

TD – Révisions – Bilans de matière

Remarque : exercice avec * : exercice particulièrement important, à maîtriser en priorité (de même que les exemples de questions de cours des “ce qu’il faut savoir faire”) | [●○] : difficulté des exercices

I Calculs de quantités de matière _____ ★ | [●○]

Rappels : calculer une quantité de matière

- ▶ **La mole** : l’unité SI de la quantité de matière est la mole. Par définition, une mole correspond à un nombre d’entités égal exactement à $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$.

La constante d’Avogadro donne le nombre d’entités par mole :

$$N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Par exemple un échantillon contenant $n = 2,0$ mol de molécules d’eau contient un nombre de molécules donné par $N = n \times N_A \simeq 12 \times 10^{23}$.

- ▶ **La masse molaire** d’une espèce chimique est la masse d’une mole de cette espèce.

Unité SI : kg/mol.

Un échantillon de masse m contient donc une quantité de matière $n = \frac{m}{M}$.

- ▶ **La concentration** molaire d’une espèce chimique en solution est le nombre de mole de l’espèce par unité de volume de la solution.

Unité SI : mol/m³ (mais on utilise plus couramment les mol/L).

La quantité de matière contenue dans un volume V solution de concentration C est

$$n = C \times V.$$

- 1 - On verse dans un bécher une masse $m = 350$ mg de poudre de fer métallique. Quelle est la quantité de matière n_{Fe} correspondante ?
- 2 - On dispose d’un flacon contenant $V_0 = 800$ mL de solution de sulfate de cuivre contenant les ions Cu^{2+} à la concentration $C = 0,50$ mol L⁻¹. Quelle est la quantité de matière n_0 correspondante ?
- 3 - On prélève $V = 50$ mL de cette solution. Quelle est la concentration du prélèvement ? Quelle est la quantité de matière $n_{\text{Cu}^{2+}}$ prélevée ?

Le prélèvement est versé dans le bécher ; une transformation chimique a lieu.

- 4 - À l’issue de cette transformation, on obtient du cuivre métallique en quantité de matière $n_f = 4,8$ mmol. Quelle est la masse correspondante ?
- 5 - On obtient également la même quantité de matière n_f d’ions Fe^{2+} . Quelle est la concentration correspondante ?

Données : masses molaires $M_{\text{Fe}} = 55,8$ g mol⁻¹ et $M_{\text{Cu}} = 63,5$ g mol⁻¹.

II Dilutions et mélanges ★ | [● ○ ○]

Rappels : dilutions

Lors d'une dilution, les **quantités de matière ne changent pas**. Seuls les volumes changent, et donc les concentrations également.

- ▶ On dispose d'une solution de volume V_0 , de concentration C_0 en une certaine espèce chimique A . On parle de **solution mère**.
- ▶ On ajoute un volume V de solvant (de l'eau le plus souvent). On parle de **solution fille**. Quelle est la nouvelle concentration en A ?
 - Le nouveau volume est :
 - La quantité de matière en espèce A est :
 - Donc la nouvelle concentration est :

On dispose d'une solution de sulfate de cuivre contenant les ions Cu^{2+} et SO_4^{2-} à la même concentration $C_0 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. On prélève à la pipette jaugée un volume $V_0 = 10 \text{ mL}$ que l'on verse dans une fiole jaugée de volume $V_1 = 50 \text{ mL}$. On remplit la fiole d'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- 1 - Quelle est la concentration C_1 en ions Cu^{2+} et en ions sulfates SO_4^{2-} dans la fiole ?
- 2 - On repart de la situation initiale. On souhaite préparer 20 mL d'une solution fille de concentration $C_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Comment procéder ?

III Bilan de matière ★ | [● ○ ○]

Avancement et tableau d'avancement

- ▶ **Avancement** : On note ξ l'avancement de la réaction (unité : mole).
Pour un avancement volumique, on le note x (unité : mol/L).
Il s'agit de la grandeur qui intervient dans le tableau d'avancement.
- ▶ **Réactif limitant** : c'est le réactif qui est épuisé en premier si la réaction se poursuit jusqu'au bout.
Avancement maximal ξ_{\max} **ou** x_{\max} : c'est la valeur de l'avancement qui correspond à l'épuisement du réactif limitant. On ne peut pas aller au delà.
- ▶ **État final** : état atteint lorsque plus rien n'évolue dans le temps. Cela peut être soit car on a épuisé un réactif, soit parce que la réaction atteint un équilibre et s'arrête.
Avancement final ξ_f **ou** x_f : c'est la valeur de l'avancement atteint dans l'état final. On a $\xi_f = \xi_{\max}$ si la réaction est totale. On a $\xi_f < \xi_{\max}$ dans le cas contraire.

On étudie la combustion du méthane, dont l'équation bilan s'écrit $\text{CH}_4(g) + 2 \text{O}_2(g) = \text{CO}_2(g) + 2 \text{H}_2\text{O}(g)$ avec pour conditions initiales $n_{\text{CH}_4,i} = 4,0 \text{ mol}$ et $n_{\text{O}_2,i} = 6,0 \text{ mol}$ et aucun produit.

- 1 - Construire le tableau d'avancement en distinguant l'état initial (i), un état en cours de réaction, et l'état final (f). On note ξ l'avancement de la réaction.
- 2 - Déterminer toutes les quantités de matière à l'instant où $\xi = 1,5 \text{ mol}$.
- 3 - Identifier le réactif limitant et la valeur de l'avancement maximal ξ_{\max} .
- 4 - On suppose que la réaction est totale : à l'état final, $\xi_f = \xi_{\max}$. En déduire la quantité de matière finale de chacune des espèces.