

# Corrigé DS n° 1 : Quantité de matière - Avancement d'une réaction chimique - Oxydoréduction

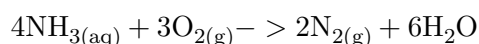
1<sup>ère</sup> spécialité Physique-Chimie - LMA - Poisson Florian

7 novembre 2020

## Exercice 1 - Avancement d'une réaction (6 points)

L'ammoniac est un gaz dangereux pour l'environnement, nocif par inhalation et mortel à haute dose. Il provient essentiellement des engrais agricoles, des parcs d'engraissement d'élevage industriel et de la combustion de la biomasse fossile. Ce gaz peut se dissoudre aisément dans l'eau de pluie, ce qui la rend acide. Il est aussi utilisé dans la cigarette pour augmenter la fixation de la nicotine par l'organisme et ainsi augmenter l'addiction au tabac.

Une solution d'ammoniaque peut être traitée par du dioxygène gazeux selon la réaction d'équation chimique ajustée suivante :



Dans un laboratoire, un volume  $V_{\text{NH}_3}$  de 2,0 L d'une solution d'ammoniaque de concentration  $C_{\text{NH}_3}$  égale à 1,5 mol.L<sup>-1</sup> est traité par un volume  $V_{\text{O}_2}$  de 48 L de dioxygène au cours d'un essai.

Données :  $M(\text{H}) = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  
Volume molaire des gaz :  $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

1. Déterminer les quantités de matière d'ammoniaque et de dioxygène initialement introduites.

$$n_1 = n_i(\text{NH}_3) = C_{\text{NH}_3} \times V_{\text{NH}_3} = 1,5 \times 2,0 = 3,0 \text{ mol}$$

$$n_2 = n_i(\text{O}_2) = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_m} = \frac{48}{24,0} = 2,0 \text{ mol}$$

2. Le mélange initial a-t-il été préparé dans les proportions stoechiométriques pour réaliser la réaction ?

Recherche du réactif limitant :

$$n_1 - 4x_{\text{max}} = 0 \text{ ou } n_2 - 3x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = \frac{n_1}{4} = \frac{3,0}{4} = 0,75 \text{ mol ou } x_{\text{max}} = \frac{n_2}{3} = \frac{2,0}{3} = 0,67 \text{ mol}$$

Ainsi  $x_{\text{max}} = 0,67 \text{ mol}$  et le réactif limitant est le dioxygène gazeux.

Les réactifs ne sont donc pas en proportions stoechiométriques.

3. Déterminer la masse d'eau synthétisée lors de l'essai.

$x_{\text{max}} = 0,67 \text{ mol}$  donc d'après la stoechiométrie de la réaction (vous pouvez faire un tableau d'avancement pour vous aider) :

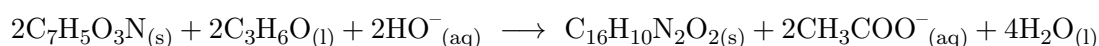
$$n_f(\text{H}_2\text{O}) = 6x_{\text{max}} = 6 \times 0,67 = 4,0 \text{ mol. Or } n = \frac{m}{M} \text{ et } M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1,00 + 16,0 = 18,0 \text{ g.mol}^{-1}.$$

$$\text{Donc } m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \times M(\text{H}_2\text{O}) = 4,0 \times 18,0 = 72 \text{ g.}$$

## Exercice 2 - Fabrication d'un colorant (9 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<sup>-1</sup>.

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

- 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.
- 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.
- Calculer les quantités de matière de 2-nitrobenzaldéhyde et des ions hydroxyde à l'état initial.

$$n_i(C_7H_5O_3N) = n_1 = \frac{m_1}{M(C_7H_5O_3N)}$$

$$M(C_7H_5O_3N) = 7M(C) + 5M(H) + 3M(O) + M(N) = 151 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n_1 = \frac{1,00}{151} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_i(C_3H_6O) = n_2 = \frac{m_2}{M(C_3H_6O)} = \frac{\rho(C_3H_6O) \times V_2}{M(C_3H_6O)}$$

$$n_2 = \frac{0,784 \times 20,0}{3 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 16,0} = 0,27 \text{ mol}$$

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

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

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

- Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

	$2C_7H_5O_3N$	+	$2C_3H_6O$	+	$2HO^-$	$\longrightarrow$	$C_{16}H_{10}N_2O_2$	+	$2CH_3COO^-$	+	$4H_2O$
(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

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

$$\begin{array}{lll}
 n_1 - 2x_{max} = 0 & n_2 - 2x_{max} = 0 & n - 2x_{max} = 0 \\
 x_{max} = \frac{n_1}{2} & x_{max} = \frac{n_2}{2} & x_{max} = \frac{n}{2} \\
 x_{max} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} & x_{max} = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ mol} & x_{max} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}
 \end{array}$$

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.

$$\begin{array}{l}
 n_f(\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{N}) = n_1 - 2x_{max} = 0 \text{ mol} \\
 n_f(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = n_2 - 2x_{max} = 0,26 \text{ mol} \\
 n_f(\text{HO}^-) = n - 2x_{max} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\
 n_f(\text{chC16H10N2O2}) = x_{max} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\
 n_f(\text{chCH3COO}^-) = 2x_{max} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\
 \text{H}_2\text{O} \text{ est en excès (solvant)}.
 \end{array}$$

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 3 - Oxydo-réduction en milieu basique (6 points)

En milieu basique, les ions oxonium  $\text{H}^+$  ne sont pas présents, contrairement aux ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

Le test à la liqueur de Fehling est un test caractéristiques des aldéhydes, famille de molécules dont fait partie le propanal de formule  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ .

Lors de ce test avec le propanal, les ions cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}$  en milieu basique oxydent à chaud le propanal en ions propanoate  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2^-$ .

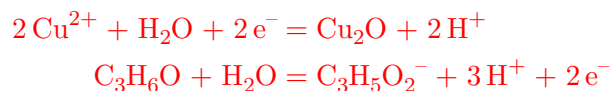
La solution est initialement d'un bleu intense du fait de la présence des ions  $\text{Cu}^{2+}$  en milieu basique, alors qu'on obtient finalement un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre (I)  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Les couples oxydant-réducteur mis en jeu ici sont :  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}_2\text{O}$  et  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2^-/\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

1. Parmi les espèces de ces deux couples, citer les réactifs et les produits de la réaction.

Les réactifs de la réaction sont le propanal  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$  et les ions cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}$ .

2. Écrire les demi-équation électronique associées.



3. En déduire l'équation de la réaction qui se produirait **en milieu acide**.

D'où l'équation bilan de la réaction en milieu acide :



4. Établir désormais l'équation de cette réaction **en milieu basique**, en équilibrant avec des ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

En milieu basique, en sachant que  $\text{H}^+ + \text{HO}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$  :

