Corrigé IE1 Chimie 2 25/11/2019

$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Exercice I : Séquestration minérale du dioxyde de carbone CO ₂ (8 points)	
1) $A_{R1}P_{298}^0 = -737 + 272 + 393.5 = -71.5 kJ. mol^{-1}$ $A_{R1}S_{298}^0 = S_{(FeCO3,298)}^0 - S_{(FeO,298)}^0 - S_{(CO2,298)}^0$ $A_{R1}S_{298}^0 = 91 - 61 - 214 = -184J. mol^{-1}.K^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^0 = A_{R1}H_{298}^0 - TA_{R1}S_{298}^0$ $A_{R1}G_{298}^0 = -71000 + 298 \times 184 = -16668 J. mol^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^0 = \exp(-A_{R1}G_{298}^0 / RT)$ $R_{298}^0 = \exp(-A_{R1}G_{298}^0 / RT)$ $R_{298}^0 = \exp(16668/8, 31 \times 298) = 838 \text{Si calcul direct avec valeur}$ $\Delta G^{\circ} \text{ non arrondie}$ $R_{298}^0 = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{C02} = x_{C02}.Patm$ $Comme les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire$ $P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{bar} = 3,5.10^{-4} \text{bar}$ $A_{R1}G_{298} = A_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q$ où $Q = \frac{P_0}{P_{C02}} = \frac{1}{0,00035} = \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $A_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $A_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \text{si } A_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $A_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $A_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } A_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $A_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } A_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $A_{R1}G_{298} > 0 \text{ La réaction } \oplus \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO2 dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_{T} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{T}^0 + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$		Réponses
1) $A_{R1}S_{298}^{0} = S_{(FeCO3,298)}^{0} - S_{(FeO,298)}^{0} - S_{(CO2,298)}^{0}$ $A_{R1}S_{298}^{0} = 91 - 61 - 214 = -184J.mot^{-1}.K^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^{0} = A_{R1}H_{299}^{0} - TA_{R1}S_{298}^{0}$ $A_{R1}G_{298}^{0} = -71000 + 298 \times 184 = -16668 \text{ J. } mot^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^{0} = -16,7kJ.mot^{-1}$ $R_{298}^{0} = \exp(-A_{R1}G_{298}^{0}/RT)$ $R_{298}^{0} = \exp(16668/8,31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur}$ $\Delta G^{\circ} \text{ non arrondie}$ $R_{298}^{0} = \exp(16700/8,31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{C02} = \chi_{C02}.Patm$ $Comme \text{ les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire}$ $P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $A_{R1}G_{298} = A_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{P_{C02}} = \frac{1}{0,00035}$ $A_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $A_{R1}G_{298} = +3,01 kJ.mol^{-1} \text{ si } A_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $A_{R1}G_{298} = 3,04 kJ.mol^{-1} \text{ si } A_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $A_{R}G_{298} = 0 \text{ La réaction } 0 \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO2 dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_{T} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{T}^{0} + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0$		$\Delta_{R1}H_{298}^{0} = \Delta_{f}H_{(FeCO3,298)}^{0} - \Delta_{f}H_{(FeO,298)}^{0} - \Delta_{f}H_{(CO2,298)}^{0}$
$A_{R1}S_{298}^0 = S_{(ReCO3,298)}^0 - S_{(Fe0,298)}^0 - S_{(CO2,298)}^0$ $A_{R1}S_{298}^0 = 91 - 61 - 214 = -184J.mol^{-1}.K^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^0 = A_{R1}H_{298}^0 - TA_{R1}S_{298}^0$ $A_{R1}G_{298}^0 = -71000 + 298 \times 184 = -16668 \text{ J. } mol^{-1}$ $A_{R1}G_{298}^0 = -16.7kJ.mol^{-1}$ $R_{298}^0 = \exp(-\Delta_{R1}G_{298}^0/RT)$ $R_{298}^0 = \exp(16668/8,31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur}$ $\Delta G^{\circ} \text{ non arrondie}$ $R_{298}^0 = \exp(16700/8,31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{C02} = x_{C02}.Patm$ $Comme \text{ les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire}$ $P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $A_{R1}G_{298} = A_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{p_{C02}} = \frac{1}{0,00035} =$ $A_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $A_{R1}G_{298} = +3,01 kJ.mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $A_{R1}G_{298} = 3,04 kJ.mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $A_{R}G_{298} > 0 \text{ La réaction } 0 \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO_2 dans l'air sous 1 bar. \Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$		
$ \begin{array}{c} \Delta_{R1}S_{298}^0 = 9\dot{1} - 61 - 214 = -184J.mol^{-1}.K^{-1} \\ \Delta_{R1}G_{298}^0 = \Delta_{R1}H_{298}^0 - \mathrm{T}\Delta_{R1}S_{298}^0 \\ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -71000 + 298 \times 184 = -16668\mathrm{J}.mol^{-1} \\ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -16.7kJ.mol^{-1} \\ K_{298}^0 = \exp(-\Delta_{R1}G_{298}^0/R\mathrm{T}) \\ K_{298}^0 = \exp(16668/8,31 \times 298) = 838\mathrm{Si}\mathrm{calcul}\mathrm{direct}\mathrm{avec}\mathrm{valeur} \\ \Delta G^\circ\mathrm{non}\mathrm{arrondie} \\ K_{298}^0 = \exp(16700/8,31 \times 298) = 839\mathrm{calcul}\mathrm{avec}\Delta G^\circ\mathrm{arrondi} \\ \mathrm{Pco2} = \mathrm{xco2}.\mathrm{Patm} \\ \mathrm{Comme}\mathrm{les}\mathrm{gaz}\mathrm{sont}\mathrm{parfaits},\mathrm{le}\mathrm{pourcentage}\mathrm{volumique}\mathrm{est}\mathrm{\acute{e}gal}\mathrm{\grave{a}}\mathrm{la}\mathrm{fraction}\mathrm{molaire} \\ \mathrm{Pco2} = 0,00035\mathrm{x}1 = 0,00035\mathrm{bar} = 3,5.10^{-4}\mathrm{bar} \\ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT\mathrm{ln}\mathrm{Q} \\ \mathrm{o\grave{u}}$		$A c^0 - c^0$ c^0 c^0
2) $ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -71000 + 298 \times 184 = -16668 \text{ J. } mol^{-1} $ $ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -16, 7kJ. mol^{-1} $ $ K_{298}^0 = \exp(-\Delta_{R1}G_{298}^0/RT) $ $ K_{298}^0 = \exp(16668/8, 31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur } $ $ \Delta_{G}^{\circ} \text{ non arrondie } $ $ K_{298}^0 = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi} $ $ P_{\text{Co2}} = \text{x}_{\text{Co2}}. \text{Patm } $ $ \text{Comme les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire } $ $ P_{\text{Co2}} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q $ $ \text{où } Q = \frac{p_0}{p_{\text{Co2}}} = \frac{1}{0,00035} = $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 0 \text{ La réaction } 0 \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C } $ $ \text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{ dans l'air sous 1 bar.} $ $ \Delta_{R1}G_{7} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{7}^0 + RT \ln Q \leq 0 $ $ \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{7}^0 + RT \ln Q \leq 0 $		
2) $ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -71000 + 298 \times 184 = -16668 \text{ J. } mol^{-1} $ $ \Delta_{R1}G_{298}^0 = -16, 7kJ. mol^{-1} $ $ K_{298}^0 = \exp(-\Delta_{R1}G_{298}^0/RT) $ $ K_{298}^0 = \exp(16668/8, 31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur } $ $ \Delta_{G}^{\circ} \text{ non arrondie } $ $ K_{298}^0 = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi} $ $ P_{\text{Co2}} = \text{x}_{\text{Co2}}. \text{Patm } $ $ \text{Comme les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire } $ $ P_{\text{Co2}} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q $ $ \text{où } Q = \frac{p_0}{p_{\text{Co2}}} = \frac{1}{0,00035} = $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi } $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 0 \text{ La réaction } 0 \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C } $ $ \text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{ dans l'air sous 1 bar.} $ $ \Delta_{R1}G_{7} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{7}^0 + RT \ln Q \leq 0 $ $ \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{7}^0 + RT \ln Q \leq 0 $		$A_{P1}G_{200}^{0} = A_{P1}H_{200}^{0} - TA_{P1}S_{200}^{0}$
$K_{298}^{0} = \exp(-\Delta_{R1}G_{298}^{0}/RT)$ $K_{298}^{0} = \exp(16668/8, 31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur } \Delta G^{\circ} \text{ non arrondie}$ $K_{298}^{0} = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{CO2} = x_{CO2}.Patm$ $Comme \text{ les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire}$ $P_{CO2} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{p_{CO2}} = \frac{1}{0,00035} = \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{ La réaction } 0 \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO_2 dans l'air sous 1 bar. \Delta_{R1}G_{298} = 0 \text{ A}_{R1}G_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0$	2)	
3) $K_{298}^{0} = \exp(16668/8,31 \times 298) = 838 \text{ Si calcul direct avec valeur } \Delta G^{\circ} \text{ non arrondie} $ $K_{298}^{0} = \exp(16700/8,31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{C02} = x_{C02}.\text{Patm}$ $Comme \text{ les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire}$ $P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar } = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_{0}}{p_{C02}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{ La réaction } \text{0} \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO}_{2} \text{ dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_{7} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{7}^{0} + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0$	-	
$\Delta G^{\circ} \text{ non arrondie} \\ K_{298}^{0} = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi} \\ P_{C02} = x_{C02}. \text{Patm} \\ \text{Comme les gaz sont parfaits, le pour centage volumique est égal à la fraction molaire} \\ P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar} = 3,5.10^{-4} \text{ bar} \\ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q \\ \text{où} Q = \frac{p_0}{p_{C02}} = \frac{1}{0,00035} = \\ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} \\ \Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \text{ kJ. } mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi} \\ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi} \\ \Delta_{R}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi} \\ \Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \oplus \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO2 dans l'air sous 1 bar.} \\ \Delta_{R1}G_{T} \leq 0 \qquad \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{T}^{0} + RT \ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0$	3)	ILI
$K_{298}^{0} = \exp(16700/8, 31 \times 298) = 839 \text{ calcul avec } \Delta G^{\circ} \text{ arrondi}$ $P_{C02} = x_{C02}. \text{Patm}$ $Comme \text{ les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire}$ $P_{C02} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar} = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{p_{C02}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \text{ kJ. } mol^{-1} \text{ si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{ La réaction } \oplus \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO2 dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_{T} \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{T}^{0} + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0$		
4) $ \begin{array}{c} P_{\text{CO2}} = x_{\text{CO2}}.Patm \\ Comme \ les \ gaz \ sont \ parfaits, \ le \ pourcentage \ volumique \ est \ \acute{egal} \ \grave{a} \ la \\ fraction \ molaire \\ P_{\text{Co2}} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \ bar = 3,5.10^{-4} \ bar \\ \hline \\ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q \\ o\grave{u} Q = \frac{p_0}{P_{Co2}} = \frac{1}{0,00035} = \\ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} \\ \Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad si \ \Delta_{R1}G_{298} \ arrondi \\ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} \\ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad si \ \Delta_{R1}G_{298} \ non \ arrondi \\ \Delta_{R}G_{298} > 0 \ La \ r\'{eaction} \ \Large{O} \ ne \ se \ produit \ pas \ spontan\'{ement} \ \grave{a} \ 25°C \\ compte \ tenu \ de \ la \ pression \ partielle \ de \ CO_2 \ dans \ l'air \ sous \ 1 \ bar. \\ \Delta_{R1}G_T \leq 0 \qquad \Leftrightarrow \qquad \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \qquad \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0 \\ \end{cases}$		
$\begin{array}{c} \text{Comme les gaz sont parfaits, le pourcentage volumique est égal à la fraction molaire} \\ P_{\text{CO2}} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar} = 3,5.10^{-4} \text{ bar} \\ \hline \\ \Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q \\ \text{où} Q = \frac{p_0}{P_{CO2}} = \frac{1}{0,00035} = \\ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} \\ \Delta_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi} \\ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} \\ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} non \text{arrondi} \\ \hline \Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \textcircled{1} \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO2 dans l'air sous 1 bar.} \\ \hline \Delta_{R1}G_{T} \leq 0 \qquad \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_{T}^{0} + RT \ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^{0} - T\Delta_{R1}S_{298}^{0} + RT \ln Q \leq 0 \\ \hline \end{array}$		
fraction molaire $P_{CO2} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar} = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^0 + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{P_{CO2}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \text{ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{ dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$	4)	
$P_{\text{CO2}} = 0,00035 \times 1 = 0,00035 \text{ bar} = 3,5.10^{-4} \text{ bar}$ $\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{p_{CO2}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \ non \text{ arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \textcircled{0} \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO_2 dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \qquad \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$		
$\Delta_{R1}G_{298} = \Delta_{R1}G_{298}^{0} + RT \ln Q$ où $Q = \frac{p_0}{p_{C02}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ non arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \text$		
où $Q = \frac{p_0}{P_{CO2}} = \frac{1}{0,00035} =$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = +3,01 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi}$ $\Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \ non \text{ arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \text{ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{ dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$	5)	
$ \Delta_{R1}G_{298} = -16700 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{ arrondi} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \text{si } \Delta_{R1}G_{298} non \text{ arrondi} $ $ \Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \oplus \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C } $ $ \text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{dans l'air sous 1 bar.} $ $ \Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 $ $ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0 $		N1 270 N1 270 T
5) $ \Delta_{R1}G_{298} = +3,01 kJ. mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} \text{arrondi} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{3,5.10^{-4}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} non \text{arrondi} $ $ \Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \oplus \text{ne se produit pas spontanément à 25°C} $ $ \text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{dans l'air sous 1 bar.} $ $ \Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 $ $ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0 $		4
5) $ \Delta_{R1}G_{298} = -16668 + 8,31 \times 298 \ln \frac{1}{_{3,5.10^{-4}}} $ $ \Delta_{R1}G_{298} = 3,04 \ kJ. \ mol^{-1} \qquad \text{si} \ \Delta_{R1}G_{298} \ non \ \text{arrondi} $ $ \Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction} \ \mathbb{O} \ \text{ne se produit pas spontanément à 25°C} $ $ \text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \ \text{dans l'air sous 1 bar.} $ $ \Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 $ $ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0 $		5,5.10
$\Delta_{R1}G_{298} = -10000 + 6,31 \times 270 \mathrm{m}_{3,5.10^{-4}}$ $\Delta_{R1}G_{298} = 3,04 kJ. mol^{-1} \qquad \text{si } \Delta_{R1}G_{298} non \text{arrondi}$ $\Delta_{R}G_{298} > 0 \text{La réaction } \oplus \text{ ne se produit pas spontanément à 25°C}$ $\text{compte tenu de la pression partielle de CO}_2 \text{dans l'air sous 1 bar.}$ $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \leq 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$		
$\Delta_R G_{298} > 0$ La réaction ① ne se produit pas spontanément à 25°C compte tenu de la pression partielle de CO ₂ dans l'air sous 1 bar. $\Delta_{R1} G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1} G_T^0 + RT \ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \Delta_{R1} H_{298}^0 - T \Delta_{R1} S_{298}^0 + RT \ln Q \leq 0$		5,5.10
compte tenu de la pression partielle de CO_2 dans l'air sous 1 bar. $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT\ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT\ln Q \leq 0$		$\Delta_{R1}G_{298} = 3.04 \ kJ. \ mol^{-1}$ si $\Delta_{R1}G_{298} \ non \ arrondi$
compte tenu de la pression partielle de CO_2 dans l'air sous 1 bar. $\Delta_{R1}G_T \leq 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT\ln Q \leq 0 \\ \Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT\ln Q \leq 0$		
$\Delta_{R1}G_T \le 0 \Leftrightarrow \Delta_{R1}G_T^0 + RT \ln Q \le 0$ $\Leftrightarrow \Delta_{R1}H_{298}^0 - T\Delta_{R1}S_{298}^0 + RT \ln Q \le 0$		
$\Leftrightarrow \Delta_{R1} H_{298}^0 - T \Delta_{R1} S_{298}^0 + RT \ln Q \le 0$		·
11 270 11 270	6)	
		112 270 112 270
$\Leftrightarrow I(R. \ln Q - \Delta_{R1} S_{298}) \leq -\Delta_{R1} H_{298}^2$		$\Leftrightarrow T(R. \ln Q - \Delta_{R1} S_{298}^{0}) \le -\Delta_{R1} H_{298}^{0}$
6) In Q > 0 et $\Delta_{R1}S_{298}^0 < 0$ donc $T \le -\frac{\Delta_{R1}H_{298}^0}{R \ln Q - \Delta_{P1}S_{298}^0}$		In Q > 0 et $\Delta_{R1}S_{298}^0 < 0$ donc $T \le -\frac{\Delta_{R1}H_{298}^0}{R_{100} + R_{298}^0}$
$R lnQ - \Delta R_1 S_{298}^2$		$R \ln Q - \Delta R_1 S_{298}^2$
$T \le \frac{71500}{8.31 \times 7.9576 + 184} \Leftrightarrow T \le 286 K \Leftrightarrow T \le 13^{\circ}C$		$T < \frac{71500}{} \Leftrightarrow T < 286 K \Leftrightarrow T < 13^{\circ}C$
0,021.77,007.01.20.1		0,021.17,707.01.201
Condition assez facile à réaliser industriellement Augmenter la pression de CO ₂ pour déplacer l'équilibre dans le sens de		
	7)	
formation du carbonate		_

Exercice II: Quantification du CO₂ résiduel après absorption

(12points)

1)

$$K_s = \frac{[Sr^{2+}] \times [CO_3^{2-}]}{(C^0)^2} = \frac{s^2}{(C^0)^2} \text{ d'où } s = \sqrt{K_s \times (C^0)^2}$$

$$s = \sqrt{1,6.10^{-9} \times 1^2} = 4.10^{-5} mol. L^{-1}$$

2)

$$s = \sqrt{1,6.10^{-9} \times 1^{2}} = 4.10^{-5} mol. L^{-1}$$

$$SrCO_{3 (s)} \leftrightarrows Sr^{2+}_{(aq)} + CO_{3}^{2-}_{(aq)} \text{ avec } K_{S} = \frac{[sr^{2+}] \times [cO_{3}^{2-}]}{(c^{0})^{2}}$$

En début de précipitation on peut considérer que $[Sr^{2+}] = [Sr^{2+}]_i$.

Il vient alors :
$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_S \times (C^0)^2}{[Sr^{2+}]_i}$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{1,6.10^{-9} \times 1^2}{0.16} = 1,0.10^{-8} mol. L^{-1}$$

3)

Compte tenu du produit de solubilité, la précipitation est quantitative. On peut donc considérer que la quantité de Sr²⁺_(aq) quand 0,54 mol de CO₂ a réagi est :

$$n_{Sr^{2+}_{f}} = n_{Sr^{2+}_{i}} - n_{SrCO_{3form\acute{e}}} = n_{Sr^{2+}_{i}} - n_{CO_{2absorb\acute{e}}}$$

D'où
$$[CO_3^{2-}]_f = \frac{K_s \times (C^0)^2}{[Sr^{2+}]_f} = \frac{K_s \times (C^0)^2}{[Sr^{2+}]_i - n_{CO_2} + n_{CO_2}}$$

$$[CO_3^{2-}]_f = \frac{1,6.10^{-9} \times 1^2}{0,16-0,54/5} = 3,1.10^{-8} mol. L^{-1}$$

La constante étant constante, si la concentration en Sr²⁺(ag) diminue du fait de la précipitation de SrCO₃, alors la concentration des carbonates augmente nécessairement (par rapport au début de précipitation) d'après l'expression du produit de solubilité. Toutefois la quantité de matière de carbonates en solution ($n_{CO_3^{2-}_f}=[CO_3^{2-}]_f imes V=$ 15,5.10 $^{-8}$ mol) est suffisamment faible

devant la quantité de précipité formée (environ 0,54 mol) pour être négligeable et pour qu'il soit justifié de considérer la réaction de précipitation comme étant totale.

B-1)

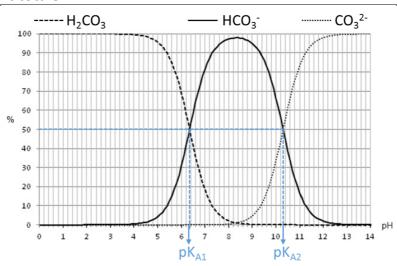


Diagramme de distribution des espèces carbonatées présentes en solution aqueuse en fonction du pH.

> Espèces Indication des pK_A

2)

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log\frac{K_e}{[OH^-]}$$

$$pH = -log \frac{10^{-14}}{0.5} = 13.7$$

3)
$$H_2CO_3 + H_2O \leftrightarrows HCO_3^- + H_3O^+ \text{ avec } K_{A_1} = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3] \times C^0} = 10^{-6,3}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = \frac{K_{A_1} \times C^0}{[H_3O^+]} = \frac{K_{A_1} \times C^0}{10^{-pH}}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3^-]} = \frac{K_{A_1} \times C^0}{[H_3O^+]} = \frac{K_{A_1} \times C^0}{10^{-pH}}$$
$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3^-]} = \frac{10^{-6,3} \times 1}{10^{-13,7}} = 10^{7,4} = 2,5.10^7$$

$$HCO_3^- + H_2O \leftrightarrows CO_3^{2-} + H_3O^+ \text{ avec } K_{A_2} = \frac{[co_3^{2-}][H_3o^+]}{[Hco_3^-] \times c^0} = 10^{-10,3}$$

$$\frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^{-}]} = \frac{K_{A_2} \times C^0}{[H_3O^+]} = \frac{K_{A_2} \times C^0}{10^{-pH}}$$
$$\frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^{-}]} = \frac{10^{-10,3} \times 1}{10^{-13,7}} = 10^{3,4} = 2,5.10^3$$

- b) Le CO₂ dissous dans la soude est essentiellement sous forme d'ions carbonate car $[CO_3^{2-}] >> [HCO_3^{-}] >>> [H_2CO_3^{-}]$
- c) Ce résultat était prévisible à partir du diagramme de prédominance des espèces qui montre qu'à pH = 13,7 non seulement que les ions $C0_3^{2-}$ sont prédominants mais ils représentent environ 100 % est espèces carbonatées.
- 4) Réaction (2): $HCO_3^- + H_3O^+ \leftrightarrows H_2CO_3 + H_2O$

$$K_4^0 = \frac{[H_2CO_3] \times C^0}{[HCO_3^-] \times [H_3O^+]} = \frac{1}{K_{A1}} = 10^{6,3}$$

Réaction (3): $OH^- + H_3O^+ \leftrightarrows 2H_2O$

$$K_5^0 = \frac{(C^0)^2}{[OH^-] \times [H_3O^+]} = \frac{1}{K_e} = 10^{14}$$

Réaction (4) $CO_3^{2-} + H_3O^+ \leftrightarrows HCO_3^- + H_2O$

$$K_6^0 = \frac{[HCO_3^-] \times C^0}{[CO_3^{2-}] \times [H_3O^+]} = \frac{1}{K_{A2}} = 10^{10,3}$$

Remarque : les trois constantes sont >10⁴, les réactions peuvent donc être considérées comme totales.

b) D'après les constantes calculées, les réactions se produisent dans l'ordre suivant :

 $OH^{-} + H_{3}O^{+} \leftrightarrows 2H_{2}O$, puis $CO_{3}^{2-} + H_{3}O^{+} \leftrightarrows HCO_{3}^{-} + H_{2}O$, et enfin $HCO_{3}^{-} + H_{3}O^{+} \leftrightarrows H_{2}CO_{3} + H_{2}O$.

(Cohérent avec diminution du pH au fur et à mesure de l'ajout d'acide et le diagramme de prédominance des espèces carbonatées.)