

**Activité expérimentale 4**« Etude d'une transformation chimique entre le diiode I_2 et les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ »

Nom :

Nom :

Objectifs.

- Prévoir l'état final d'une transformation chimique à l'aide d'un tableau d'avancement

Sur le bureau se trouve :

- Une solution S_1 : solution de diiode en solution aqueuse $I_2(aq)$ de concentration $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- Une solution S_2 : solution de thiosulfate de sodium $S_2O_3^{2-}(aq) + 2Na^+(aq)$ de concentration $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Une solution S_3 : solution de iodure de potassium $K^+ + I^-$ que l'on n'utilisera pas (juste pour les yeux !)

I- Transformation chimique entre le diiode I_2 et les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$

Expérience n°1 :

- dans un tube à essai, versez 2 mL de solution S_2 mesurer avec une pipette graduée de 10 mL.
- Ajoutez quelques gouttes de la solution S_1 en versant délicatement avec un bécher.
- Agitez avec un bouchon et observez.

Q1 - Pourquoi peut-on affirmer qu'une transformation chimique a lieu ?

... de mélange réactionnel, de couleur brune au départ, est devenu incolore. Il y a bien eu une transformation.

Lors d'une transformation chimique, les réactifs sont les espèces chimiques qui **réagissent**, les produits sont les espèces chimiques **fabriquées / produites**.

Préparation de la solution de diiode I_2 :

La solution S_1 de diiode I_2 a été réalisée par dissolution d'une masse initiale $m_{I_2} = 2,54 \text{ g}$ dans une fiole jaugée de volume $V_{sol} = 1,00 \text{ L}$.

Q2 - Connaissant la masse molaire atomique $M_I = 127 \text{ g/mol}$, retrouvez la concentration molaire initiale de diiode notée $[I_2]_i$ de la solution S_1

Calcul de la masse molaire de I_2
 $M_{I_2} = 2M_I = 2 \times 127 = 254 \text{ g/mol}$
 Calcul de la quantité n_{I_2}
 $n_{I_2} = \frac{m_{I_2}}{M_{I_2}} = \frac{2,54}{254} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Calcul de la concentration molaire
 $C_1 = [I_2]_i$
 $[I_2]_i = \frac{n_{I_2}}{V_{sol}} = \frac{1,00 \cdot 10^{-2}}{1,00} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

Q3 - Lors de la transformation précédente, il s'est formé des ions tétrathionates $S_4O_6^{2-}$ et des ions iodures I^- .

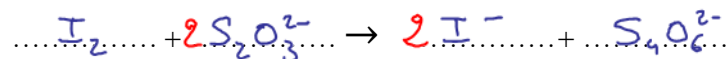
a) Identifiez les réactifs et produits :

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Réactifs : | ... I_2 et ... $S_2O_3^{2-}$ |
| Produits : | ... $S_4O_6^{2-}$ et ... I^- |
| ions spectateurs | les ions Na^+ : ils sont présents mais ne réagissent pas. Ils n'apparaissent pas dans l'équation de la réaction |

b) Ecrivez les réactifs à gauche de la flèche, les produits à droite et équilibrez l'équation en respectant :

- la conservation des éléments chimiques,
- la conservation des charges électriques.

Pour cela il est possible d'ajouter devant les réactifs et les produits des coefficients entiers appelés coefficients stœchiométriques



Lors d'une transformation chimique, les éléments chimiques et des charges électriques se conservent.

Q4 - D'après l'équation de la réaction et les coefficients stœchiométriques, **pour une mole de diiode $I_2(aq)$**

consommé : Combien des autres ions ont été consommé(s) / produit(s) ?

- **2** mole(s) d'ions thiosulfates $S_2O_3^{2-}$ ont été **consommés**
- **2** mole(s) d'ions iodures I^- ont été **produites**
- **1** mole(s) d'ions tétrathionates $S_4O_6^{2-}$ a été **produite**

II- Etude de la transformation chimique:

Expérience n°2 : - Dans un bécher, versez précisément un volume $V_1=10 \text{ mL}$ de solution S_1 puis un volume $V_2=25 \text{ mL}$ de solution S_2 . Agitez avec un agitateur magnétique et observez.

Q5 – Quelle est la couleur de la solution finale ? Quelle conclusion peut-on en tirer ?

A l'état initial, au début de la transformation, le mélange est brun. A l'état final, à la fin de la transformation, le mélange est incolore. A l'état final, il n'y a plus de I_2 responsable de la couleur.

Q6 – Calculez les quantités initiales $n^i(I_2)$ et $n^i(S_2O_3^{2-})$, en moles, des réactifs initialement introduits.

Calcul de la quantité initiale $n^i(I_2)$

Calcul de la quantité initiale $n^i(S_2O_3^{2-})$

$$C_1 = [I_2]_i = \frac{m_{I_2}^i}{V_1}$$

$$\Rightarrow m_{I_2}^i = [I_2]_i \times V_1$$

$$= 1,00 \cdot 10^{-2} \times 10 \cdot 10^{-3} = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$C_2 = [S_2O_3^{2-}]_i = \frac{m_{S_2O_3^{2-}}^i}{V_2}$$

$$\Rightarrow m_{S_2O_3^{2-}}^i = [S_2O_3^{2-}]_i \times V_2$$

$$= 1,00 \cdot 10^{-2} \times 25 \cdot 10^{-2}$$

$$= 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Etat initial

Q7 – Complétez le tableau d'avancement ci-dessous.

Pour cela, on définira l'avancement de la transformation x comme étant la quantité de diiode qui a réagi et l'avancement maximal x_{\max} comme étant la quantité maximale de diiode qui a pu réagir

| Equation chimique | | $I_2 + 2 S_2O_3^{2-} \rightarrow 2 I^- + S_4O_6^{2-}$ | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Etat du système | Avancement (en mol) | Quantités exprimées en moles | | | |
| Etat initial | $x = 0$ | $n^i(I_2)$ | $m_{S_2O_3^{2-}}^i$ | 0 | 0 |
| Etat intermédiaire | x | $n(I_2) = m_{I_2}^i - x$ | $m_{S_2O_3^{2-}} = m_{S_2O_3^{2-}}^i - 2x$ | $m_{I^-} = 2x$ | $m_{S_4O_6^{2-}} = x$ |
| Etat final | $x = x_{\max}$ | $n^f(I_2) = m_{I_2}^i - x_{\max}$ | $m_{S_2O_3^{2-}} = m_{S_2O_3^{2-}}^i - 2x_{\max}$ | $m_{I^-} = 2x_{\max}$ | $m_{S_4O_6^{2-}} = x_{\max}$ |

Un tableau d'avancement permet de décrire l'évolution d'un système chimique, et ainsi de prévoir l'état du système.

Q8 – Comment déterminer l'avancement maximal x_{\max} de la réaction afin de connaître la composition de l'état final c'est-à-dire les quantités finales n^f des réactifs et des produits?

**L'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé. $n^f(\dots) = 0 \text{ mol}$
Pour déterminer l'avancement maximal x_{\max} , il faut résoudre les équations qui annulent les quantités de réactifs ;**

Recherche de x_{\max}

$$\text{et/ou} \begin{cases} n^f(I_2) = m_{I_2}^i - x_{\max} = 0 \\ n^f(S_2O_3^{2-}) = m_{S_2O_3^{2-}}^i - 2x_{\max} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\max} = \frac{m_{I_2}^i}{1} \\ x_{\max} = \frac{m_{S_2O_3^{2-}}^i}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ x_{\max} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{cases}$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement x aura atteint la valeur $x = x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

La valeur de x_{\max} sera la plus faible des 2 valeurs possibles

Q9 – D'après votre tableau d'avancement, déterminez l'état final, c'est-à-dire les quantités finales des réactifs et de produits. Quel est le réactif limitant et quel est le réactif en excès ?

$$\begin{aligned} m_{I_2}^f &= 0 \text{ mol } I_2 \text{ réactif limitant} \\ m_{S_2O_3^{2-}}^f &= m_{S_2O_3^{2-}}^i - 2x_{\max} \\ &= 2,5 \cdot 10^{-3} - 2 \times 1,0 \cdot 10^{-4} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ m_{I^-}^f &= 2x_{\max} = 2 \times 1,0 \cdot 10^{-4} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ m_{S_4O_6^{2-}}^f &= x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{aligned}$$

$S_2O_3^{2-}$ est le réactif en excès

Etat final

Le réactif limitant est celui qui arrête..... la transformation : il n'en reste plus dans l'état final.....
 Le réactif en excès est encore présent à l'état final.....

Ici le réactif limitant est I_2 et le réactif en excès est $S_2O_3^{2-}$

Q10 – Est-ce cohérent avec vos observations (Q5) ? oui car le mélange réactionnel à l'état final est incolore. Il n'y a plus de I_2 $n_{I_2}^f = 0 \text{ mol}$

Q11 – Après avoir calculé le volume total V_{tot} de la solution, calculez les concentrations des réactifs et des produits à l'état final : $V_{\text{tot}} = V_1 + V_2 = 10 + 20 = 30 \text{ mL}$

Chaque espèce (réactif ou produit) étant des espèces chimiques dissoutes les concentrations molaires finales seront notées entre crochets $[\dots]_f$ et non C.

$$[I_2]_f = \frac{n_{I_2}^f}{V_{\text{tot}}} = 0 \text{ mol/L}$$

$$[S_2O_3^{2-}]_f = \frac{n_{S_2O_3^{2-}}^f}{V_{\text{tot}}} = \frac{5,0 \cdot 10^{-5}}{30 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[I^-]_f = \frac{n_{I^-}^f}{V_{\text{tot}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{2 \times 1,0 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-3}} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[S_4O_6^{2-}]_f = \frac{n_{S_4O_6^{2-}}^f}{V_{\text{tot}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[I^-]_f = 2 \times [S_4O_6^{2-}]_f$$

Expérience n°3 : - Dans un bécher, versez précisément un volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ de solution S_1 puis un volume $V_2 = 20 \text{ mL}$ de solution S_2 . Agitez et observez.

Q11 – Reprenez les questions Q5 à Q10 pour cette dernière expérience.

Lors d'une transformation chimique, lorsque tous les réactifs ont été consommés, on dit qu'ils ont été introduits dans les proportions stoechiométriques.....

| Equation chimique | | $I_2 + 2 S_2O_3^{2-} = 2 I^- + S_4O_6^{2-}$ | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Etat du système | Avancement (en mol) | Quantités exprimées en moles | | | |
| Etat initial | $x = 0$ | $n^i(I_2)$ | $n^i(S_2O_3^{2-})$ | | |
| Etat intermédiaire | x | $n_{I_2} = n^i_{I_2} - x$ | $n_{S_2O_3^{2-}} = n^i_{S_2O_3^{2-}} - 2x$ | $n_{I^-} = 2x$ | $n_{S_4O_6^{2-}} = x$ |
| Etat final | $x = x_{\text{max}}$ | $n^f(I_2) = n^i_{I_2} - x_{\text{max}}$ | $n^f_{S_2O_3^{2-}} = n^i_{S_2O_3^{2-}} - 2x_{\text{max}}$ | $n_{I^-} = 2x_{\text{max}}$ | $n_{S_4O_6^{2-}} = x_{\text{max}}$ |

Recherche de x_{max}

$$\begin{cases} n_{I_2}^f = n^i_{I_2} - x_{\text{max}} = 0 \\ n_{S_2O_3^{2-}}^f = n^i_{S_2O_3^{2-}} - 2x_{\text{max}} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = n^i_{I_2} = C_1 V_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \times 10 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ x_{\text{max}} = \frac{n^i_{S_2O_3^{2-}}}{2} = \frac{C_2 V_2}{2} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{cases}$$

donc $x_{\text{max}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ avec les 2 quantités $n_{I_2}^f = n_{S_2O_3^{2-}}^f = 0 \text{ mol}$.

Les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques.

$$\begin{aligned} n_{I^-}^f &= 2x_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ n_{S_4O_6^{2-}}^f &= x_{\text{max}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ n_{I_2}^f &= n_{S_2O_3^{2-}}^f = 0 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [I^-]_f &= \frac{n_{I^-}^f}{V_{\text{tot}}} = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-3}} = 6,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \\ [S_4O_6^{2-}]_f &= \frac{n_{S_4O_6^{2-}}^f}{V_{\text{tot}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{30 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow [I^-]_f = 2 [S_4O_6^{2-}]_f$$