

Correction de l'épreuve de CHIMIE filière TSI

Concours CNC session 2025

EL FILALI SAID

LE CARBONE

1^{ère} partie

STRUCTURE ATOMIQUE

1.1- la configuration électronique du carbone :



► Les électrons de la couche de valence :



1.2- Position dans le tableau périodique

- **Colonne** : Groupe 14 (2+10+2)
- **Ligne** : Période 2 (n=2)

1.3- Isotopes du carbone.

1.3.1- Structure des noyaux :

Isotope	Protons	Neutrons
${}^1_6\text{C}$	6	6
${}^{13}_6\text{C}$	6	7
${}^{14}_6\text{C}$	6	8

1.3.2- Fractions massiques ($x = \% {}^{12}\text{C}$ et $y = \% {}^{13}\text{C}$)

On a :

$12x + 13y = 12.011$ et $x + y = 1$; ce qui donne :

$$x({}^{12}\text{C}) = 0,9881 \quad ; \quad y({}^{13}\text{C}) = 0.0119$$

2^{ème} partie

Le dioxyde de carbone

2.1 La molécule du dioxyde de carbone

2.1.1 Configuration électronique de l'oxygène

► État fondamental :



► Électrons de valence :



2.1.2 Représentation de Lewis de CO₂



Justification : Le carbone (4 électrons de valence) forme deux doubles liaisons avec chaque oxygène (6 électrons de valence), satisfaisant la règle de l'octet.

2.1.3 Géométrie de CO₂ :

- **Linéaire**

- Justification : Atome central (C) sans paires libres, lié à deux atomes (O). Modèle VSEPR AX₂ ⇒ géométrie linéaire.

2.2 Dissolution du dioxyde de carbone gazeux dans l'eau

2.2.1 Concentration de H₂CO₃ :



2.2.2 Concentration molaire à $P_{\text{CO}_2} = 4 \times 10^{-4}$ bar



2.2.3 Solubilité :

Définition de la solubilité

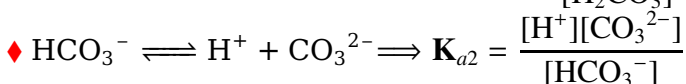
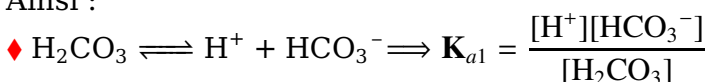
C'est le nombre de mole maximal d'une espèce chimique qu'on peut dissoudre dans un litre de solvant, pour une température et pression données.

2.2.4 Expression de la solubilité s

Sachant que :

$$s = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \Rightarrow s = [\text{H}_2\text{CO}_3] \left(1 + \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} + \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} \right)$$

Ainsi :



Il en résulte que :

$$s = K_2 P_{\text{CO}_2} \left(1 + \frac{K_{a1}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + \frac{K_{a1}K_{a2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \right)$$

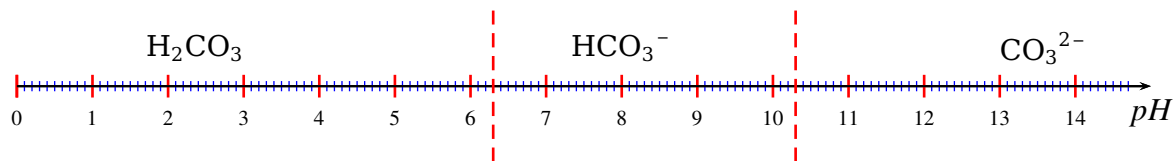
En fin :

$$s = K_2 P_{\text{CO}_2} \left(1 + \frac{K_{a1}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + \frac{K_{a1} K_{a2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \right)$$

$$a = K_2 \quad ; \quad b = K_{a1} \quad ; \quad c = K_{a1} K_{a2}$$

2.2.5 Diagramme de prédominance :

$\text{pH} \leq 6,3$	$6,3 \leq \text{pH} \leq 10,3$	$\text{pH} \geq 10,3$
H_2CO_3	HCO_3^-	CO_3^{2-}



2.2.6 Expression de $\log(s)$:

- $\text{pH} \leq 6,3$: H_2CO_3 prédomine :

$$\log(s) \simeq \log(K_2 P_{\text{CO}_2})$$

- $6,3 \leq \text{pH} \leq 10,3$: HCO_3^- prédomine

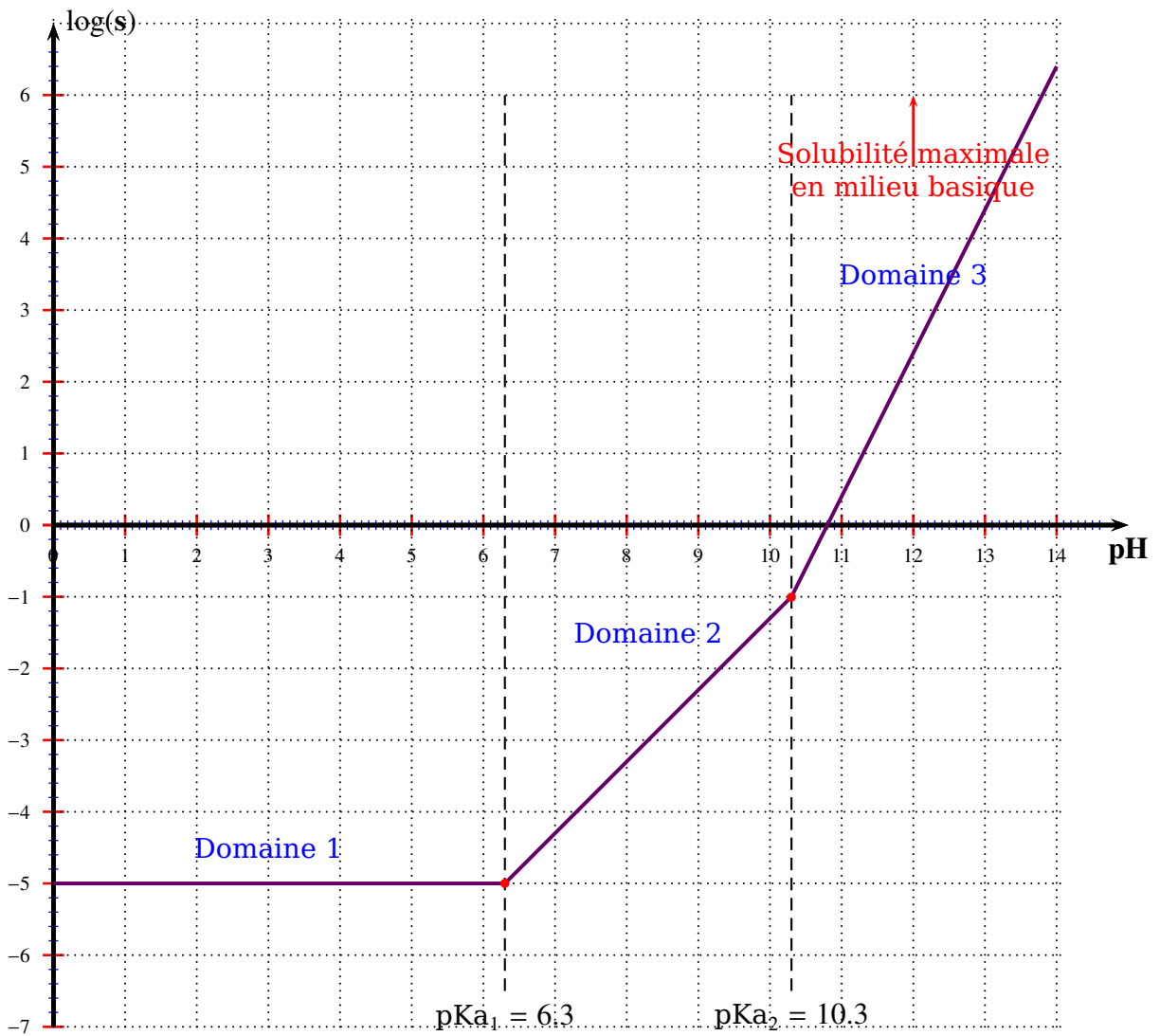
$$\log(s) = \log(K_2 P_{\text{CO}_2} K_{a1}) + \text{pH}$$

- $\text{pH} \geq 10,3$: CO_3^{2-} prédomine

$$\log(s) = \log(K_2 P_{\text{CO}_2} K_{a1} K_{a2}) + 2\text{pH}$$

2.2.7 Allure de $\log(s) = f(\text{pH})$

- Segment horizontal pour $\text{pH} < 6,3$
- Segment linéaire de pente 1 pour $6,3 < \text{pH} < 10,3$
- Segment linéaire de pente 2 pour $\text{pH} > 10,3$



2.2.8 Domaine de solubilité maximale :

$$\text{pH} \geq 10,3$$

2.2.9 Solubilité à pH = 8,3 et $P_{\text{CO}_2} = 4.0 \times 10^{-4}$ bar

$$s(\text{pH} = 8,3) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

2.3 Dosage de l'ion hydrogénocarbonate

2.3.1 Noms des objets :

- (1) : Burette
- (2) : Bécher
- (3) : Agitateur magnétique

2.3.2 Instrument pour mesurer 50 mL : Pipette jaugée de 50 mL

2.3.3 Équation de dosage :



Justification : HCO_3^- est une base qui réagit avec H_3O^+ pour former H_2CO_3 , La deuxième basicité est négligeable puisque $\text{pH}_o = 8,3$ (CO_3^{2-} est ultra minoritaire)

2.3.4 Constante d'équilibre :

$$\mathbf{K} = \frac{1}{K_{a1}} \implies \mathbf{K} = 10^{\text{p}K_{a1}}$$

2.3.5 Valeur numérique et commentaire :

$$\mathbf{K} = 10^{6,3}$$

Commentaire : $\mathbf{K} \geq 10^4$, la réaction est totale(quantitative).

2.3.6 Concentration de HCO_3^- :

D'après la relation d'équivalence :

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{C_A V_{eq}}{V_e} \xrightarrow{\text{A.N}} [\text{HCO}_3^-] = 1,44 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

2.3.6.1 Choix d'un indicateur coloré :

L'indicateur doit avoir une zone de virage incluant le **pH** à l'équivalence.

2.3.6.2 Indicateur adapté :

Vert de Bromocrésol (zone de virage : 3.8 – 5.4)

Justification : **pH** à l'équivalence vaut 4,4 inclus dans la zone de virage.

3^{ème} partie

Transformer le dioxyde de carbone en pierre

3.1 Stockage géologique à sec du dioxyde de carbone

Réaction : $\text{Mg}_2\text{SiO}_4(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{MgCO}_3(\text{s}) + \text{SiO}_2(\text{s}) \quad (2)$

3.1.1

♦ Enthalpie standard de la réaction :

$$\Delta_r H^\circ = \sum v_i \Delta_f H_i^\circ$$

Application numérique:

$$\Delta_r H^\circ = [2 \times (-1090) + (-905)] - [(-2170) + 2 \times (-394)] \implies \Delta_r H^\circ = -127 \text{ kJ mol}^{-1}$$

♦ Entropie standard de la réaction :

$$\Delta_r S^\circ = \sum v_i S_i^\circ$$

Application numérique:

$$\Delta_r S^\circ = [2 \times 65.5 + 43.4] - [95.0 + 2 \times 214] \Rightarrow \Delta_r S^\circ = -348.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

3.1.2 Constante d'équilibre K à 80°C (353 K)

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ \xrightarrow{\text{A.N}} \Delta_r G^\circ = -3944,2 \text{ J mol}^{-1}$$

Par conséquent :

$$\ln K = -\frac{\Delta_r G^\circ}{RT} \xrightarrow{\text{A.N}} K = 3.84$$

3.1.3 Loi de van't Hoff et effet de la température

Loi de van't Hoff :

Toute élévation isobare de température déplace l'équilibre dans le sens où la réaction est endothermique.

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2}$$

Effet de la température :

$\Delta_r H^\circ < 0$ (réaction exothermique). Si T augmente, $\ln K$ diminue, donc K diminue.

L'équilibre se déplace dans le sens indirect (vers les réactifs).

3.1.4 Pression partielle minimale en CO_2

$$K = \frac{1}{P_{\text{CO}_2}^2} \xrightarrow{\text{A.N}} P_{\text{CO}_2} = 0.510 \text{ bar}$$

3.1.5 Nombre de moles initial de CO_2 :

$$n_{\text{CO}_2,0} = \frac{P_i V}{RT} \xrightarrow{\text{A.N}} n_{\text{CO}_2,0} = 8,52 \text{ mole}$$

3.1.6 Pourcentage de CO_2 fixé à l'équilibre :

Sachant que :

♦ Le nombre de mole à l'équilibre de $\text{CO}_2(\text{g})$:

$$n_{\text{CO}_2,eq} = \frac{P_{eq} V}{RT} \xrightarrow{\text{A.N}} n_{\text{CO}_2,eq} = 0,174 \text{ mole}$$

♦ Le nombre de mole de $\text{CO}_2(\text{g})$ fixé :

$$\Delta n_{\text{CO}_2} = 8.52 - 0.174 = 8.346 \text{ mol}$$

Il en résulte que :

$$\% \text{CO}_2(\text{fixé}) = \frac{\Delta n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{CO}_2,0}} \times 100 \xrightarrow{\text{A.N}} \% \text{CO}_2(\text{fixé}) = 97.96\%$$

3.2 Utilisation de l'eau dans le stockage géologique du dioxyde de carbone

3.2.1 Concentration molaire C_S de la solution S :

Déterminions par unité de temps :

♦ Le nombre de mole de CO_2 dissous :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} \xrightarrow{\text{A.N}} n_{\text{CO}_2} = 1,591 \text{ mol}$$

♦ Le volume d'eau :

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho V(\text{H}_2\text{O}) \xrightarrow{\text{A.N}} V(\text{H}_2\text{O}) = 1,800 \text{ L}$$

Par conséquent :

$$C_S = \frac{n_{\text{CO}_2}}{V(\text{H}_2\text{O})} \xrightarrow{\text{A.N}} C_S = 0,884 \text{ mol L}^{-1}$$

3.2.2 Composition molaire et **pH** de la solution S : On a :

État	H_2CO_3	\rightleftharpoons	H^+	+	HCO_3^-
E.I	C_S	.	ε	.	ε
E.Eq	$C_S - x$.	x	.	x

On rappelle que :

$$K_{a1} = \frac{x^2}{C_S - x}$$

Puisque $K_{a1} = 10^{-6.5} \ll 1$, alors on néglige x devant $C - s$ (qu'on vérifie après)

Ce qui donne :

$$x = \sqrt{K_{a1} C_S} \xrightarrow{\text{A.N}} x = 6,64 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

On vérifie bien que $x \ll C_s$

D'où la Composition de la solution :

- $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 0.88 \text{ mol L}^{-1}$
- $[\text{HCO}_3^-] = 6.64 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- $[\text{H}^+] = 6.64 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

Il en résulte que :

$$\text{pH} = 3,18$$

Commentaires :

- ♦ Solution très acide (pH 3.18) due à la forte concentration.
- ♦ la deuxième acidité est négligée, en effet :

$$K_{a1}K_{a2} = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}]}{C_s} \xrightarrow{\text{A.N}} [\text{CO}_3^{2-}] = 510^{-11} \text{ mol L}^{-1}$$

3.2.3 Nécessité de l'eau et inconvénient :

► **Nécessité :**

L'eau dissout le CO_2 en H_2CO_3 , facilitant les réactions avec les roches basaltiques pour former des carbonates solides.

► **Inconvénient :**

Solution acide (pH = 3.2) corrosive pour les équipements, et nécessité de grandes quantités d'eau.