

Bilans de matière (1)

L'hydroxyde de cuivre(II), de formule $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$, est connu depuis des millénaires en tant que pigment pour la céramique ou la peinture. Il est naturellement présent dans les minerais de cuivre et constitue la patine qui se forme sur le bronze et autres alliages de cuivre des statues comme la Statue de la Liberté.

Avant la poussée de la bouillie bordelaise, l'hydroxyde de cuivre(II) était utilisé comme fongicide et nématicide sur les cultures.

L'hydroxyde de cuivre(II) peut être synthétisé à partir des ions cuivre(II) $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ et des ions hydroxyde $\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$.

L'objectif de ce TP est de synthétiser l'hydroxyde de cuivre(II) en considérant diverses proportions de réactifs. Pour cela, chaque groupe réalisera trois mélanges de deux solutions,

- la solution aqueuse S_A de sulfate de cuivre(II) $\{\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}\}$ à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ prélevée à l'éprouvette graduée
- la solution aqueuse S_B d'hydroxyde de sodium $\{\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}\}$ à $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ prélevée à la burette graduée

Mélange	1	2	3
S_A	30 mL		
S_B	2,0 mL	12,0 mL	20,0 mL

Réaliser le mélange. Après agitation, observer la quantité de précipité puis le filtrer en récupérant le filtrat dans un petit bécher. Partager le filtrat en deux tubes à essai A et B.

- Dans le tube à essai A, verser quelques gouttes de la solution de soude.
- Dans le tube à essai B, verser quelques gouttes de la solution de sulfate de cuivre.

Conclure sur le réactif limitant.

Pour chaque mélange, faites un bilan de matière initial et le reporter dans le tableau.

Equation de la réaction		$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	+	$2 \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$	→	$\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$
état du système	avancement (mmol)	$n(\text{Cu}^{2+})$ (mmol)		$n(\text{HO}^{-})$ (mmol)		$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)$ (mmol)
Etat initial	$x = 0$					
En cours	x					
Etat final si réaction totale	$x = x_{\text{max}}$					

A priori, la réaction est totale et s'arrête lorsque l'un des réactifs a « disparu » : la quantité de matière de ce réactif est donc nulle à l'état final. Nous avons deux réactifs, donc deux hypothèses de travail.

Hypothèse 1 : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ limitant	Hypothèse 2 : $\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$ limitant

Identifier le réactif limitant pour chaque mélange. Conclure.

Qu'est-ce qu'une réaction chimique ?

La connaissance de la structure de la matière a permis d'en arriver à une **modélisation** des transformations de la matière particulièrement efficace, rendant compte des phénomènes observés au laboratoire, et permettant de prévoir les conditions de ces transformations.

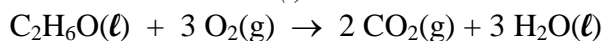
Cette modélisation d'une transformation est appelée **réaction chimique** ; elle est représentée par une **équation de réaction** mettant en jeu des **réactifs** et des **produits**.

L'équation de réaction doit être **ajustée** (ou équilibrée) en respectant, de part et d'autre du signe \rightarrow ,

- la **conservation de l'élément chimique**
- la **conservation de la charge électrique totale**

Cette opération fait apparaître des coefficients dits **stœchiométriques** devant les réactifs et les produits : ces coefficients décrivent les **proportions** dans lesquels les réactifs réagissent et les produits se forment.

Dans l'équation de combustion de l'éthanol $C_2H_6O(l)$,



On constate que la combustion d'1 mol d'éthanol nécessite 3 mol de dioxygène $O_2(g)$ et conduit à la formation de 2 mol de dioxyde de carbone $CO_2(g)$ et de 3 mol d'eau $H_2O(l)$.

Un exemple d'application (exercice)

Lors d'un TPE, les élèves s'intéressent à l'émission de dioxyde de carbone $CO_2(g)$ par un moteur automobile 4 cylindres à 4 temps. La formulation du carburant (super sans plomb 98) n'étant pas simple, ils choisissent de considérer qu'il est assimilable à de l'octane pur, hydrocarbure de formule brute $C_8H_{18}(l)$.

1. Ecrire l'équation de combustion complète de l'octane.

Le carburant, à l'état liquide dans le réservoir, est vaporisé et mélangé à l'air avant d'être introduit dans le moteur. Au cours d'un essai à vitesse de rotation constante, la puissance mécanique utile de ce moteur est estimée à $P_u = 16$ kW d'après le constructeur. Le rendement d'un tel moteur est estimé à 30 %.

2. Calculer la puissance P_a fournie par la combustion dans le moteur.
3. En déduire l'énergie, en joules, consommée en une heure de fonctionnement.
4. Sachant que le pouvoir calorifique de l'octane est $\mathcal{P}_c = 5,0 \cdot 10^3$ kJ.mol⁻¹, vérifier que la consommation horaire de carburant est de l'ordre de 38 mol.h⁻¹.

Pour réaliser des mesures d'émission à l'aide d'une sonde CO_2 , le véhicule muni du moteur est mis en route pendant 15 minutes dans un garage de 4 m × 3 m × 3 m.

5. Calculer la quantité de matière d'octane consommé au cours de ce test.
6. En déduire la quantité de dioxyde de carbone émis puis le volume de gaz correspondant.

Chez l'homme, le dioxyde de carbone n'est toxique qu'à des concentrations élevées : à partir de 4 % en volume, le seuil des effets irréversibles sur la santé est atteint ; à partir de 10 % et pendant plus de 10 minutes, c'est la mort assurée.

7. Conclure sur la dangerosité du test effectué.

Données : $\rho(\text{octane}) = 750$ kg.L⁻¹ ; $M(C) = 12,0$ g.mol⁻¹ ; $M(H) = 1,0$ g.mol⁻¹ ; $M(O) = 16,0$ g.mol⁻¹.

Le volume molaire des gaz est $V_m = 24,0$ L.mol⁻¹ dans les conditions du test : il donne le volume occupé par 1 mol de gaz (quel qu'il soit) dans des conditions de température et de pression données (ici, 20°C sous pression atmosphérique).

Pour le labo...

Dans $V_1 = 30 \text{ mL}$ de sulfate de cuivre(II) à $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, on place le volume V_2 d'hydroxyde de sodium à $C_2 = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$.

Groupe	1	2	3	4	5	6	7
V_2 (mL)	2,0	4,0	7,0	12,0	15,0	20,0	25,0

Groupe	1	2	3	4	5	6	7
n_1 (mmol)	3,0						
n_2 (mmol)	1,0	2,0	3,5	6,0	7,5	10,0	12,5

Test 1 : ajout de 1 mL d'hydroxyde de sodium au filtrat



Test 2 : ajout de 1 mL de sulfate de cuivre au filtrat



Groupe	1	2	3	4	5	6	7
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$	✓	✓	✓	×	×	×	×
$\text{HO}^{-}_{(aq)}$	×	×	×	×	✓	✓	✓