

Chapitre 6 : L'évolution du système chimique

Extrait Programme 1spé

Évolution des quantités de matière lors d'une transformation	- Décrire qualitativement l'évolution des quantités de matière des espèces chimiques lors d'une transformation.
État initial, notion d'avancement (mol), tableau d'avancement, état final	- Établir le tableau d'avancement d'une transformation chimique à partir de l'équation de la réaction et des quantités de matière initiales des espèces chimiques.
	- Déterminer la composition du système dans l'état final en fonction de sa composition initiale pour une transformation considérée comme totale.
Avancement final, avancement maximal.	- Déterminer l'avancement final d'une réaction à partir de la description de l'état final et comparer à l'avancement maximal
Transformations totale et non totale	- Déterminer la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction
Mélanges stœchiométriques	- Capacité numérique : déterminer la composition de l'état final d'un système à l'aide d'un langage de programmation.

À faire à la maison : LIRE LES RÉVISIONS de 2^{nde} p 38

Exercices en autonomie : n°7 et 8 p 39

I- Déterminer l'état final d'un système

Activité sur le tableau d'avancement

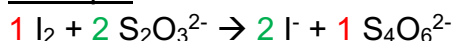
1- Définitions

Une transformation chimique est le passage d'un système chimique initial à un système chimique final.

Elle est modélisée par une équation de réaction chimique.

Les **nombre stœchiométriques** sont les nombres figurant devant les réactifs et les produits dans l'équation. Ils renseignent sur les proportions dans lesquelles les réactifs réagissent entre eux et les produits se forment.

Exemple : considérons la réaction entre le diiode I_2 et les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ d'équation :



Au cours de la réaction, 1 mol de I_2 réagit avec 2 mol de $S_2O_3^{2-}$ pour former 2 mol de I^- et 1 mol de $S_4O_6^{2-}$

L'avancement d'une réaction chimique, noté x est une grandeur qui permet de suivre l'évolution des quantités de matière des réactifs et des produits au cours d'une transformation chimique.

L'avancement augmente au cours de la transformation, avant d'atteindre sa valeur maximale à l'état final.

Exemple : Dans la réaction précédente, on peut donc dire qu'au cours de la transformation chimique,

x mol de I_2 réagit avec $2x$ mol de $S_2O_3^{2-}$ pour former $2x$ mol de I^- et x mol de $S_4O_6^{2-}$.

Applications : n°33 et 34 p 53 (méthode graphique)

Le tableau d'avancement est un outil qui décrit l'évolution des quantités de matière d'un système chimique de l'état initial à l'état final, en fonction de l'avancement x de la réaction.

La transformation chimique s'arrête lorsqu'au moins un des réactifs est entièrement consommé. Dans ce cas, on a atteint l'état final. La valeur de l'avancement est alors maximale, on le note $x_{\max}$.

Le réactif totalement consommé est appelé le réactif limitant, l'autre est appelé réactif en excès.

Si tous les réactifs sont entièrement consommés à l'état final, on dit que l'on a introduit les réactifs dans les proportions stœchiométriques ou que le mélange est stœchiométrique.

Équation	1 I_2	+	2 $S_2O_3^{2-}$	→	2 I^-	+	1 $S_4O_6^{2-}$
État initial ($x = 0$)	n_1		n_2		0		0
État intermédiaire x	$n_1 - 1x$		$n_2 - 2x$		$0 + 2x$		$0 + 1x$
État final ($x = x_{\max}$)	$n_1 - 1x_{\max}$		$n_2 - 2x_{\max}$		$0 + 2x_{\max}$		$0 + 1x_{\max}$

2- Étude d'un exemple

On étudie la réaction entre les ions cuivre et le zinc. On mélange un volume $V = 200$ mL d'une solution de sulfate de cuivre de concentration $c = 3,0 \cdot 10^{-1}$ mol/L avec 5,0 g de zinc ($M_{Zn} = 65,4$ g.mol⁻¹).

L'équation de la réaction est $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

Équation	$Cu^{2+}_{(aq)}$	+	$Zn_{(s)}$	→	$Cu_{(s)}$	+	$Zn^{2+}_{(aq)}$
État initial ($x = 0$)	$n_1 = c \times V$ $= 0,30 \times 0,200$ $= 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$		$n_2 = \frac{m}{M} = \frac{5,0}{65,4}$ $= 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$		0		0
État intermédiaire x	$n_1 - x$		$n_2 - x$		x		x
État final ($x = x_{\max}$)	$n_1 - x_{\max}$		$n_2 - x_{\max}$		$x_{\max}$		$x_{\max}$

1- Compléter le tableau d'avancement de la transformation chimique étudiée.

2- Quel est le réactif limitant ?

Si Cu^{2+} est limitant, $n_1 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = n_1 = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Si Zn est limitant, $n_2 - x_{\max} = 0 \rightarrow x_{\max} = n_2 = 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

La plus petite valeur est $x_{\max} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$, donc Cu^{2+} est le réactif limitant.

3- Décrire l'état final du système.

À l'état final, il ne reste plus d'ions Cu^{2+} .

Il y a $n_f(\text{Zn}) = n_2 - x_{\max} = 7,6 \cdot 10^{-2} - 6,0 \cdot 10^{-2} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Il y a $n_f(\text{Cu}) = n_f(\text{Zn}^{2+}) = x_{\max} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

4- Sachant que les ions cuivre sont bleus et que les ions zinc sont incolores, en déduire la couleur de la solution à l'état final.

Il n'y a plus d'ions cuivre, donc la solution est incolore à l'état final.

Applications : n°46 p 55 (erreurs du tableau d'avancement), n°49 p 55, n°61 p 57

Applications en autonomie : n°35 p 53, n°47 p 55, n°24 et 26 p 50-51 (corrigés détaillés)

II- Les transformations chimiques limitées

Pour certaines transformations chimiques, on arrive à l'état final avant qu'un des réactifs disparaisse complètement.

Une transformation limitée se produit en réalité dans les deux sens : une partie des produits réagissent entre eux pour reformer les réactifs.

L'état final correspond à un équilibre dynamique où les réactions dans les deux sens se font dans des proportions constantes.

Pour une transformation limitée (ou non totale), l'avancement final x_f est inférieur à l'avancement maximal à $x_{\max}$.

Dans ce cas, l'équation de réaction ne s'écrit pas avec une simple flèche $\rightarrow$ mais avec une double flèche $\rightleftharpoons$.

On ne peut pas connaître l'état final d'une telle transformation en utilisant seulement l'outil du tableau d'avancement. Il faut également connaître une des quantités de matière finale d'un réactif ou d'un produit.

Point méthodologique pour savoir si une transformation est limitée

- 1) Dresser le tableau d'avancement de la transformation.
- 2) Calculer la valeur de l'avancement maximal $x_{\max}$ en considérant la transformation comme totale.
- 3) Grâce aux données de l'énoncé et au tableau d'avancement, calculer l'avancement final expérimental x_f .
- 4) Comparer x_f et $x_{\max}$: Si $x_f < x_{\max}$ alors la transformation est limitée. Si $x_f = x_{\max}$ alors la transformation est totale.

Applications : n°37 p 53, n°55 p 56

Application en autonomie : n°38 p 53

Résolution de problème : n°68 p 61