

Synthèse d'espèces chimiques

L'objectif d'une **synthèse** est de produire une quantité donnée d'une espèce chimique, par exemple un principe actif. La synthèse nécessite des **réactifs**, qui sont consommés pour former des **produits**. L'**équation** associée à la **réaction chimique** permet de savoir dans quelles **proportions** réagissent les réactifs et quelles seront les quantités de produits formés.

1) Système chimique :

1) Définitions :

Un **système chimique** est un **ensemble d'espèces chimiques**.

L'**état d'un système chimique** est décrit à un instant donné, en indiquant :

- la nature des espèces chimiques et leur état physique
- les quantités de matière des espèces présentes
- la température et la pression

Les espèces chimiques présentes dans un système peuvent réagir entre elles. Dans ce cas, la composition du système évolue au cours du temps : certaines espèces chimiques sont consommées, d'autres se forment. Ces modifications du système chimique peuvent entraîner des changements observables ou mesurables (couleur, odeur, T° , pression ...)

Un système chimique dont la composition évolue subit une transformation chimique.

2) État initial et état final :

L'**état initial** est l'état du système à l'instant de la mise en contact des espèces chimiques du système.

L'**état final** est l'état du système quand le système a fini d'évoluer, lorsque les quantités de matières de chaque espèce du système sont constantes.

La quantité de matière d'une espèce chimique se calcule à partir de 2 formules :

$$n = \frac{d \cdot V \cdot \rho_{\text{eau}}}{M}$$

n : quantité de matière (mol) ;
 d : densité du liquide ;
 ρ_{eau} : masse volumique de l'eau ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) ;
 V : volume de liquide (L) ;
 M : masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

$$n = \frac{m}{M}$$

n : quantité de matière (mol) ;
 m : masse (g) ;
 M : masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

3) Réactifs et produits :

Un **réactif** est une espèce chimique dont la quantité de matière diminue entre l'état initial et l'état final.

Un **produit** est une espèce chimique dont la quantité de matière augmente entre l'état initial et l'état final.

Remarque : il peut rester des réactifs à l'état final s'ils ne sont pas totalement consommés lors de la transformation chimique. Par ailleurs, tous les constituants d'un système chimique ne participent pas nécessairement à la transformation chimique comme le solvant.



2) Réaction chimique :

1) Définition :

La **réaction chimique**, symbolisée par une **équation de réaction**, modélise la **transformation chimique** observée.

Dans ce modèle, on indique simplement la **nature des réactifs et des produits**, ainsi que les **proportions** dans lesquelles les réactifs sont consommés et les produits sont apparus.

Remarque : au cours d'une transformation chimique, il se produit des ruptures de liaisons entre les différentes molécules, pour en former de nouvelles. A l'inverse, une transformation physique, comme l'évaporation, la fusion, la dissolution, ne modifie que l'état physique (solide, liquide, gazeux) de l'entité chimique.

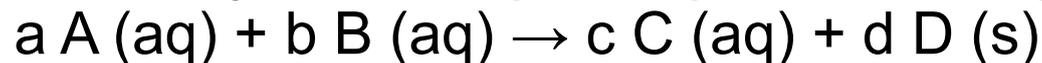
2) Équation chimique et nombres stœchiométriques :

L'**équation de la réaction chimique** symbolise l'évolution du système lors d'une transformation chimique. Dans l'équation, les réactifs sont mis à gauche, les produits à droite, séparés d'une flèche orientée de la gauche vers la droite :

Réactifs → Produits

Remarque : l'état physique de chaque espèce est précisé entre parenthèses : (s), (l), (g) ou (aq).

Exemple : une réaction chimique entre des réactifs A et B forment les produits C et D, elle est symbolisée par l'équation chimique :



où a, b, c et d sont des nombres positifs indiquant les proportions dans lesquelles les espèces réagissent ou sont produites : ce sont les **nombres stœchiométriques**. Ils traduisent la **conservation des éléments** chimiques entre l'état initial et final.

Remarque : lorsque la réaction met en jeu des espèces ioniques, il y a la même charge électrique avant et après transformation : on le vérifie en additionnant les charges côté réactif et côté produit.

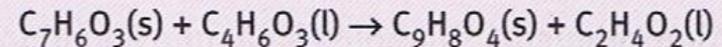
Application

Pour synthétiser de l'aspirine, de l'acide salicylique ($C_7H_6O_3$) est mis en présence d'anhydride acétique ($C_4H_6O_3$). Sont obtenus de l'acide acétylsalicylique ($C_9H_8O_4$) et de l'acide acétique ($C_2H_4O_2$).

1. Écrire l'équation de la réaction, sans se préoccuper des nombres stœchiométriques.
2. Compter le nombre d'atomes de carbone à l'état initial et le comparer à celui à l'état final. Conclure.
3. Faire de même avec les éléments oxygène et hydrogène.
4. Dédire des questions précédentes les valeurs des nombres stœchiométriques.

Solution

1. acide salicylique + anhydride acétique → acide acétylsalicylique + acide acétique



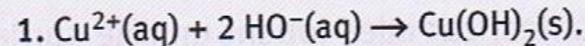
2. Il y a 11 atomes de carbone avant et après la transformation chimique. L'élément carbone est conservé.
3. Il y a 6 atomes d'oxygène et 12 atomes d'hydrogène à l'état initial et à l'état final ; ces deux éléments sont également conservés.
4. Tous les nombres stœchiométriques valent 1.

Application

Les ions cuivre(II) (Cu^{2+}) forment un précipité bleu appelé hydroxyde de cuivre ($Cu(OH)_2(s)$) lorsqu'ils sont mis en contact avec des ions hydroxyde (HO^-).

1. Écrire l'équation de la réaction décrite ci-dessus et l'ajuster.
2. Vérifier que la charge électrique totale est la même du côté des réactifs et du côté des produits.

Solution



2. La charge est nulle du côté des réactifs (1 charge 2+ et 2 charges -1) tout comme du côté des produits. La charge est bien la même.

→ fiche méthode : Ajuster les nombres stœchiométriques d'une équation chimique

3) La synthèse, intérêts et aspects expérimentaux :

1) Intérêt de la chimie de synthèse :

La **synthèse** d'une espèce chimique est la fabrication de cette espèce par une transformation chimique.

Le produit de cette synthèse est appelé **espèce chimique synthétique**. L'espèce chimique naturelle et l'espèce chimique synthétique sont identiques : ce sont les **mêmes molécules**. La synthèse permet d'obtenir, l'espèce **en grande quantité** et à un **coût moins élevé** que l'extraction de l'espèce naturelle. De ce fait, il est souvent plus avantageux de synthétiser la molécule plutôt que de la puiser dans la nature.

Exemple Pour extraire 1 g de vanilline, une des principales molécules qui donnent son parfum à la vanille, il faut 250 g de gousses de vanille. Le coût de l'extrait naturel de vanille est 200 fois plus élevé que celui de la vanilline de synthèse [doc. 14].

Enfin, la synthèse permet aussi d'obtenir de nouvelles espèces chimiques, appelées **espèces chimiques artificielles**. Celles-ci **n'existent pas dans la nature**, mais elles ont des **caractéristiques avantageuses** qui contribuent par exemple, à la fabrication de nouveaux médicaments ou matériaux.

2) Aspects expérimentaux :

→ réalisation de la synthèse de l'aspirine



Conclusion :

Pour synthétiser une espèce chimique, le chimiste dispose d'un **protocole** qui indique toutes les étapes à réaliser et précise :

- les **quantités des réactifs** et leur ordre d'introduction dans le système chimique. Les réactifs sont souvent dissous et/ou dilués dans un solvant. Celui-ci a pour rôle de favoriser la rencontre et le contact des espèces et ainsi permettre la transformation chimique.

- les **conditions expérimentales** (température, pression). Ce sont des **données physiques importantes** car elles jouent un rôle sur la faisabilité et la vitesse de la réaction chimique.
- le type de **montage** à utiliser (ex : un montage de chauffage à reflux).

A la suite de la synthèse, l'espèce chimique doit être extraite du mélange réactionnel et identifiée par mesure d'une grandeur physique caractéristique (ex : T° d'ébullition) ou par une chromatographie.

Remarque : lorsque les transformations chimiques sont naturellement lentes, un catalyseur (ex : acide sulfurique) peut être introduit dans le système chimique afin d'accélérer la réaction. Cette espèce chimique fait partie du système chimique, mais n'est pas considérée comme réactif car sa quantité de matière est la même à l'état initial et à l'état final.

