

AE. 9B – Bilan de matière d'une réaction chimique

Certaines réactions d'oxydoréduction font intervenir des réactifs ou des produits colorés qui permettent de suivre l'évolution de la composition du système chimique.

Problématique : Comment déterminer la composition finale d'un système chimique ?

On étudie la réaction entre l'acide oxalique de formule $H_2C_2O_4(aq)$ et les ions permanganate $MnO_4^-(aq)$ venant d'une solution de permanganate de potassium de formule $(K^+ + MnO_4^-)$. Les solutions aqueuses contenant l'ion permanganate $MnO_4^-(aq)$ sont violettes. C'est la seule espèce colorée du système.

Matériel mis à disposition :

- solution acidifiée de permanganate de potassium $(K^+ + MnO_4^-)$ de concentration $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$
- acide oxalique dihydraté en poudre
- balance, capsule, spatule
- fiole jaugée de 100,0 mL
- pipettes jaugées de 5,0 mL ; 10,0 mL et 20,0 mL avec pipeteur
- béchers

Document : Le réactif limitant

Lors d'une transformation chimique, des réactifs sont consommés (leurs quantités de matière diminuent) et des produits sont formés (leurs quantités de matière augmentent).

Au terme de la transformation, l'état final est atteint : les quantités de matière des espèces chimiques présentes dans le milieu réactionnel n'évoluent plus. Si la transformation chimique est totale, au moins l'un des réactifs a été totalement consommé : c'est le réactif limitant.

Dans le cas particulier où, dans l'état final, tous les réactifs ont été consommés, on dit qu'ils ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

TRAVAIL A EFFECTUER

PARTIE 1 : Préparation d'une solution d'acide oxalique

On veut préparer un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'une solution d'acide oxalique de formule $H_2C_2O_4, 2H_2O$ de concentration en quantité de matière $C = 1,5 \times 10^{-1} \text{ mol. L}^{-1}$.

1/ Calculer la masse d'acide oxalique à prélever. **Donnée** : $M(\text{acide oxalique}) = 126,0 \text{ g. mol}^{-1}$

2/ Indiquer le matériel à utiliser pour réaliser cette dissolution.

3/ Effectuer cette dissolution

PARTIE 2 : Réaction chimique

Etablir l'équation de la réaction entre les ions permanganate $MnO_4^-(aq)$ et l'acide oxalique $H_2C_2O_4(aq)$.

Données : Couples oxydant/réducteur : MnO_4^-/Mn^{2+} et $CO_2/H_2C_2O_4$

Chap. 9

PARTIE 3 : Expérience 1

- a/ Préparer un bécher ① contenant un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de permanganate de potassium de concentration en quantité de matière $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- b/ Préparer un bécher ② contenant un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ de solution d'acide oxalique de concentration en quantité de matière $C_2 = 1,5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- c/ Verser le contenu du bécher ② dans le bécher ①. Quelle observation permet d'affirmer qu'une transformation chimique a lieu ?
- d/ En déduire comment évolue la quantité d'ions permanganate au cours du temps.
- e/ Identifier le réactif limitant en exploitant les observations.

Questions :

- 1/ Calculer les quantités de matière initiales des réactifs $n_0(\text{MnO}_4^-)$ et $n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ et les exprimer en *mmol*.
- 2/ Compléter le tableau d'avancement de la réaction (voir feuille annexe). L'eau et les ions H^+ étant en large excès par rapport aux autres espèces, on notera « excès » dans leur colonnes respectives.
- 3/ Calculer l'avancement maximal x_{max} de la réaction. En déduire le réactif limitant. Est-ce cohérent avec la réponse de la question e/ ?
- 4/ Calculer les quantités de matière des réactifs et des produits à l'état final.

PARTIE 4 : Expérience 2

- a/ Préparer un bécher ① contenant un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de permanganate de potassium de concentration en quantité de matière $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- b/ Préparer un bécher ② contenant un volume $V_2 = 5,0 \text{ mL}$ de solution d'acide oxalique de concentration en quantité de matière $C_2 = 1,5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.
- c/ Verser le contenu du bécher ② dans le bécher ①.
- d/ Identifier le réactif limitant en exploitant les observations.

Questions :

- 1/ Calculer les quantités de matière initiales des réactifs $n_0(\text{MnO}_4^-)$ et $n_0(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ et les exprimer en *mmol*.
- 2/ Compléter le tableau d'avancement de la réaction. L'eau et les ions H^+ étant en large excès par rapport aux autres espèces, on notera « excès » dans leur colonnes respectives.
- 3/ Calculer l'avancement maximal x_{max} de la réaction. En déduire le réactif limitant. Est-ce cohérent avec la réponse de la question d/ ?
- 4/ Calculer les quantités de matière des réactifs et des produits à l'état final.

PARTIE 5 : Proportions stœchiométriques

On prépare un bécher ① contenant un volume $V_1 = 30,0 \text{ mL}$ de permanganate de potassium de concentration en quantité de matière $C_1 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Calculer le volume V_2 d'acide oxalique de concentration $C_2 = 1,5 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ à prélever pour être dans les proportions stœchiométriques.

Chap. 9

PARTIE 3 : Expérience 1

Equation Chimique							
Etat du Système	Avancement (mmol)	$n(\text{MnO}_4^-)$	$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{Mn}^{2+})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
Etat initial	$x = 0$			excès			excès
Etat intermédiaire	x			excès			excès
Etat final	x_{max}			excès			excès

PARTIE 4 : Expérience 2

Equation Chimique							
Etat du Système	Avancement (mmol)	$n(\text{MnO}_4^-)$	$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{Mn}^{2+})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
Etat initial	$x = 0$			excès			excès
Etat intermédiaire	x			excès			excès
Etat final	x_{max}			excès			excès