

1 Transformations nucléaires

Une **transformation nucléaire** est une transformation de la matière au cours de laquelle les noyaux des atomes sont modifiés (FIG. 1).

► Modéliser une transformation nucléaire

Les noyaux des atomes n'ont pas tous la même durée d'existence. Elle peut être quasi illimitée pour certains, et de quelques microsecondes seulement pour d'autres. Plus un noyau est stable, plus sa durée d'existence est longue.

Au cours d'une transformation nucléaire, un ou plusieurs noyaux « père » instables se transforment en un ou plusieurs noyaux « fils » plus stables.

L'équation de transformation s'écrit en plaçant les noyaux « père » à gauche et les noyaux « fils » à droite d'une flèche qui donne le sens de la transformation. Souvent, il y a aussi de petites particules qui sont émises ou captées.

EXEMPLE

Dans le réacteur expérimental ITER, la réaction nucléaire de fusion (FIG. 2) du deutérium ${}^2_1\text{H}$ et du tritium ${}^3_1\text{H}$ s'écrit :

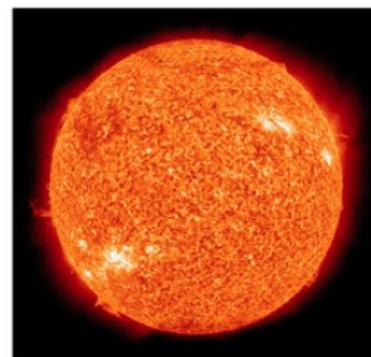
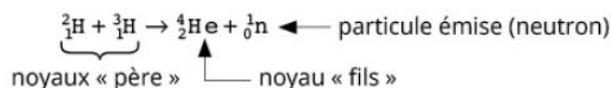


FIG. 1 Dans le Soleil, le noyau d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ se transforme en noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$. Cette transformation est spontanée, elle se produit d'elle-même.

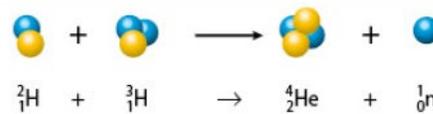


FIG. 2 Fusion du deutérium ${}^2_1\text{H}$ et du tritium ${}^3_1\text{H}$.

2 Transformations physiques

Une **transformation physique** est une transformation au cours de laquelle la matière change d'état, sans création de nouvelles espèces chimiques. Au cours de cette transformation, le nombre et la nature des espèces chimiques ne varient pas, la masse reste donc **constante**.

EXEMPLES

- Lorsqu'on met un morceau de sucre dans le café, ou dans de l'eau, le sucre passe de l'état solide à l'état dissous. Initialement, les molécules de saccharose $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (s) (sucre) sont liées entre elles, et bien rangées les unes contre les autres. Après dissolution, elles se sont séparées et sont dispersées dans l'eau. La dissolution fait intervenir deux espèces chimiques : un soluté (ici, le sucre) et un solvant (ici, l'eau) (FIG. 3).

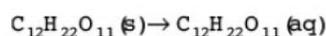
- Lorsqu'on sort un glaçon du congélateur, l'eau passe de l'état solide à l'état liquide. Les molécules d'eau, initialement liées et bien rangées, se retrouvent séparées et désordonnées. La fusion ne fait intervenir qu'une seule espèce chimique (ici, l'eau) (FIG. 3).

► Modéliser une transformation physique

L'équation de transformation s'écrit en plaçant les espèces chimiques à « l'état initial » à gauche et celles à « l'état final » à droite d'une flèche qui donne le sens de la transformation.

EXEMPLE

La dissolution du saccharose dans l'eau s'écrit :



A dissolution du sucre dans l'eau B fusion de l'eau

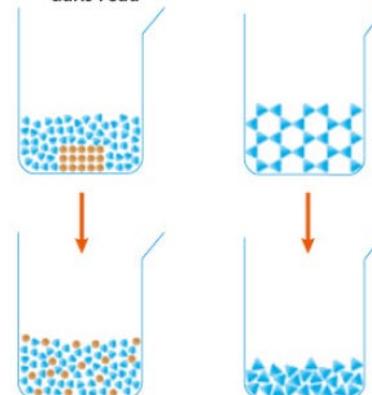


FIG. 3 Comportement microscopique des particules de matière.

3 Transformations chimiques

Au cours d'une **transformation chimique** des espèces chimiques disparaissent, et d'autres apparaissent. La masse reste **constante**.

La nature et la quantité de matière des espèces chimiques présentes sont modifiées. Ces modifications sont souvent observables et permettent de modéliser la transformation par une réaction chimique.

EXEMPLE

On verse du vinaigre sur la résistance entartrée d'une bouilloire (FIG. 4). L'apparition des bulles et la disparition du tartre sont des observations qui permettent de modéliser la transformation chimique qui se produit.

► Modéliser une transformation chimique

Une espèce chimique dont la quantité de matière **diminue** au cours de la transformation chimique est un **réactif**.

Une espèce chimique dont la quantité de matière **augmente** au cours de la transformation chimique est un **produit**.

Une espèce chimique dont la quantité de matière **n'évolue pas** au cours de la transformation est une **espèce chimique spectatrice**.

On écrit les réactifs à gauche, et les produits à droite, d'une flèche qui donne le sens de la transformation. On n'écrit pas les espèces chimiques spectatrices.

EXEMPLE

Au cours de la combustion du méthane dans l'air (mélange de dioxygène et de diazote), il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau (FIG. 5).

État initial

Méthane, 2 mol
Dioxygène, 6 mol
Diazote, 24 mol

transformation
chimique (FIG. 6)

État final

Méthane, 0 mol
Dioxygène, 2 mol
Eau, 4 mol
Dioxyde de carbone, 2 mol
Diazote, 24 mol

La transformation chimique est modélisée par la réaction :



► Écriture de l'équation chimique

Au cours d'une transformation chimique, il y a **conservation des éléments**, c'est-à-dire que le nombre d'atomes de même nature doit être identique avant et après la transformation. Il en va de même pour la **charge électrique**.

L'**équation chimique** est l'écriture symbolique de la réaction chimique.

Cette écriture obéit à des règles qu'il faut scrupuleusement respecter :

- Les réactifs et les produits sont représentés par leurs **formules brutes**, qui ne peuvent en aucun cas être modifiées.

- Il faut « ajuster » l'équation en plaçant, devant les formules des réactifs et des produits, des **nombre stœchiométriques** de façon à respecter la conservation des éléments et des charges (FIG. 7). Le nombre 1 n'est pas écrit.

EXEMPLES FICHE MÉTHODE ➔ p. 325

• L'équation chimique ajustée de la réaction de combustion complète du méthane dans le dioxygène est : $\text{CH}_4 (\text{g}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$

• Pour la corrosion du fer par un acide : $\text{Fe} (\text{s}) + 2 \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+} (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$

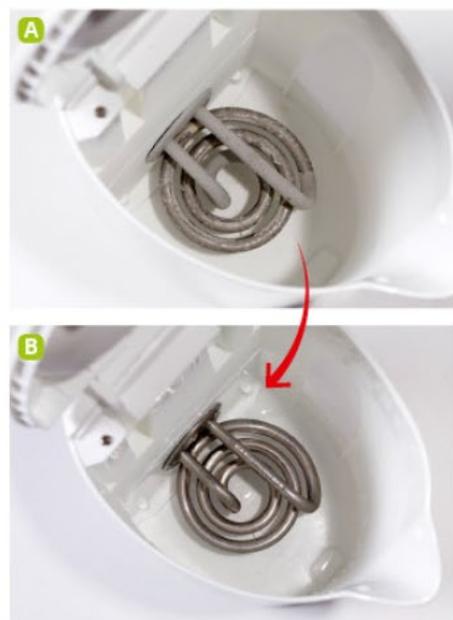


FIG. 4 Détartrage d'une bouilloire avec du vinaigre blanc. Le vinaigre réagit avec le tartre et provoque la formation de bulles de dioxyde de carbone.



FIG. 5 Combustion du méthane dans la cuisine.

Réactifs	Ce sont le <i>méthane</i> et le <i>dioxygène</i> , car leurs quantités de matière diminuent.
Produits	Ce sont le <i>dioxyde de carbone</i> et l' <i>eau</i> , car leurs quantités de matière augmentent.
Espèce spectatrice	C'est le <i>diazote</i> , car sa quantité de matière n'évolue pas.

FIG. 6 Analyse de la combustion du méthane.

► Signification des nombres stœchiométriques

Au niveau macroscopique, l'équation chimique indique les proportions (en mole) dans lesquelles les réactifs sont consommés et les produits se forment au cours de la transformation.

EXEMPLE

Pour l'équation $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, la réaction d'une mole de $\text{CH}_4(\text{g})$ nécessite exactement deux moles de $\text{O}_2(\text{g})$. Il se forme alors une mole de $\text{CO}_2(\text{g})$ et deux moles d' $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

► Réactif limitant

Au cours d'une transformation chimique, les réactifs disparaissent et les produits apparaissent. La transformation cesse lorsqu'au moins un des réactifs a été totalement consommé, c'est le **réactif limitant**.

Le réactif limitant est **totalemment consommé** à la fin de la transformation.

Les chimistes font souvent un bilan de matière. Il s'agit de prévoir les quantités de matière des réactifs et des produits lorsque la transformation est terminée. Pour cela, il faut savoir déterminer quel est le **réactif limitant**, à partir des quantités de réactifs mises en jeu.

EXEMPLE

On dispose de 3 moles de $\text{CH}_4(\text{g})$ et 4 moles de $\text{O}_2(\text{g})$ pour la combustion du méthane $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Or pour une mole de $\text{CH}_4(\text{g})$ la réaction nécessite 2 moles de $\text{O}_2(\text{g})$. On en déduit, par proportionnalité, que pour 3 moles de $\text{CH}_4(\text{g})$ la réaction nécessite $3 \times 2 = 6$ moles de $\text{O}_2(\text{g})$. Comme on dispose seulement de 4 moles de $\text{O}_2(\text{g})$, on en conclut que $\text{O}_2(\text{g})$ est le réactif limitant.

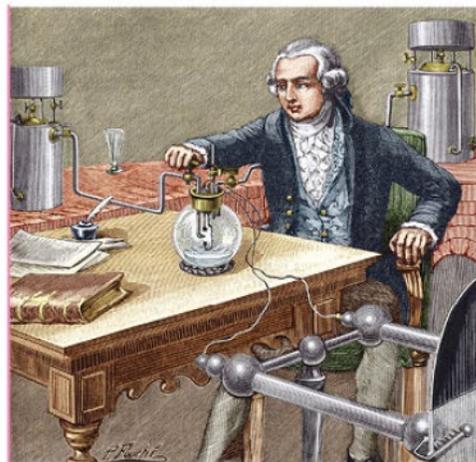


FIG. 7 Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794). Ce scientifique français montra que, malgré les changements observés, la masse totale des réactifs et des produits reste identique du début à la fin d'une transformation chimique. On lui attribue la célèbre phrase « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

4 Synthèse d'une espèce chimique

Synthétiser une espèce chimique consiste à fabriquer une espèce chimique, à partir d'autres espèces, grâce à une transformation chimique.

De très nombreuses espèces chimiques présentes dans la nature sont utiles dans notre vie quotidienne (médicaments, colorants...). On a appris à les extraire de la nature, mais pour des raisons principalement économiques et écologiques, on préfère souvent les synthétiser au laboratoire.

Pour réaliser une synthèse chimique au laboratoire, il faut suivre un protocole opératoire, sorte de « recette » de la synthèse, qu'il faut scrupuleusement respecter. Bien souvent, les montages réactionnels intègrent un appareil de chauffage qui permet une réaction plus rapide. Le **chauffage à reflux** présente de plus l'avantage d'éviter les pertes de matière. Néanmoins, son utilisation nécessite de respecter des conditions de sécurité.

L'identification de la molécule synthétisée peut se faire par la mesure de constantes physiques (masse volumique, température de fusion...) ou par **chromatographie sur couche mince** (CCM) par exemple (**FIG. 8**).

Il n'y a **aucune différence** entre l'espèce chimique synthétisée au laboratoire et l'espèce chimique présente dans la nature.

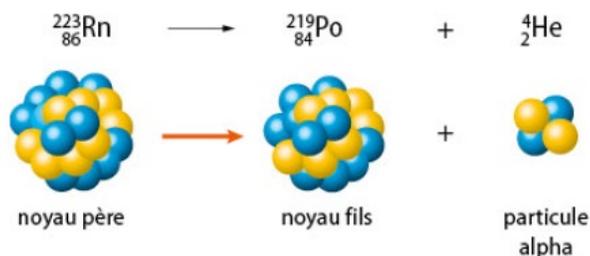


FIG. 8 Chromatogramme montrant une espèce chimique synthétisée (A) et une espèce identique, présente dans la nature (B).

1 Transformations nucléaires

► Au cours d'une **transformation nucléaire**, les noyaux des atomes sont modifiés.

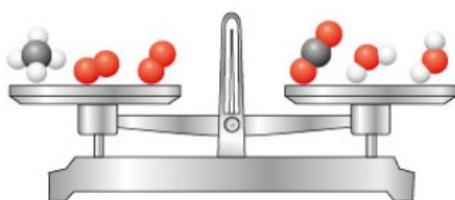
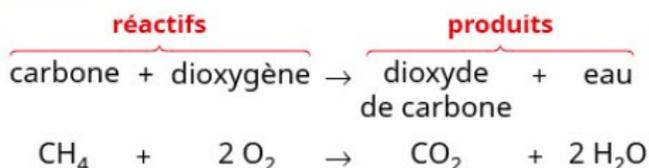
Par exemple, la désintégration alpha du noyau de radon ${}^{223}_{86}\text{Rn}$ peut se modéliser par la réaction nucléaire :



3 Transformations chimiques

► Au cours d'une **transformation chimique**, il y a disparition d'espèces chimiques (les **réactifs**), et apparition de nouvelles espèces chimiques (les **produits**). Les quantités de matière des réactifs et des produits sont modifiées.

Par exemple, la combustion du méthane peut se modéliser par la **réaction chimique** dont l'**équation ajustée** s'écrit :



► Au cours d'une telle transformation, la masse est conservée. Les atomes (et les charges électriques s'il y en a) sont réarrangés différemment, mais leur nombre est conservé. C'est pourquoi l'équation de la réaction chimique doit être ajustée avec des **nombres stœchiométriques**. Ils donnent les proportions dans lesquelles les réactifs disparaissent et les produits apparaissent.

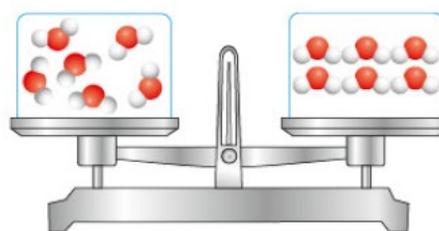
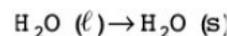
► La transformation cesse lorsqu'au moins un des réactifs est totalement consommé : c'est le **réactif limitant**.

2 Transformations physiques

► Au cours d'une **transformation physique**, l'état de la matière est modifié mais il n'y a pas création de nouvelles espèces chimiques.

Par exemple, l'eau placée au congélateur à l'état liquide se transforme en eau à l'état solide.

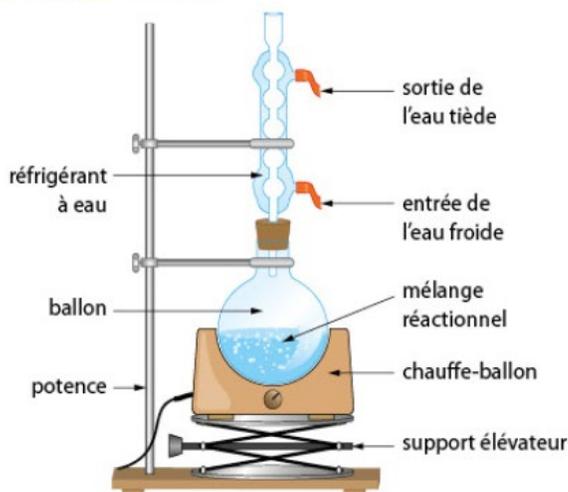
Cette transformation physique, appelée solidification, peut se modéliser par la réaction :



► Au cours d'une telle transformation, les espèces chimiques ne sont pas modifiées et la masse est conservée.

4 Synthèse d'une espèce chimique

► Pour différentes raisons (écologique, économique...), on fabrique parfois au laboratoire une espèce chimique déjà présente dans la nature. On réalise ainsi la **synthèse d'une espèce chimique**. Pour effectuer cette synthèse, on utilise souvent un **montage à reflux**.



► Pour vérifier que l'espèce chimique synthétisée est bien identique à l'espèce chimique présente dans la nature, on peut réaliser une **chromatographie sur couche mince** (CCM).