
Activité Cours – Les tableaux d'avancement

I/ TRANSFORMATION ET REACTION CHIMIQUE

Expérience : On mélange $V_1 = 10 \text{ mL}$ de solution orangée de diiode de formule $I_2(aq)$ de concentration molaire $C_1 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ avec $V_2 = 40 \text{ mL}$ de solution aqueuse incolore de thiosulfate de sodium de formule $(2 Na^+ + S_2O_3^{2-})$ de concentration molaire $C_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Observation :

Conclusion : Le diiode étant la seule espèce colorée en solution, on peut dire qu'il y a eu transformation chimique. De plus, le diiode a totalement réagi, c'est donc le **réactif**

.....

La transformation qui se produit au cours d'une **réaction chimique** peut être modélisée par une **équation de réaction**.

Les ions sodium de formule $Na^+(aq)$ ne réagissent pas, ce sont des ions

Question : Etablir l'équation de la réaction entre le diiode I_2 et les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$.
Données : couples oxydant/réducteur I_2/I^- et $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$

Les nombres sont appelés les nombres stœchiométriques.

Signification de l'équation à l'échelle atomique :

..... molécule de I_2 réagit avec ions $S_2O_3^{2-}$ pour donner ions I^- et ion $S_4O_6^{2-}$.

Chap. 9

Signification de l'équation à l'échelle humaine :

..... mole de I_2 réagit avec moles de $S_2O_3^{2-}$ pour donner moles de I^- et mole de $S_4O_6^{2-}$.

..... moles de I_2 réagissent avec moles de $S_2O_3^{2-}$ pour donner moles de I^- et moles de $S_4O_6^{2-}$.

..... moles de I_2 réagissent avec moles de $S_2O_3^{2-}$ pour donner moles de I^- et moles de $S_4O_6^{2-}$.

II/ ETUDE DE L'EVOLUTION D'UN SYSTEME

Pour déterminer la composition exacte du système au cours de la transformation, on dresse un **tableau d'avancement** (ou tableau d'évolution) dans lequel on fait figurer la quantité de matière de chaque espèce au fur et à mesure de la transformation.

L'évolution du système est caractérisée par l'**avancement** x de la réaction, qui s'exprime en **mole**.

Question : Chercher les quantités de matière des réactifs I_2 et $S_2O_3^{2-}$ dans l'état initial

$$n_i(I_2) =$$

$$n_i(S_2O_3^{2-}) =$$

Complétons le tableau d'avancement suivant :

Equation de la réaction		$1 I_2 + 2 S_2O_3^{2-} \rightarrow 2 I^- + 1 S_4O_6^{2-}$			
Etat du système	Avancement (mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$
Etat initial	$x = 0$				
Etat intermédiaire	x				
Etat final	x_{max}				

Le réactif qui s'épuise en premier, et qui entraîne l'arrêt de la transformation, s'appelle le **réactif**

L'**avancement maximal** noté x_{max} est la valeur de l'avancement qui **annule** la quantité de matière du réactif limitant.

Cherchons x_{max} :

1^{ère} hypothèse : Si I_2 est le réactif limitant alors

Chap. 9

2^{ème} hypothèse : Si $S_2O_3^{2-}$ est le réactif limitant alors

x_{max} est la plus petite valeur de l'avancement qui annule les quantités initiales des réactifs donc :

☞ $x_{max} =$

☞ **Le réactif limitant est**

La valeur de x_{max} permet de calculer les quantités finales des espèces chimiques dans le mélange réactionnel. $n_f(I_2) =$; $n_f(S_2O_3^{2-}) =$; $n_f(I^-) =$ et $n_f(S_4O_6^{2-}) =$

Ce résultat est conforme aux observations expérimentales : le mélange final étant incolore, il ne contient plus de diiode.

Remarque : Les **transformations totales** s'arrêtent quand un des réactifs est entièrement consommé. Les **transformations non totales** s'arrêtent avant que les réactifs ne soient entièrement consommés. Dans ce cas, l'**avancement final** x_f est inférieur à l'**avancement maximal** x_{max} . On écrira l'équation de réaction avec **une double flèche** \rightleftharpoons pour indiquer que la transformation n'est pas totale mais **limitée**.

III/ AUTRE EXEMPLE

Expérience : On mélange $V_1 = 25 \text{ mL}$ de solution orangée de diiode de formule $I_2(aq)$ de concentration molaire $C_1 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ avec $V_2 = 40 \text{ mL}$ de solution aqueuse incolore de thiosulfate de sodium de formule $(2 Na^+ + S_2O_3^{2-})$ de concentration molaire $C_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Observation :

Conclusion : La solution contient encore du Celui-ci n'a pas totalement réagi, c'est donc le **réactif**

Questions : 1/ Calculer les quantités de matière initiales des réactifs.

2/ Compléter le tableau d'avancement suivant.

3/ Calculer la valeur de l'avancement maximal x_{max} et en déduire le réactif limitant.

4/ Calculer les quantités de matière des espèces chimiques dans l'état final.

Chap. 9

1/ $n_i(I_2) =$

$n_i(S_2O_3^{2-}) =$

2/

Equation de la réaction		$1 I_2 + 2 S_2O_3^{2-} \rightarrow 2 I^- + 1 S_4O_6^{2-}$			
Etat du système	Avancement (mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$
Etat initial	$x = 0$				
Etat intermédiaire	x				
Etat final	x_{max}				

3/ Cherchons x_{max} :

1^{ère} hypothèse : Si I_2 est le réactif limitant alors

2^{ème} hypothèse : Si $S_2O_3^{2-}$ est le réactif limitant alors

x_{max} est la plus petite valeur de l'avancement qui annule les quantités initiales des réactifs donc :

☞ $x_{max} =$

☞ **Le réactif limitant est**

4/ La composition dans l'état final est :

$n_f(I_2) =$; $n_f(S_2O_3^{2-}) =$; $n_f(I^-) =$ et $n_f(S_4O_6^{2-}) =$

IV/ MELANGE INITIAL STœCHIOMETRIQUE

Considérons un état initial pour lequel $n_i(I_2) = 0,20 \text{ mmol}$ et $n_i(S_2O_3^{2-}) = 0,40 \text{ mmol}$.

Chap. 9

Le tableau d'avancement s'écrit :

Equation de la réaction		$1 I_2 + 2 S_2O_3^{2-} \rightarrow 2 I^- + 1 S_4O_6^{2-}$			
Etat du système	Avancement (mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$
Etat initial	$x = 0$				
Etat intermédiaire	x				
Etat final	x_{max}				

Cherchons x_{max} :

1^{ère} hypothèse : Si I_2 est le réactif limitant alors

2^{ème} hypothèse : Si $S_2O_3^{2-}$ est le réactif limitant alors

La composition dans l'état final est :

$$n_f(I_2) = \quad ; n_f(S_2O_3^{2-}) = \quad ; n_f(I^-) = \quad \text{et } n_f(S_4O_6^{2-}) =$$

Les quantités finales des réactifs sont nulles pour la même valeur de x_{max} .

Les deux réactifs sont limitants.

L'état final ne contient alors que les produits de la réaction.

Dans l'état final, $n_i(I_2) - 1 \times x_{max} = 0$ donc $x_{max} =$

$$n_i(S_2O_3^{2-}) - 2 \times x_{max} = 0 \quad \text{donc} \quad x_{max} =$$

Soit

Un mélange initial est stœchiométrique si les quantités initiales des réactifs sont dans les **proportions des nombres stœchiométriques** de ces réactifs.

Chap. 9

Généralisation :

Soit la réaction d'équation : $a A + b B \longrightarrow c C + d D$

- Le mélange initial est **stoechiométrique** si $\frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}$
- Si $\frac{n_i(A)}{a} < \frac{n_i(B)}{b}$ alors A est le réactif limitant et $x_{max} = \frac{n_i(A)}{a}$
- Si $\frac{n_i(B)}{b} < \frac{n_i(A)}{a}$ alors B est le réactif limitant et $x_{max} = \frac{n_i(B)}{b}$