

Exercice 1 On suppose que le vin n'est constitué que d'eau et d'éthanol.

Q1: On sait que $V_{\text{vin}} = V_{\text{eau}} + V_{\text{éthanol}} = 2,0 \text{ L}$. (1)

De plus $m_{\text{éthanol}} = m_{\text{vin}} \times 0,11 \rightarrow m_{\text{vin}} = \frac{m_{\text{éthanol}}}{0,11}$ (2)

et $m_{\text{vin}} = m_{\text{éthanol}} + m_{\text{eau}}$

avec (2) $\rightarrow m_{\text{eau}} = m_{\text{éthanol}} \left(\frac{1}{0,11} - 1 \right)$

En utilisant les masses volumiques :

$$\rho_{\text{eau}} \times V_{\text{eau}} = \rho_{\text{éthanol}} \times V_{\text{éthanol}} \cdot \left(\frac{1}{0,11} - 1 \right)$$

avec (1) $\rightarrow \rho_{\text{eau}} \times (V_{\text{vin}} - V_{\text{éthanol}}) = \rho_{\text{éthanol}} \times V_{\text{éthanol}} \cdot \left(\frac{1}{0,11} - 1 \right)$

$$\rightarrow V_{\text{éthanol}} = \frac{\rho_{\text{eau}} \times V_{\text{vin}}}{\rho_{\text{éthanol}} \left(\frac{1}{0,11} - 1 \right) + \rho_{\text{eau}}}$$

$$\rightarrow m_{\text{éthanol}} = \rho_{\text{éthanol}} \cdot V_{\text{éthanol}} = \frac{\rho_{\text{eau}} \times \rho_{\text{éthanol}} \times V_{\text{vin}}}{\rho_{\text{éthanol}} \left(\frac{1}{0,11} - 1 \right) + \rho_{\text{eau}}}$$

AN : $m_{\text{éthanol}} = \underline{\underline{214 \text{ g}}}$

Q2 $m_i(\text{éthanol}) = 214 \text{ g} \rightarrow n_i(\text{éthanol}) = \frac{m_i(\text{éthanol})}{M(\text{éthanol})} = \frac{214}{46,0} = 4,65 \text{ mol}$

$$m_1(\text{éthanol}) = 139 \text{ g} \rightarrow n_1(\text{éthanol}) = \frac{m_1(\text{éthanol})}{M(\text{éthanol})} = \frac{139}{46,0} = 3,02 \text{ mol.}$$

Comme $n_1(\text{éthanol}) = n_i(\text{éthanol}) - \Sigma_1 \Rightarrow \Sigma_1 = 1,63 \text{ mol.}$

$$m_1(\text{acide éth.}) = M(\text{acide éth.}) \cdot n_1(\text{acide éth.})$$

or $n_1(\text{acide éth.}) = \Sigma_1$ donc $m_1(\text{acide éth.}) = M(\text{acide éth.}) \cdot \Sigma_1 = 60,0 \times 1,63$

$$\hookrightarrow m_1(\text{acide éth.}) = \underline{\underline{97,8 \text{ g}}}$$

Q3 Pour $\Sigma_2 = 1,25 \text{ mol.}$

$$m_2(\text{éthanol}) = m_i(\text{éthanol}) - M(\text{éthanol}) \cdot \Sigma_2 \Rightarrow m_2(\text{éthanol}) = 157 \text{ g.}$$

$$m_2(\text{acide éth.}) = M(\text{acide éth.}) \cdot \Sigma_2 \Rightarrow m_2(\text{acide éth.}) = 75 \text{ g}$$

Q4: Fin de la réaction pour (on suppose O₂ en excès car présent dans l'air)

$$n_f(\text{éthanol}) = n_i(\text{éthanol}) - \Sigma_f = 0 \Rightarrow \Sigma_f = 4,65 \text{ mol}$$

Q5: Fermentation totale $\rightarrow \Sigma_f = \Sigma_{\text{max}} = 4,65 \text{ mol}$

$$m_{\text{max}}(\text{acide éth.}) = M(\text{acide éth.}) \cdot \Sigma_f = 60,0 \times 4,65 = 279 \text{ g}$$

On veut $\frac{m(\text{acide éth.})}{m(\text{acide éth.}) + m(\text{eau})} = 0,06 \rightarrow m(\text{eau}) = \frac{m(\text{acide éth.})(1-0,06)}{0,06} = 4,37 \times 10^3 \text{ g.}$

⚠ De l'eau est déjà présente!

- Eau introduite dans le vin de départ

Dans le vin:

$$\hookrightarrow m_{(\text{eau})}^{\text{vin}} = m_{(\text{ethanol})}^{\text{vin}} \times \left(\frac{1}{0,41} - 1 \right)$$

$$m_{(\text{eau})}^{\text{vin}} = 1,73 \times 10^3 \text{ g.}$$

- Eau produite dans la réaction:

$$m_{(\text{eau})}^{\text{produite}} = M_{(\text{eau})} \times \Sigma_f = 83,7 \text{ g.}$$

↳ Masse d'eau à rajouter:

$$m_{(\text{eau})}^{\text{ajoutée}} = m_{(\text{eau})}^{\text{totale}} - (m_{(\text{eau})}^{\text{produite}} + m_{(\text{eau})}^{\text{vin}})$$
$$\Rightarrow m_{(\text{eau})}^{\text{ajoutée}} = 2,55 \times 10^3 \text{ g}$$

Il faut donc rajouter 2,55 litre d'eau.

Exercice 2:

$$Q_r = \frac{\left(\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{c^o}\right)^3 \times \left(\frac{p(\text{NO})}{p^o}\right)^2 \times 1}{1 \times \left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^o}\right)^8 \times \left(\frac{[\text{NO}_3^-]}{c^o}\right)^2} = \frac{\left(\frac{3,0 \times 10^{-2}}{1}\right)^3 \times \left(\frac{1,5 \times 10^4}{10^5}\right)^2 \times 1}{1 \times \left(\frac{2,0 \times 10^{-2}}{1}\right)^8 \times \left(\frac{8,0 \times 10^{-2}}{1}\right)^2}$$

$$\Rightarrow Q_r = 3,7 \times 10^9 < K^\circ (= 10^{63})$$

Q2 Le système n'est pas à l'équilibre car $Q_r \neq K^\circ$
et puisque $Q_r < K^\circ$ le système évolue dans le sens direct.

Exercice 5:

$$Q_1: \text{On sait que } K^\circ = \frac{\frac{p_f(\text{CO})}{p^o} \times \frac{p_f(\text{Br}_2)}{p^o}}{\frac{p_f(\text{COBr}_2)}{p^o}}$$

or pour un gaz parfait: $p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$ ⚠ V en m^3 si $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Pour avoir les quantités de matières, on utilise un tableau d'avancement:

$\text{COBr}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g})$					
ini.	0	$n_{\text{CO}}(\text{COBr}_2) = 0,500 \text{ mol}$	0	0	0
int.	ξ	$n_{\text{CO}} = \xi$	ξ	ξ	ξ
final	ξ_f	$n_{\text{CO}} = \xi_f$	ξ_f	ξ_f	ξ_f

On a donc:

$$K^\circ(346\text{K}) = \frac{\left(\frac{\xi_f \cdot R \cdot T}{p^o \cdot V}\right)^2}{\frac{(n_0 - \xi_f) \cdot R \cdot T}{p^o \cdot V}}$$

$$\hookrightarrow K^\circ \cdot (n_0 - \xi_f) = \frac{\xi_f^2 \cdot R \cdot T}{p^o \cdot V}$$

$$\hookrightarrow \xi_f^2 \cdot \frac{R \cdot T}{p^o \cdot V} + K^\circ \xi_f - K^\circ \cdot n_0 = 0$$

Résolution: $\Delta = K^\circ^2 + 4 \frac{R \cdot T}{p^o \cdot V} \cdot K^\circ \cdot n_0 \quad \rightarrow \xi_f = \frac{-K^\circ \pm \sqrt{K^\circ^2 + \frac{4RT}{p^o \cdot V} \cdot K^\circ \cdot n_0}}{2 \cdot \frac{R \cdot T}{p^o \cdot V}}$

AN: $\xi_f = 2,85 \times 10^{-2} \text{ mol}$

ou $\xi_f = -6,65 \times 10^{-2} \text{ mol}$

$$n_f(COBr_2) = n_i - \xi_f = 2,15 \times 10^{-1} \text{ mol.}$$

$$n_f(CO) = n_f(Br_2) = \xi_f = 2,85 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

Q2 taux de décomposition = $\frac{\xi_f}{n_i} = \frac{2,85 \times 10^{-1}}{5,00 \times 10^{-1}} = 57\%$

Q3: Nouvel état initial \Rightarrow nouveau tableau d'avancement

$COBr_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Br_2(g)$				
ini.	0	$n_i(COBr_2) = 0,215 \text{ mol}$	$n_i(CO) = 2,285 \text{ mol}$	$n_i(Br_2) = 0,285 \text{ mol}$
int.	ξ	$n_i(COBr_2) - \xi$	$n_i(CO) + \xi$	$n_i(Br_2) + \xi$
final	ξ_f	$n_i(COBr_2) - \xi_f$	$n_i(CO) + \xi_f$	$n_i(Br_2) + \xi_f$

$$Q_r, \text{ini} = \frac{\frac{n_i(CO) \cdot R.T}{P \cdot V} \times \frac{n_i(Br_2) \cdot R.T}{P \cdot V}}{\frac{n_i(COBr_2) \cdot R.T}{P \cdot V}} = 43,5.$$

Puisque $Q_r, \text{ini} > K^\circ$, le système va évoluer dans le sens inverse.

Rmq: Rajouter un produit lorsque l'équilibre est atteint conduit à favoriser la réaction inverse.

En utilisant l'état final :

$$K^\circ \cdot (n_i(COBr_2) - \xi_f) = \frac{R.T}{P \cdot V} \times (n_i(CO) + \xi_f)(n_i(Br_2) + \xi_f)$$

$$\Rightarrow 0 = \frac{RT}{P \cdot V} \xi_f^2 + \left(K^\circ + \frac{RT}{P \cdot V} (n_i(CO) + n_i(Br_2)) \right) \cdot \xi_f + \left(\frac{RT}{P \cdot V} \times n_i(CO) \cdot n_i(Br_2) - K^\circ \cdot n_i(COBr_2) \right)$$

14,3763 42,407091 8,188305968

Résolution $\rightarrow \xi_f = -2,74$ ou

très grand en valeur absolue
Br₂ serait entièrement consommé avant.

$$\xi_f = -2,08 \times 10^{-1} \text{ mol.}$$

Réaction en sens inverse $\Rightarrow \xi_f < 0$.

Pour ce nouvel état final:

$$n_f(COBr_2) = 4,23 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n_f(CO) = 2,077 \text{ mol}$$

$$n_f(Br_2) = 7,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$$