

Exercice n°1 • Gaz parfait



Soit une pièce remplie d'air avec  $T = 25\text{ °C}$  et  $P_{atm} = 1,013\text{ bar}$ . En assimilant l'air au mélange 20 % dioxygène et 80 % diazote (fractions molaires), préciser :

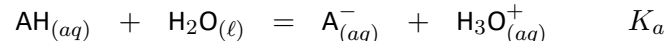
- 1) les pressions partielles en  $O_{2(g)}$  et  $N_{2(g)}$  ;
- 2) les concentrations de chaque constituant ;
- 3) les quantités respectives de  $O_{2(g)}$  et  $N_{2(g)}$ , sachant que le volume de la pièce est de  $10\text{ m}^3$  ;
- 4) la masse volumique du mélange.

Données :  $M_{O_2} = 32,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M_{N_2} = 28,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Exercice n°2 • Taux d'avancement



Soit une solution aqueuse d'acide lactique, de formule  $CH_3-CHOH-COOH$  et noté AH, de concentration  $C = 5,0 \cdot 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Soit la réaction :



Le taux d'avancement de cette réaction vaut :  $\tau = 0,153$ .

- 1) Calculer les concentrations de chaque espèce dans l'état final.
- 2) En déduire les valeurs de la constante d'équilibre  $K_a$  de la réaction.

Exercice n°3 • La fusée Ariane 5



L'étage principal cryotechnique (EPC) permet d'assurer la propulsion de la fusée après son décollage jusqu'à une altitude comprise, selon la mission, entre 130 et 420 km. Il est équipé de deux réservoirs contenant 132 tonnes de dioxygène liquide et 26 tonnes de dihydrogène liquide, qui vont réagir totalement en alimentant un moteur Vulcain pour former de l'eau. Le réactif en excès permet de refroidir le moteur.

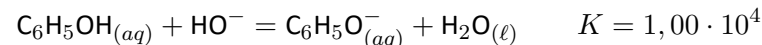
- 1) Déterminer les quantités de réactifs présents initialement dans l'EPC.
- 2) Écrire l'équation de la réaction entre le dioxygène et le dihydrogène.
- 3) À l'aide d'un tableau d'avancement, déterminer le réactif en excès et la masse en excès.
- 4) Calculer la masse d'eau éjectée.

Données :  $M_H = 1,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M_O = 16\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Exercice n°4 • Phénol



On mélange un volume  $V_1 = 20\text{ mL}$  de phénol  $C_6H_5OH_{(aq)}$  à la concentration  $C_1 = 0,020\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  avec un volume  $V_2 = 20\text{ mL}$  de solution d'hydroxyde de sodium  $Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$  à la concentration  $C_2 = 0,080\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . On considère la réaction suivante :

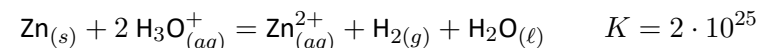


- 1) Déterminer les concentrations initiales de chaque espèce.
- 2) En déduire le quotient réactionnel à l'instant initial. Dans quel sens évolue la réaction ?
- 3) Quel est le réactif limitant ?
- 4) Déterminer les concentrations de chaque constituant dans l'état final.

Exercice n°5 • Zinc



On considère la réaction d'oxydation du métal zinc par une solution diluée d'acide chlorhydrique  $H_3O_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$ , à la température  $T = 300\text{ K}$  :



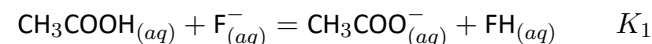
La pression partielle en  $H_2$  est supposée constante au cours de la réaction. À un instant donné, on mesure les valeurs suivantes :  $[H_3O^+] = 0,20\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $[Zn^{2+}] = 0,10\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $[Cl^-] = 400 \cdot 10^{-3}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $P_{H_2} = 20\text{ kPa}$ .

- 1) Déterminer l'activité de chacun des constituants du système à l'instant donné.
- 2) En déduire la valeur du quotient de réaction à cet instant.
- 3) Dans quel sens évolue le système ? Que dire de cette réaction chimique ?
- 4) Déterminer la composition du système à l'équilibre.

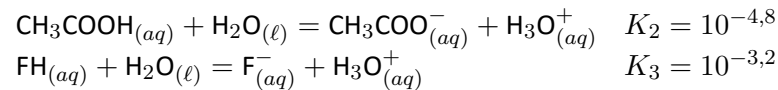
Exercice n°6 • Composition de réactions



On s'intéresse à une solution aqueuse obtenue à  $298\text{ K}$  par mélange de  $100\text{ mL}$  d'acide éthanoïque  $CH_3COOH$  (concentration initiale  $c_1 = 1,0\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) et de  $100\text{ mL}$  d'ions fluorure  $F^-$  (concentration initiale  $c_2 = 0,5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). La réaction susceptible de se produire s'écrit :



On donne les constantes d'équilibres  $K_2$  et  $K_3$  relatives aux équilibres suivants à 298 K :

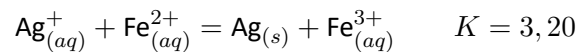


- 1) Exprimer la constante d'équilibre notée  $K_1$  en fonction des concentrations à l'équilibre puis en fonction de  $K_2$  et  $K_3$ .
- 2) Déterminer la composition du mélange (réaction 1) à l'état d'équilibre.

### Exercice n°7 • Argent



Une solution de volume  $V = 500$  mL, contient des ions argent (I)  $\text{Ag}^+$ , des ions fer (II)  $\text{Fe}^{2+}$  et fer (III)  $\text{Fe}^{3+}$  et un dépôt d'argent en poudre. Cette solution est le siège de la réaction :



On suppose qu'initialement :

$$\begin{aligned} [\text{Ag}^+]_0 &= 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} & [\text{Fe}^{2+}]_0 &= 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ [\text{Fe}^{3+}]_0 &= 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} & n_{\text{Ag}} &= 10 \text{ mmol} \end{aligned}$$

- 1) Calculer le quotient de réaction et en déduire le sens d'évolution de la réaction.
- 2) Dresser un tableau d'avancement et déterminer l'avancement de la réaction à l'équilibre.
- 3) Calculer le taux d'avancement de la réaction.

On suppose qu'initialement :

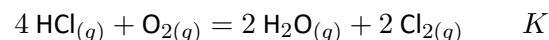
$$\begin{aligned} [\text{Ag}^+]_0 &= 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} & [\text{Fe}^{2+}]_0 &= 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ [\text{Fe}^{3+}]_0 &= 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} & n_{\text{Ag}} &= 50 \text{ mmol} \end{aligned}$$

- 4) Calculer le quotient de réaction et en déduire le sens d'évolution du système.

### Exercice n°8 • Fabrication de dichlore par le procédé Deacon



Le dichlore peut être préparé par la réaction suivante :



À température fixée et sous une pression initiale de  $P = 10$  bar, on mélange une mole de dioxygène et une mole de HCl dans un réacteur de volume fixe.

- 1) Écrire le tableau d'avancement de la réaction (en quantité de matière).
- 2) Déterminer la pression totale  $P_{tot}$  du mélange en fonction de l'avancement  $\xi$  et de la pression initiale du mélange  $P_0$ .
- 3) À l'équilibre, les pressions partielles en  $\text{O}_2$  et  $\text{Cl}_2$  sont reliées par :  $P_{\text{O}_2} = 2 P_{\text{Cl}_2}$ . En déduire l'avancement à l'équilibre  $\xi_f$  et la constante de réaction  $K$ .

### Exercice n°9 • Équilibre en phase gazeuse



Les masses molaires de P et Cl valent respectivement 31,0 et 35,5  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . La masse molaire de l'air vaut environ 29  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Dans tout l'exercice, on notera  $n_0$  le nombre de moles initial de  $\text{PCl}_5$  et les avancements seront donnés en fonction de  $n_0$ .

- 1) Pour un gaz parfait, déterminer la relation entre la pression partielle  $P_i$  du composant  $i$ , la pression totale  $P$  et la fraction molaire du composant  $i$ ,  $x_i = n_i/n_{tot}$  où  $n_i$  est le nombre de moles du composant  $i$  et  $n_{tot}$  le nombre total de moles de gaz.
- On étudie la décomposition de  $\text{PCl}_5$  en phase gazeuse donnant  $\text{PCl}_3$  et  $\text{Cl}_2$  :



À 280 °C, sous  $P = 1,00$  bar, la densité (rapport entre la masse volumique du mélange et celle de l'air) du mélange à l'équilibre vaut 5,83.

- 2) Calculer le taux d'avancement de la réaction à l'équilibre et en déduire la valeur de la constante d'équilibre à cette température.
- 3) Que vaut le taux d'avancement  $\tau'$  si  $P' = 3,00$  bar ?

### Éléments de correction

- ① 1)  $P_{\text{O}_2} = 0,203$  bar et  $P_{\text{N}_2} = 0,810$  bar. 2)  $C_{\text{O}_2} = 8,17 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$  et  $C_{\text{N}_2} = 32,7 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$ . 3)  $n_{\text{O}_2} = 81,7 \text{ mol}$  et  $n_{\text{N}_2} = 327 \text{ mol}$ . 4)  $\rho = 1,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . ② 1)  $[\text{AH}]_f = 4,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $[\text{A}^-]_f = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . 2)  $K_a = \frac{x_f^2}{C^\circ(C - x_f)} = 1,38 \cdot 10^{-4}$ . ③ 1)  $n_0(\text{O}_2) = 4,1 \cdot 10^6 \text{ mol}$  et  $n_0(\text{H}_2) = 13 \cdot 10^6 \text{ mol}$ . 2)  $\frac{1}{2} \text{O}_{2(\ell)} + \text{H}_{2(\ell)} = \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . 3)  $m_f(\text{H}_2) = 9,5$  tonnes. 4)  $m_f(\text{H}_2\text{O}) = 148,5$  tonnes. ④ 1)  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_0 = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]_0 = 0$  et  $[\text{HO}^-]_0 = 0,04 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . 2)  $Q_r(EI) = 0 < K$  : sens direct. 3)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ . 4)  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]_f = x_f = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $[\text{HO}^-]_f = [\text{HO}^-]_0 - x_f = 0,03 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_f = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . ⑤ 1)  $a_{\text{Zn}} = 1$ ,  $a_{\text{H}_3\text{O}^+} = 0,20$ ,  $a_{\text{Zn}^{2+}} = 0,10$ ,  $a_{\text{H}_2} = 0,20$ ,  $a_{\text{H}_2\text{O}} = 1$  et  $a_{\text{Cl}^-} = 0,40$ . 2)  $Q_r = 0,5 < K$ . 3) Sens

direct. Réaction quantitative. 4)  $[\text{Zn}^{2+}]_f = 0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 4,5 \cdot 10^{-14} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . **6** 1)  $K_1 = \frac{K_2}{K_3} = 10^{-1,6}$ . 2)  $x_f = 0,048 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . **7** 1)  $Q_r = 0,25 < K$  : sens direct. 2)  $x_f = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . 3)  $\tau = 21 \%$ . 4)  $Q_r = 50 > K$  : sens indirect. **8** 2)  $P_{tot} = \frac{2-\xi}{2} P_0$ . 3)  $\xi_f = 0,2 \text{ mol}$  et  $K = 4,0$ . **9** 1)  $P_i = x_i P$ . 2)  $\tau = 0,233$  et  $K = 0,0575$ . 3)  $\tau' = 0,137$ .