$$Q_{\text{reçue}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = m_2 C_g (T_{\text{fus}} - T_2) + m_2 L_{\text{fus}} + m_2 C_e (T_{\text{eq}} - T_{\text{fus}}) \quad (0.5)$$

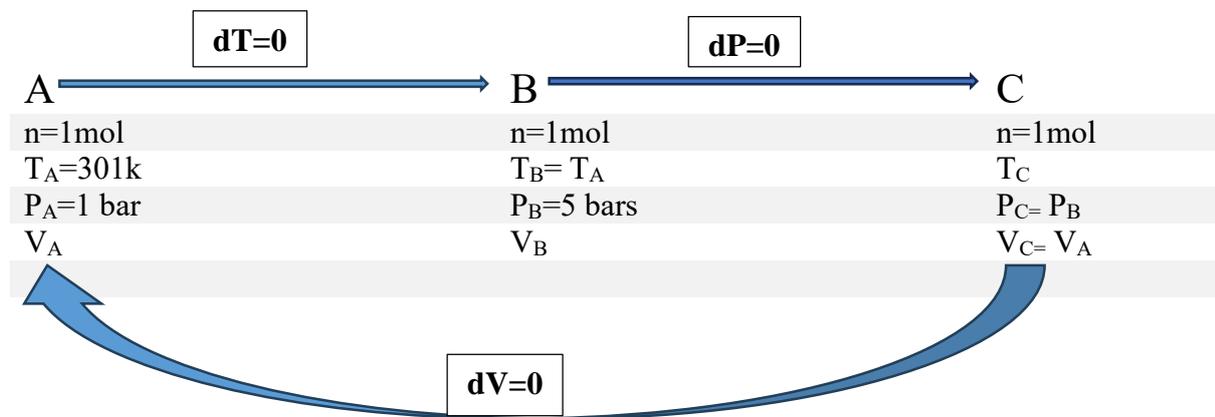
$$Q_{\text{cédée}} = m_1 C_e (T_{\text{eq}} - T_1) + C_{\text{cal}} (T_{\text{eq}} - T_1) \quad (0.5)$$

$$m_2 C_g (T_{\text{fus}} - T_2) + m_2 L_{\text{fus}} + m_2 C_e (T_{\text{eq}} - T_{\text{fus}}) + m_1 C_e (T_{\text{eq}} - T_1) = 0 \quad (0.5)$$

$$\Rightarrow m_2 = \frac{-(m_1 C_e + C_{\text{cal}})(T_{\text{eq}} - T_1)}{C_g (T_{\text{fus}} - T_2) + L_{\text{fus}} + C_e (T_{\text{eq}} - T_{\text{fus}})} \quad (0.5)$$

$$m_2 = 39,5 \text{ g} \quad (0.5)$$

Exercice 02 : (9 points)



1) Calcul de V_A , V_B et T_C :

$$\text{Etat A : } P_A V_A = nRT_A \Rightarrow V_A = \frac{nRT_A}{P_A} \quad (0.25) = \frac{1 \times 8,314 \times 301}{10^5} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 25 \text{ L} \quad (0.25)$$

$V_B = ?$ (de $A \rightarrow B$ $dT = 0$) :

$$dT=0 \Rightarrow P_A V_A = P_B V_B \Rightarrow V_B = V_A \times \frac{P_A}{P_B} \quad (0.25) = 25 \times \frac{10^5}{5 \cdot 10^5}$$

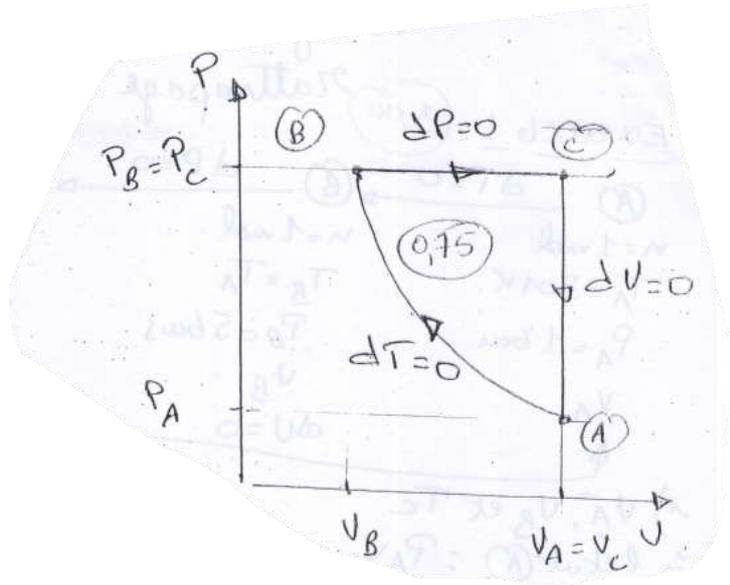
$$V_B = 5 \text{ L} \quad (0.25)$$

$T_C = ?$ (de $B \rightarrow C$ $dV = 0$) :

$$dV=0 \Rightarrow \frac{T}{P} = \text{Const} \Rightarrow \frac{T_C}{P_C} = \frac{T_A}{P_A} \Rightarrow T_C = T_A \times \frac{P_C}{P_A} \quad (0.25) = 301 \times \frac{5 \cdot 10^5}{10^5} = 1505 \text{ K} \quad (0.25)$$

$$T_C = 1505 \text{ K}.$$

2) Diagrammes (P,V) :



3) Calcul de W, Q, ΔU, ΔH et ΔS :

$$A \rightarrow B (dT=0) : W_{A-B} = -nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = -nRT_A \ln \frac{P_A}{P_B} \quad \mathbf{0,25}$$

$$W_{A-B} = +4027,64 \text{ J.} \quad \mathbf{0,25}$$

$$\Delta U_{A-B} = n C_V (T_A - T_B) \quad \mathbf{0,25} = 0 \text{ J.} \quad \mathbf{0,25}$$

$$\Delta U_{A-B} = Q_{A-B} + W_{A-B} = 0 \Rightarrow Q_{A-B} = -W_{A-B} \quad \mathbf{0,25}$$

$$Q_{A-B} = +4027,64 \text{ J.} \quad \mathbf{0,25}$$

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

$$\Delta H_{A-B} = 0 \text{ J.} \quad \mathbf{0,25}$$

$$\Delta S_{A-B} = n R \ln \frac{V_B}{V_A} = n R \ln \frac{P_A}{P_B} \quad \mathbf{0,25} = -13,38 \text{ J/K.} \quad \mathbf{0,25}$$

$$B \rightarrow C (dP=0) :$$

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

$$\Delta U_{B-C} = n C_V (T_C - T_B) = n \frac{R}{\gamma - 1} (T_C - T_B) \quad \mathbf{0,25}$$

$$\Delta U_{B-C} = 25025,14 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

$$Q_{B-C} = \Delta H_{B-C} = n C_p (T_C - T_B) = n \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_C - T_B) \quad \mathbf{0,25}$$

$$Q_{B-C} = 35035,196 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

$$\Delta H_{B-C} = 35035,196 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

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

$$\Delta S_{B-C} = 46,833 \text{ J/K} \quad \mathbf{0,25}$$

$C \rightarrow A (dV=0)$:

$$dV=0 \Rightarrow W_{C-A} = -\int_{V_C}^{V_A} p dv \quad \mathbf{0,25} = 0 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

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

$$Q_{C-A} = \Delta U_{C-A} = -25025,14 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

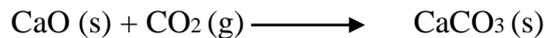
$$\Delta H_{C-A} = \gamma \Delta U_{C-A} \quad \mathbf{0,25} = -35035,196 \text{ J} \quad \mathbf{0,25}$$

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

$$\Delta S_{C-A} = -33,452 \text{ J/K} \quad \mathbf{0,25}$$

Exercice 3:

A/ / Soit la réaction réalisée à $P_0 = 1 \text{ atm}$ et $T_0 = 298 \text{ K}$:



1. Calcul de l'enthalpie standard de cette réaction ΔH°_R à $T_0 = 298 \text{ K}$:

D'après la loi de Hess :

$$\Delta H^\circ_{R,298} = \sum n_i \Delta H^\circ_f(\text{produits}) - \sum n_j \Delta H^\circ_f(\text{réactifs}) \quad \mathbf{(0.5)}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{R,298} &= \Delta H^\circ_f(\text{CaCO}_3)\text{g} - \Delta H^\circ_f(\text{CaO})\text{s} - \Delta H^\circ_f(\text{CO}_2)\text{g} \quad \mathbf{(0.25)} \\ &= -1206,87 - (-635,6) - (-393,5) = -177,77 \text{ KJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{R,298} = -177,77 \text{ KJ} \quad \mathbf{(0.25)}$$

Calcul de l'entropie standard de cette réaction ΔS°_R à $T_0 = 298 \text{ K}$:

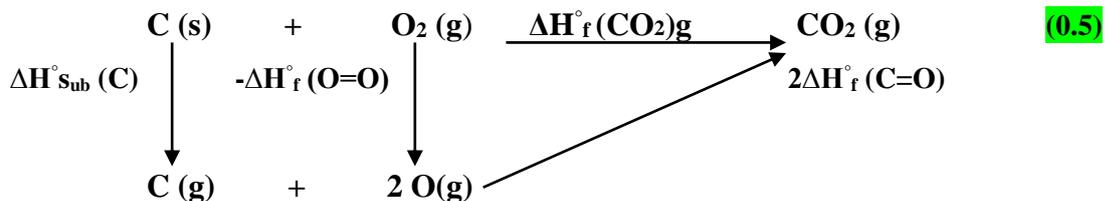
$$\Delta S^\circ_{R,298} = \sum n_i S^\circ_f(\text{produits}) - \sum n_j S^\circ_f(\text{réactifs}) \quad \mathbf{(0.5)}$$

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ_{R,298} &= S^\circ_f(\text{CaCO}_3)\text{g} - S^\circ_f(\text{CaO})\text{s} - S^\circ_f(\text{CO}_2)\text{g} \quad \mathbf{(0.25)} \\ &= -92,9 - 39,7 - 213,6 = -160,4 \end{aligned}$$

$$\Delta S^\circ_{R,298} = -160,4 \text{ J.K}^{-1} \quad \mathbf{(0.25)}$$

$\Delta H^\circ_{R,298} = -177,77 \text{ KJ} < 0 \quad \mathbf{(0.25)} \Rightarrow$ la réaction dégage de la chaleur d'où elle est exothermique. $\mathbf{(0.25)}$

2. Calcul de l'enthalpie standard de formation de la liaison C=O dans la molécule CO_2 :



$$\sum \Delta H_i (\text{cycle}) = 0$$

$$\Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{C}) - \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{O}=\text{O}) + 2\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}=\text{O}) - \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CO}_2) \text{ g} = 0 \quad (0.5)$$

$$\Rightarrow 2\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}=\text{O}) = \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CO}_2) \text{ g} + \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{O}=\text{O}) - \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{C})$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}=\text{O}) &= (\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{CO}_2) \text{ g} + \Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{O}=\text{O}) - \Delta H_{\text{sub}}^{\circ}(\text{C})) / 2 \\ &= (-393,5 + (-495) - 717) / 2 = -802,75 \text{ KJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{f}}^{\circ}(\text{C}=\text{O}) = -802,75 \text{ KJ/mol} \quad (0.25)$$

3. Calculer l'enthalpie standard de cette réaction $\Delta H_{\text{R}}^{\circ}$ à $T = 600 \text{ K}$:

D'après la loi de Kirchhoff :

$$\Delta H_{\text{R},(T=600)}^{\circ} = \Delta H_{\text{R},298}^{\circ} + \int_{298}^T \Delta C_p dT \quad (0.5)$$

$$\text{Avec } \Delta C_p = \sum n_i C_p (\text{produits}) - \sum n_i C_p (\text{réactifs}) \quad (0.5)$$

$$\begin{aligned} \Delta C_p &= C_p(\text{CaCO}_3)\text{s} - C_p(\text{CO}_2)\text{g} - C_p(\text{CaO})\text{s} \\ &= 81,9 - 37,1 - 42,8 = 2 \end{aligned}$$

$$\Delta C_p = 2 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (0.25)$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{R},600}^{\circ} &= \Delta H_{\text{R},298}^{\circ} + \Delta C_p (T - T_0) = \\ &= -177,77 * 10^3 + 2 * (600-298) = -177,166 * 10^3 \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{R},600}^{\circ} = -177,166 * 10^3 \text{ J} = -177,166 \text{ KJ} \quad (0.25)$$

7. Calcul de l'enthalpie libre de cette réaction $\Delta G_{\text{R}}^{\circ}$ à $T = 298 \text{ K}$:

$$\text{On a: } \Delta G_{\text{R},298}^{\circ} = \Delta H_{\text{R},298}^{\circ} - T\Delta S_{\text{R},298}^{\circ} \quad (0.5)$$

$$= -177,77 - (298 * (-160,4 * 10^{-3})) = -129,97$$

$$\Delta G_{\text{R},298}^{\circ} = -129,97 \text{ KJ} \quad (0.25)$$

Exercice (3 pt)

1. Expression de la constante d'équilibre K_P $K_P = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} \quad (0.5)$

2. Le sens de déplacement de l'équilibre :

2.a- Une augmentation de pression favorise le sens de la réaction qui permet de diminuer le nombre de molécules de gaz, c'est-à-dire le sens 2, (0.5) car le nombre de moles de CO_2 est inférieur au nombre de moles de CO . (0.5)

3-b- Une augmentation de température favorise le sens endothermique de la réaction (0.5). Donc l'équilibre se déplace dans le sens 1. (0.5)

3. Calcul de la pression de $\text{CO}(\text{g})$ 0,5

$$\text{On a: } K_P = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} \Rightarrow P_{\text{CO}}^2 = K_P * P_{\text{CO}_2} \Rightarrow P_{\text{CO}} = \sqrt{K_P * P_{\text{CO}_2}} = \sqrt{22,4 * 0,04} = 0,94 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}} = 0,94 \text{ atm} \quad (0.5)$$