

Tableau d'avancement (ou d'évolution)

A quoi cela sert-il ?

L'objectif est de connaître la composition d'un système chimique qui évolue du fait de l'existence d'une réaction chimique entre un état initial (celui où on mélange les réactifs) et un état final (celui au-delà duquel les quantités de matière des espèces chimiques en présence ne varient plus).

Pour cela, il est nécessaire et suffisant de connaître la composition d'un état particulier (en général l'état initial) et l'équation de la réaction.

Le tableau permet juste d'avoir une vue d'ensemble de toutes les relations entre les quantités de matière présentes dans un état donné.

Ce n'est qu'un outil, on peut tout à fait s'en passer...

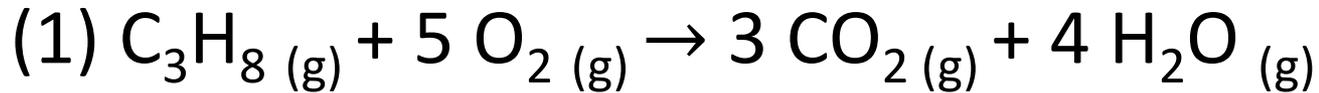
Retenir la façon dont on le remplit et dont on l'exploite sans avoir compris ce qu'est une réaction chimique, la signification fondamentale des nombres stœchiométriques ou la définition d'un réactif limitant peut vite s'avérer inefficace.

Mais c'est pratique et cela permet d'éviter certaines erreurs.

Prérequis

Une **réaction chimique** est modélisée par une **équation** de réaction. Celle-ci ne dit rien sur ce qui se passe réellement (la réaction pouvant en particulier être composée de plusieurs étapes), **elle indique juste, grâce aux nombres stœchiométriques, les proportions entre les quantités de matière de produits qui apparaissent et les quantités de matière de réactifs qui disparaissent.**

Exemple de la combustion du propane



Que nous dit cette équation ?

Quand 1 mole de propane réagit avec 5 moles d'eau, il se forme 3 moles de dioxyde de carbone et 4 moles d'eau, ce qui signifie que quand 1 mole de propane disparaît, 5 moles de dioxygène disparaissent également et 3 moles de dioxyde de carbone et 4 moles d'eau apparaissent.

Dans un état quelconque où une quantité de matière quelconque, notée x de méthane disparaît, ce sont 5 fois plus de moles de dioxygène soit $5x$, qui disparaissent également et $3x$ moles de méthane et $4x$ moles d'eau qui apparaissent.

Si on s'intéresse à l'évolution d'un système, x peut ainsi varier entre zéro dans l'état initial et x_f dans l'état final. On l'appelle l'avancement de la transformation chimique.

L'équation seule ne décrit donc que les modifications du système. Pour décrire l'état complet d'un système, il faut tenir compte de sa composition dans l'état initial.

Ainsi, et de façon très générale, la quantité de matière d'une espèce chimique correspond à la quantité initiale augmentée de la quantité apparue pour les produits et diminuée de la quantité disparue pour les réactifs.

L'état final maximal correspond à l'état atteint lorsqu'un des réactifs, appelé « réactif limitant » est épuisé.

Dans le tableau d'avancement, la ligne qui « dit tout » est celle de l'état en cours. C'est dans cette ligne que figure la variable x . dans l'état initial $x = 0$, dans l'état final maximal, $x = x_m$ et dans l'état final réel $x = x_f$.

On pourrait donc se contenter de cette ligne.....

Par habitude, on écrit toujours celle de l'état initial.

Réalisation du tableau

Etat	Avant ^t	Equation			
		$C_3H_8 (g) + 5 O_2 (g) \rightarrow 3 CO_2 (g) + 4 H_2O (g)$			
Initial	0	n_{i1}	n_{i2}	0	0
En cours					
Final réel					
Final maximal					

On suppose ici que l'on connaît ou que l'on peut déterminer les quantités de matières initiales de réactifs, à l'aide des relations donnant la quantité de matière (voir fiche « Chimie quantitative »)

Etat	Avant ^t	Equation			
		$\text{C}_3\text{H}_8 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$			
Initial	0	n_{i1}	n_{i2}	0	0
En cours	x	$n_{i1} - \mathbf{x}$	$n_{i2} - \mathbf{5x}$	3x	4x
Final réel					
Final maximal					

C'est seulement à partir de cette ligne qu'interviennent les nombres stœchiométriques : dans les quantités de réactifs qui disparaissent et les quantités de produits qui apparaissent

Etat	Avant ^t	Equation			
		$C_3H_8 (g) + 5 O_2 (g) \rightarrow 3 CO_2 (g) + 4 H_2O (g)$			
Initial	0	n_{i1}	n_{i2}	0	0
En cours	x	$n_{i1} - x$	$n_{i2} - 5x$	3x	4x
Final réel	x_f	$n_{i1} - x_f$	$n_{i2} - 5x_f$	$3x_f$	$4x_f$
Final maximal					

Dans l'état final, les quantités de matière ne varient plus.

On ne peut pas, au niveau de la terminale, prévoir cet état lorsqu'il est différent de l'état maximal.

On en détermine la composition à partir de mesures (pH, conductivité, absorbance) ou par titrage d'une des espèces en présence.

Etat	Avant ^t	Equation			
		$C_3H_8 (g) + 5 O_2 (g) \rightarrow 3 CO_2 (g) + 4 H_2O (g)$			
Initial	0	n_{i1}	n_{i2}	0	0
En cours	x	$n_{i1} - x$	$n_{i1} - 5x$	3x	4x
Final réel	x_f	$n_{i1} - x_f$	$n_{i2} - 5x_f$	$3x_f$	$4x_f$
Final maximal	x_m	$n_{i1} - x_m$	$n_{i2} - 5x_m$	$3x_m$	$4x_m$

L'état maximal correspond à l'état dans lequel un des réactifs, appelé « réactif limitant » a totalement disparu.

Pour le déterminer, plusieurs méthodes sont possibles.

Etat	Avant ^t	Equation			
		$C_3H_8 (g) + 5 O_2 (g) \rightarrow 3 CO_2 (g) + 4 H_2O (g)$			
Initial	0	n_{i1}	n_{i2}	0	0
Final maximal	x_m	$n_{i1} - x_m$	$n_{i2} - 5x_m$	$3x_m$	$4x_m$

Méthode par hypothèses :

- si le propane est le réactif limitant alors il n'y en a plus dans l'état final maximal ; on peut alors écrire que $n_{i1} - x_m = 0$, soit $x_m = n_{i1}$
- si le dioxygène est le réactif limitant, alors $n_{i2} - 5x_m = 0$, soit $5x_m = n_{i2}$
soit $x_m = \frac{n_{i2}}{5}$

On calcule les deux valeurs possibles de l'avancement maximal et on retient la plus petite des deux.

Notons que cela revient à comparer $\frac{n_{i2}}{5}$ à $\frac{n_{i1}}{1}$

Supposons que $\frac{n_{i2}}{5} > \frac{n_{i1}}{1}$; alors $x_m = n_{i1}$ et le propane est le réactif limitant.

Alors **dans l'état final maximal** :

$$n_f(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,$$

$$n_f(\text{O}_2) = n_{i2} - 5x_m = n_{i2} - 5n_{i1} ,$$

$$n_f(\text{CO}_2) = 3x_m = 3n_{i1}$$

$$n_f(\text{H}_2\text{O}) = 4x_m = 4n_{i1}$$

On peut alors calculer par exemple les masses ou les volumes de gaz correspondants.