

Corrigé DS n° 2 : Avancement d'une réaction chimique - Oxydoréduction

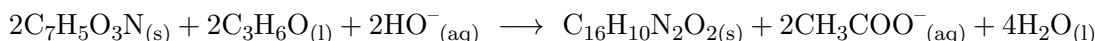
1^{ère} spécialité Physique-Chimie - Lycée d'adultes - Poisson Florian

5 octobre 2019

Exercice 1 - Fabrication d'un colorant (7 points)

L'indigo est l'un des plus anciens colorants connus (il a été identifié sur des bandelettes de momies) et il reste aujourd'hui très employé ; la mode des jeans, depuis les années 1960, lui ayant redonné une nouvelle jeunesse. C'est en 1850 que le californien Levi Strauss fabriqua le premier blue-jean, taillé dans la toile de tente et teint en bleu de Gênes à l'aide de l'indigo.

On désire fabriquer de l'indigo pour teindre un jeans. Le protocole expérimental est décrit ci-dessous : L'indigo $C_{16}H_{10}N_2O_2$ peut-être synthétisé à partir de 2-nitrobenzaldéhyde $C_7H_5O_3N$, d'acétone C_3H_6O et d'ions hydroxyde HO^- selon la réaction d'équation :



La synthèse est réalisée avec une masse $m_1 = 1,00$ g de 2-nitrobenzaldéhyde solide $C_7H_5O_3N$, un volume $V_2 = 20,0$ mL d'acétone C_3H_6O et un volume $V_S = 2,5$ mL d'une solution aqueuse contenant des ions hydroxyde HO^- et des ions sodium Na^+ . La concentration en ions hydroxyde (ainsi que celle en ions sodium) vaut $c_S = 4,0$ mol.L⁻¹.

Données : $M(H) = 1,00$ g.mol⁻¹ ; $M(C) = 12,0$ g.mol⁻¹ ; $M(N) = 14,0$ g.mol⁻¹ ; $M(O) = 16,0$ g.mol⁻¹ ; $M(C_{16}H_{10}N_2O_2) = 262$ g.mol⁻¹ ; $\rho(C_3H_6O) = 0,784$ g.mL⁻¹.

1. L'ion éthanoate $CH_3COO^-_{(aq)}$ est-il un réactif ou un produit ? Justifier votre réponse.
L'ion éthanoate est formé au cours de la réaction chimique, il se situe à droite de l'équation bilan, il s'agit donc d'un produit.
2. Quelle(s) est (sont) le ou les nom(s) et les formule(s) de(s) espèce(s) chimique(s) spectatrice(s) ? Définir le terme espèce chimique spectatrice.
Les ions Na^+ sont spectateurs, ils ne participent pas à la transformation chimique, ils n'apparaissent pas dans l'équation bilan.
3. Calculer les quantités de matière de 2-nitrobenzaldéhyde et des ions hydroxyde à l'état initial.

$$\begin{aligned}n_i(C_7H_5O_3N) &= n_1 = \frac{m_1}{M(C_7H_5O_3N)} \\M(C_7H_5O_3N) &= 7M(C) + 5M(H) + 3M(O) + M(N) = 151 \text{ g.mol}^{-1} \\n_1 &= \frac{1,00}{151} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_i(C_3H_6O) &= n_2 = \frac{m_2}{M(C_3H_6O)} = \frac{\rho(C_3H_6O) \times V_2}{M(C_3H_6O)} \\n_2 &= \frac{0,784 \times 20,0}{3 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 16,0} = 0,27 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$n_2 = 0,27 \text{ mol}$$

$$n_i(\text{HO}^-) = n = c_S \times V_S = 4,0 \times 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$n = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

	$2\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{N}$	+	$2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	+	2HO^-	\longrightarrow	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$	+	$2\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$4\text{H}_2\text{O}$
(E.I)	n_1		n_2		n		0		0		excès
(E.F)	$n_1 - 2x_{max}$		$n_2 - 2x_{max}$		$n - 2x_{max}$		x_{max}		$2x_{max}$		excès

5. Déterminer le ou les réactifs limitant, ainsi que l'avancement maximal x_{max} .

$$n_1 - 2x_{max} = 0 \qquad n_2 - 2x_{max} = 0 \qquad n - 2x_{max} = 0$$

$$x_{max} = \frac{n_1}{2} \qquad x_{max} = \frac{n_2}{2} \qquad x_{max} = \frac{n}{2}$$

$$x_{max} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \qquad x_{max} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \qquad x_{max} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Donc le 2-nitrobenzaldéhyde est le réactif limitant et $x_{max} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

6. Déterminer les quantités de matières des espèces à l'état final.

$$n_f(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{N}) = n_1 - 2x_{max} = 0 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = n_2 - 2x_{max} = 0,26 \text{ mol}$$

$$n_f(\text{HO}^-) = n - 2x_{max} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_f(\text{chC}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2) = x_{max} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_f(\text{chCH}_3\text{COO}^-) = 2x_{max} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

H_2O est en excès (solvant).

7. Calculer la masse d'indigo formé à l'état final.

$$m = n \times M = 3,3 \cdot 10^{-3} \times 262 = 0,86 \text{ g}$$

8. Calculer la concentration molaire des ions éthanoate à l'état final.

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{n}{V_2 + V_S} = \frac{6,6 \cdot 10^{-3}}{22,5 \cdot 10^{-3}} = 0,29 \text{ mol.L}^{-1}$$

Exercice 2 - L'arbre de Diane (6,5 points)

Dans un tube à essais, on verse un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ de solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$), de concentration molaire en ions argent $c = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

On immerge partiellement un fil de cuivre. La masse de la partie immergée est égale à $m = 0,52 \text{ g}$. Le fil de cuivre se recouvre progressivement d'un dépôt gris d'argent métallique, appelé « arbre de Diane », et la solution bleuit.

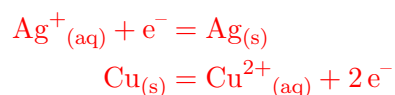
On donne les couples oxydant/réducteur suivants : $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}/\text{Ag}_{(\text{s})}$ et $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Cu}_{(\text{s})}$

Données : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g.mol}^{-1}$

1. Pourquoi peut-on affirmer qu'une transformation chimique a eu lieu ?

L'apparition du dépôt d'argent et le bleuissement de la solution témoignent du fait qu'une transformation chimique a eu lieu

2. Établir l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui a lieu en prenant soin de donner les demi-équations électroniques au préalable.



D'où l'équation bilan en multipliant la première demi-équation de l'argent par un facteur 2 :



3. Calculer les quantités de matières initiales des deux réactifs introduits.

$$n_1(\text{Ag}^+) = c \times V = 5,0 \cdot 10^{-3} \times 0,20 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_2(\text{Cu}) = \frac{m}{M(\text{Cu})} = \frac{0,52}{63,5} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4. Dresser le tableau d'avancement de la réaction et déterminer le réactif limitant ainsi que la valeur de l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

Equation de la réaction		$2 \text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cu}_{(\text{s})} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Ag}_{(\text{s})}$			
		Quantités de matière en mol			
Etat Initial (E.I)	$x = 0$	n_1	n_2	0	0
Etat Final (E.F)	$x = x_{\text{max}}$	$n_1 - 2x_{\text{max}}$	$n_2 - x_{\text{max}}$	x_{max}	$2x_{\text{max}}$

$$n_1 - 2x_{\text{max}} = 0$$

$$n_2 - x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = \frac{n_1}{2}$$

$$x_{\text{max}} = n_2$$

$$x_{\text{max}} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max}} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Donc Ag^+ est limitant et $x_{\text{max}} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

5. Calculer la masse d'argent formée au cours de cette transformation chimique.

$$m = n \times M(\text{Ag}) = 2x_{\text{max}} \times M(\text{Ag}) = 2 \times 5,0 \cdot 10^{-4} \times 107,9 = 0,11 \text{ g}$$

Exercice 3 - Équations bilans d'oxydoréduction (4 points)

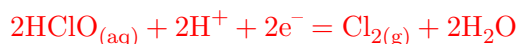
On s'intéresse aux couples $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$, $\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{Cl}_{2(\text{g})}$ et $\text{Cl}_{2(\text{g})}/\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.

1. Écrire et équilibrer les demi-équations électroniques de chacun des couples en milieu acide.

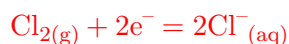
Couple $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$:



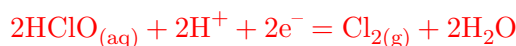
Couple $\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{Cl}_{2(\text{g})}$:



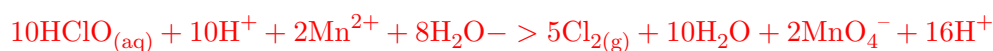
Couple $\text{Cl}_{2(\text{g})}/\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$:



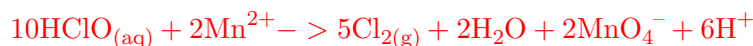
2. Écrire l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction entre l'acide hypochloreux $\text{HClO}_{(\text{aq})}$ et l'ion manganèse Mn^{2+} en milieu **basique**.



D'où l'équation bilan d'oxydoréduction en multipliant la première ligne par 5 et la deuxième par 2 :



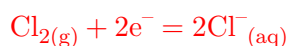
Ce qui donne en simplifiant les H^+ et les H_2O excédentaires :



Pour équilibrer en milieu acide il faut ajoutant autant de H^+ à droite et à gauche qu'il y a de H^+ , ce qui donne :



3. Écrire l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction entre le dichlore $\text{Cl}_{2(\text{g})}$ et lui-même, en équilibrant en milieu acide.



Soit l'équation bilan suivante :



Exercice 4 - Couleurs (2,5 points)

Une pomme jaune est éclairée par une lumière blanche, composée des trois couleurs primaires (Bleu, Vert et Rouge).

1. Comment se nomment les récepteurs de la lumière sur la rétine ?
Les récepteurs de la lumière sur la rétine sont les bâtonnets (sensibles aux faibles luminosités, vision nocturne) et les cônes (3 types de cônes sensibles respectivement aux 3 couleurs primaires Rouge, Vert et Bleu).
2. On éclaire la pomme en lumière rouge. Quelle sera sa couleur ? Justifier avec les termes couleurs absorbées et couleurs diffusées.
La pomme jaune diffuse le rouge et le vert et absorbe le bleu. Éclairée en lumière rouge, elle va donc diffuser le rouge et apparaître de couleur rouge.
3. On interpose un filtre cyan entre la source de lumière blanche et la pomme. De quelle couleur sera alors perçue la pomme ? Justifier.
Le filtre cyan transmet le vert et le bleu et absorbe le rouge. La pomme jaune absorbe le rouge. Il n'y a donc que le vert qui est diffusé donc la pomme apparaît verte.