

CH P9 - Transformations nucléaires

Programme officiel :

Constitution et transformations de la matière

2. Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie

L'objectif de cette partie est d'identifier et de distinguer les trois types de transformation de la matière, de les modéliser par des réactions et d'écrire les équations ajustées en utilisant les lois de conservation appropriées. Une première approche des énergies mises en jeu lors de ces trois types de transformations permet de montrer que l'énergie transférée lors d'une transformation dépend des quantités de matière des espèces mises en jeu.

L'étude des transformations chimiques, entamée au collège, est complétée par les notions de stœchiométrie, d'espèce spectatrice et de réactif limitant. L'analyse de l'évolution d'un système pour modéliser sa transformation chimique par une réaction illustre une démarche de modélisation au niveau macroscopique. Elle nécessite de mettre en place une démarche expérimentale rigoureuse pour passer :

- d'une description des modifications visibles ;
- aux espèces chimiques, présentes dans l'état initial et qui ont réagi ;
- à celles, présentes dans l'état final et qui ont été formées ;
- et enfin, à l'écriture d'une réaction rendant compte au mieux des changements observés au niveau macroscopique.

Pour que les transformations soient plus concrètes, des exemples provenant de la vie quotidienne sont proposés : combustions, corrosions, détartrage, synthèses d'arôme ou de parfum, etc.

Notions abordées au collège (cycle 4)

Transformations physiques : changement d'état, conservation de la masse, variation du volume, température de changement d'état.

Transformations chimiques : conservation de la masse, redistribution d'atomes, notion d'équation chimique, réactions entre espèces acides et basiques en solution, réactions d'une espèce acide sur un métal, mesure de pH.

C) Transformation nucléaires

Notions et contenus	Capacités exigibles
Isotopes. Écriture symbolique d'une réaction nucléaire. Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires.	Identifier des isotopes. Relier l'énergie convertie dans le Soleil et dans une centrale nucléaire à des réactions nucléaires. Identifier la nature physique, chimique ou nucléaire d'une transformation à partir de sa description ou d'une écriture symbolique modélisant la transformation.

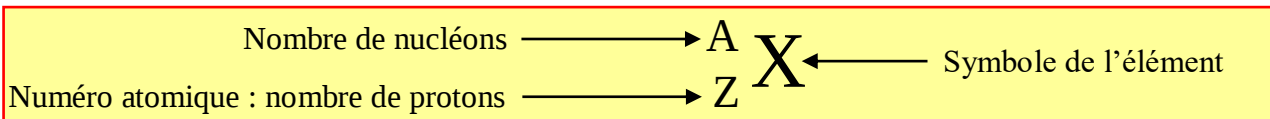
CH P9 - Transformations nucléaires

1. Introduction sur la radioactivité (hors programme)

1.1. Introduction et rappels

Le terme **nucléaire** provient du latin « *nucleus* » qui signifie noyau. Ainsi, les transformations étudiées dans ce chapitre concernent le **noyau de l'atome**.

Au chapitre 2 de chimie (Du macroscopique au microscopique) nous avons vu qu'un noyau est représenté symboliquement par le symbole A_ZX .



Par ailleurs nous avons également vu que des entités (atomes ou ions) ayant le même nombre de protons (même Z) mais un nombre de neutrons différents (A différents) sont des **isotopes**.

Exemple :

${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$ sont des isotopes.

Dans la nature, la plupart des noyaux d'atomes sont stables. Cependant, certains atomes ont des noyaux instables, ce qui est dû soit à un excès de protons ou de neutrons, soit à un excès des deux. Ils sont dits **radioactifs**. La stabilité du noyau dépend donc du nombre de nucléons.

1.2. Les désintégrations et rayonnement

Un noyau père instable va subir une désintégration ou émettre un rayonnement pour se transformer en un noyau fils plus stable. Ce phénomène est naturel et aléatoire.

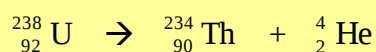
Une désintégration respecte la conservation de la charge électrique et du nombre de nucléons.

Il en existe 4 types :

1.2.1. Désintégration α (alpha)

On appelle particule α un noyau d'hélium : ${}^4_2\text{He}$. Ce rayonnement est arrêté par une simple feuille de papier.

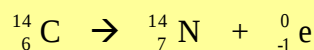
Exemple : L'uranium 238 se désintègre en émettant une particule α :



1.2.2. Désintégration β^- (béta moins)

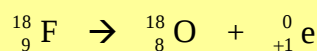
Certains noyaux se désintègrent en émettant un électron noté : ${}^0_{-1}\text{e}$. Ce rayonnement est arrêté par quelques millimètres d'aluminium.

Exemple : Le carbone 14 se désintègre spontanément en émettant un électron :

**1.2.3. Désintégration β^+ (béta plus)**

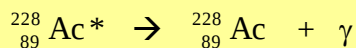
Certains noyaux se désintègrent en émettant un positron noté : ${}^0_{+1}\text{e}$, une particule identique à l'électron mais de charge opposée.

Exemple : Le fluor 18 se désintègre en émettant un positron :

**1.2.4. Rayonnement γ (gamma)**

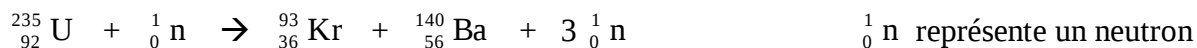
Certains noyaux fils sont dans un état excité et deviennent stables en émettant un photon très énergétique noté γ . Ce rayonnement est arrêté par une grande épaisseur de plomb ou de béton.

Exemple : L'actinium 228 dans un état excité devient stable par émission d'un rayonnement γ :

**2. Les transformations nucléaires****2.1. La fission nucléaire**

Le noyau de l'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ est dit **fissile** car il peut se briser en deux noyaux plus petits après collision avec un neutron.

Une des réactions de fission nucléaire possible peut être modélisée par l'équation :



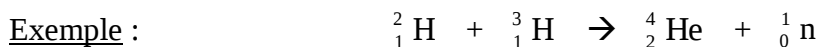
Les neutrons produits servent alors à répéter le processus, il y a alors une réaction en chaîne.

Sans contrôle, la réaction en chaîne s'emballe comme pour une bombe atomique.

Dans une centrale nucléaire, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres qui absorbent les neutrons. L'énergie libérée est alors utilisée pour chauffer de l'eau comme dans une centrale thermique classique et ainsi produire de l'électricité.

2.2. La fusion nucléaire

Au cœur du Soleil comme dans les autres étoiles, la réaction nucléaire consiste en la fusion de deux noyaux légers en un noyau plus lourd.



Les éléments produits ne sont pas dangereux et il y a naturellement suffisamment de deutérium ${}^2_1\text{H}$ dans les océans pour alimenter en énergie la planète pendant quelques centaines de millions d'années.

Le problème réside dans la fabrication du tritium ${}^3_1\text{H}$, et surtout de la technologie pour réussir à contrôler la réaction.

2.3. Les aspects énergétiques

Une réaction nucléaire est bien plus énergétique qu'une transformation chimique.

Par exemple la fission d'**1 g d'uranium 235** libère autant d'énergie que la combustion de **2 tonnes de pétrole**, d'où l'intérêt de l'utilisation des centrales nucléaires.

De plus, d'après les scientifiques, l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire serait de 3 à 4 fois plus importante que celle libérée lors d'une fission nucléaire. Depuis 1986 un projet de réacteur à fusion est en cours de construction en France : le projet ITER.

A retenir : les différentes transformations :

Transformation	Caractéristiques	Exemple d'équation
Physique	Espèce identique	$\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Chimique	Modification des espèces Conservation de la masse et des éléments	$\text{CH}_{4(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Nucléaire	Modification des noyaux Conservation de la charge et du nombre de nucléons	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{93}_{36}\text{Kr} + {}^{140}_{56}\text{Ba} + 3 {}^1_0\text{n}$