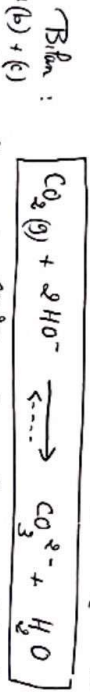
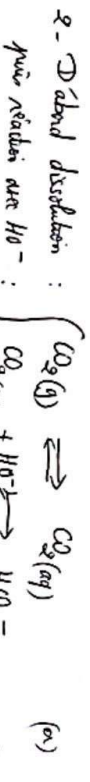
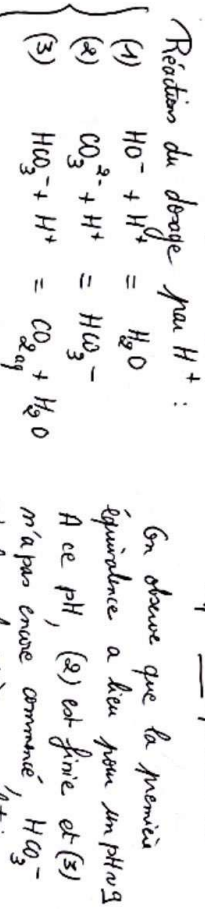


Chapitre 6 2E 2018



(a) + (b) + (c)
 L'équilibre final obtenu est CO_3^{2-} puisque S_0 a un $\text{pH} > \text{pKa}_2 + 1$
 On peut écrire tout $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{HCO}_3^-$ et en excès.

3. So constant $\left\{ \begin{array}{l} \text{no mole de } \text{CO}_3^{2-} \\ \text{lexès de } \text{HCO}_3^- \end{array} \right.$ (qui rent de l'air)
 $V_{\text{eq}} = 1^{\text{er}}$ équivalence ici



Rem : Le couple de $\%$ ne peut pas intervenir en général mais comme ici elles sont données, elles confinent bien qu'il y a V_{eq_2} en a 100% de HCO_3^- (ce qu'on peut aussi avoir car $\text{pH} > \text{pKa}_1 + 1$ et $< \text{pKa}_2 - 1$)

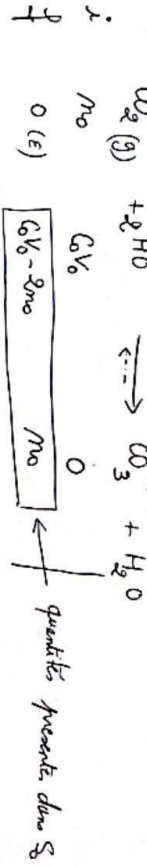
Constante d'équilibre :

$K_{(1)} = \frac{1}{\frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{O}]}} = \frac{1}{K_e} = 10^{14}$
 $K_{(2)} = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]} = \frac{1}{K_{a2}} = 10^{10.3}$

4. $A \text{ V} = V_{\text{eq}} : n_{\text{H}^+}(\text{excès}) = \underbrace{n_{\text{H}^+}(\text{excès})}_{\text{par (1)}} + \underbrace{n_{\text{H}^+}(\text{excès})}_{\text{par (2)}} \Rightarrow \text{quantités}$
 $n_{\text{HCO}_3^-}(\text{mises en jeu}) = 60 \text{ V}_0$ ($\Delta n_{\text{HCO}_3^-} \neq 60 \text{ V}_0$ ici, mutations...)

(1)

2. Ce qui est demandé est ce qu'on obtient à l'état final de la réaction de la question 2. On fait par les bilans d'équilibre, en mol



D'excès, à $V = V_{\text{eq}} : n_{\text{H}^+}(\text{excès}) = (60 \text{ V}_0 - 2n_{\text{CO}_3^{2-}}) + n_{\text{CO}_2}$
 $\Leftrightarrow \left[n_{\text{CO}_2} = 60 \text{ V}_0 - 2n_{\text{CO}_3^{2-}} \right]$

5. n_{CO_2} est la quantité de $\text{CO}_2(\text{g})$ dans le volume d'air obtenu en faisant bulles pendant 1-1h30 à un débit constant $D = 40 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$
 Le volume d'air analysé est donc $V = D \times t = 40 \times 1,5 = 60 \text{ L}$

On a $\left[\text{CO}_2 \right] = \frac{n_{\text{CO}_2}}{V} = \frac{(60 \text{ V}_0 - 2n_{\text{CO}_3^{2-}}) RT}{V}$
 AN : $P_{\text{CO}_2} = \frac{(5 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-2} \times 30 \cdot 10^{-3}) \times 8,31 \times 298}{60 \cdot 10^{-3}}$

$P_{\text{CO}_2} = 4,13 \text{ bar}$ ou $4,13 \cdot 10^{-4} \text{ bar}$

Rem : P_{atm} n'est pas utile ici, on a $P_{\text{atm}} \cdot V = n_{\text{air}} RT$. En revanche on peut l'utiliser pour obtenir la fraction molaire $x_{\text{CO}_2} = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{atm}}} = 4,13 \cdot 10^{-4}$

6. $\text{CO}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{aq})$ $K = \frac{[\text{CO}_2(\text{aq})]}{P_{\text{CO}_2}/P^0} = \frac{[\text{CO}_2]}{P_{\text{CO}_2}} \leftarrow \text{si en mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Dans la bouteille de Champagne : $P_{\text{CO}_2} = 6 \text{ bars}$
 Il suffit d'exprimer la concentration molaire de $\text{CO}_2(\text{aq})$ à partir de la concentration molaire $C_m = 12 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

$\Rightarrow [\text{CO}_2] = \frac{C_m}{M(\text{CO}_2)}$ $D'excès : K = \frac{C_m}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{12}{44 \times 6} = 4,5 \cdot 10^{-2}$

Rem : dans le champagne, $P_{\text{CO}_2} \neq 4,10^{-4} \text{ bar}$!!

7. D = quantité max qu'on peut dissoudre par litre

En solution, $\text{CO}_2(g)$ peut donner les 3 formes conjuguées : $\text{CO}_2(aq)$, H_2CO_3 , CO_3^{2-}

d'où $D = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{CO}_3^{2-}]$ à l'équilibre

Ici, on suppose que $P_{\text{CO}_2} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ bar}$ = cste.

Avec $K = \frac{[\text{CO}_2]}{P_{\text{CO}_2}}$ on a $[\text{CO}_2] = K \cdot P_{\text{CO}_2}$

$K_{a1} = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]}$ on a $[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_{a1}[\text{CO}_2]}{[\text{H}^+]} = \frac{K_{a1} K P_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]}$

$K_{a2} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$ on a $[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_{a2}[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{K_{a2} K_{a1} K P_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]^2}$

En reportant : $D = K P_{\text{CO}_2} \left(1 + \frac{K_{a1}}{[\text{H}^+]} + \frac{K_{a1} K_{a2}}{[\text{H}^+]^2} \right)$

En identifiant avec $D = A \left(1 + \frac{B}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + \frac{C}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \right)$

$A = K P_{\text{CO}_2}$
 $B = K_{a1}$ et $C = K_{a1} K_{a2}$

8. K est faible, donc peu dissoute on avait seulement l'espèce $\text{CO}_2 \Rightarrow$

peut une petite fraction de $\text{CO}_2(g)$ se dissolvant. En milieu basique la totalité de CO_2 se dissout (et donne CO_3^{2-} selon la réaction de la question 2)

$\text{CO}_2(g)$ se dissout (et donne CO_3^{2-} selon la réaction de la question 2)

9. On étudie la solubilité de CO_2 dans le champagne à l'instant et

à $\text{pH} = 3$. On utilise la formule du 7. $D = 4,5 \cdot 10^{-2} \times 4 \cdot 10^{-4} \left(1 + \frac{10^{-6,3}}{10^{-3}} + \frac{10^{-10,3}}{(10^{-3})^2} \right)$

$D = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

A noter : ça fait une concentration molaire à l'équilibre de

$D \times H = 1,8 \cdot 10^{-5} \times 44 = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow$ la quasi-totalité

Dans le champagne, on avait $C_m = 12 \text{ g/L}$ de CO_2 déjà dégagé.

(3)

10. On peut noter $V_{\text{champ}} = 10 \text{ L} = 0,1 \text{ L}$

Les bulles font un diamètre $d = 0,5 \text{ mm}$

Chaque bulle a un volume de $\frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3$

Le volume total de bulles est $V_{\text{bulle}} = N \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3$

nb de bulles = note même.

On peut supposer que la totalité de CO_2 va se dégager. Le sucre contient $n_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} = \frac{C_m \times V_{\text{champ}}}{M_{\text{CO}_2}}$

20% de ce CO_2 se dégage sous forme de bulle.

On peut supposer que la pression dans les bulles est $P_0 = 1 \text{ bar}$ (c'est la pression dans le champagne dans la coupe)

$\Rightarrow$ Dans V_{bulle} on a $\frac{20}{100} n_{\text{CO}_2}$ à $P_0 = 1 \text{ bar}$ et $T = 298 \text{ K}$

GP : $P_0 V_{\text{bulle}} = \frac{20}{100} n_{\text{CO}_2} R T$

$\Rightarrow P_0 \times N \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 = \frac{20}{100} \frac{C_m V_{\text{champ}}}{M_{\text{CO}_2}} R T$

$\Rightarrow$

$N = \frac{20}{100} \times \frac{C_m V_{\text{champ}}}{M_{\text{CO}_2}} \frac{R T}{P_0 \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3}$ (sans dimension)

AN : $N = 0,2 \times \frac{12 \times 0,1 \times 8,31 \times 298}{44 \times \frac{4}{3} \pi (0,25 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^6 = 2 \text{ millions !}$

(4)