

# Chapitre 8

## Transformation nucléaire

### 1. Noyaux isotopes

Deux noyaux sont isotopes s'ils ont le même nombre de protons mais n'ont pas le même nombre de neutrons.

Ils appartiennent au même élément chimique mais n'ont pas la même masse.

#### Rappel

Un noyau appartenant à l'élément chimique  $X$  est symbolisé par la notation  ${}^A_ZX$ , où  $A$  est le nombre de nucléons et  $Z$  le nombre de protons ( $Z$  est appelé « numéro atomique »). En physique nucléaire, cette notation est souvent abrégée sous la forme  ${}^AX$  la connaissance de l'élément donnant immédiatement l'information sur son numéro atomique.

La découverte des isotopes revient au physicien britannique Sir Joseph John Thomson (né en 1856 mort en 1940), qui en 1892 découvre, à la suite d'une expérience, que deux atomes d'un même élément peuvent avoir des masses différentes.

En pratique, un isotope est désigné par le nom de l'élément chimique auquel il appartient et par le nombre de nucléons présents dans son noyau.

## Exemple

Le carbone-14  $^{14}\text{C}$  et le carbone-12  $^{12}\text{C}$  sont des isotopes de l'élément carbone, de numéro atomique  $Z = 6$ . Ils contiennent donc 6 protons chacun et respectivement  $14 - 6 = 8$  neutrons et  $12 - 6 = 6$  neutrons.

## Remarque

Plus de 2 800 noyaux différents sont connus aujourd'hui, dont seuls 256 sont stables. Les autres peuvent se transformer spontanément (désintégration) pour former un autre noyau.

Le carbone-12 et le carbone-13 sont des noyaux stables. Le carbone-14 possède trop de neutrons : c'est un isotope instable de l'élément carbone.

Aucun des isotopes de l'élément uranium n'est stable.

## Étymologie

- Isotope : du grec *iso*, « même », et *topos*, « lieu ». Des isotopes sont appelés ainsi car ils occupent la même place dans le tableau périodique des éléments.
- Nucléaire : du latin *nucleus*, noyau. Une transformation nucléaire est liée à la transformation de noyaux atomiques.

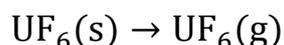
## 2. Transformations nucléaires

### 2.1 - Différents types de transformations

Lors d'une transformation physique il y a conservation des espèces chimiques et modification de l'état physique.

### Exemple

Lors de l'élaboration du combustible nucléaire à base d'uranium, l'hexafluorure d'uranium subit une sublimation d'équation de réaction :

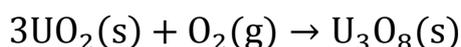


L'espèce chimique  $\text{UF}_6$  est conservée.

Lors d'une transformation chimique, il y a conservation des éléments chimiques et modification des espèces chimiques.

### Exemple

Lors de l'élaboration du combustible nucléaire, le dioxyde d'uranium réagit avec le dioxygène pour former une espèce couramment appelée « yellowcake ». La transformation chimique est modélisée par l'équation de réaction :



Les éléments sont conservés : pour l'uranium, 3 fois l'élément uranium dans le membre de gauche et 3 fois l'élément uranium dans le membre de droite ; pour l'oxygène,  $3 \times 2 + 2 = 8$  fois l'élément oxygène dans le membre de gauche et 8 fois l'élément oxygène dans le membre de droite. Le charge (ici nulle) est conservée entre les deux membres de l'équation de la réaction.

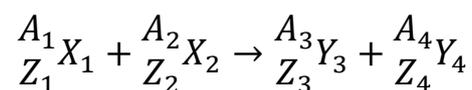
Lors d'une transformation nucléaire, il y a modification de la composition des noyaux.

## Science et histoire

En 1934, les physiciens français Irène et Frédéric Joliot-Curie produisent en laboratoire un isotope de l'élément phosphore qui n'existe pas dans la nature. Cet isotope n'est pas stable et se transforme très rapidement en noyau de silicium.

### 2.2 - Écriture symbolique d'une réaction nucléaire

Une transformation nucléaire est modélisée par une réaction nucléaire, à laquelle est associée une équation de réaction de la forme :



Règles de conservation :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

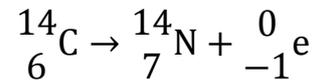
$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

Cette réaction peut être :

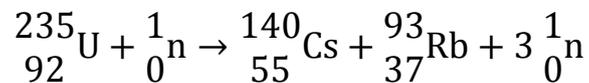
- spontanée : un noyau instable  $X_1$  se transforme pour former un noyau  $Y_3$  et une particule  $Y_4$ . Dans ce cas, il n'y a pas de  $X_2$  ;
- provoquée : la collision entre un noyau et un autre noyau (ou une particule) forme un ou plusieurs noyaux (ou particules).

## Exemples

– Le carbone-14 se désintègre spontanément pour former un noyau d'azote-14 et un électron ; l'écriture symbolique est



– Dans les centrales nucléaires, les noyaux d'uranium-235 sont percutés par des neutrons. Une équation de réaction associée à cette transformation est :



## Vocabulaire

Fusion : transformation nucléaire au cours de laquelle deux noyaux atomiques légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd.

Fission : transformation nucléaire au cours de laquelle un noyau instable se transforme en deux noyaux plus légers et quelques particules.

## 3. Énergie et transformation nucléaire

### 3.1 - Énergie libérée lors d'une transformation

Toute transformation de la matière s'accompagne d'un transfert d'énergie. Dans le cas des transformations nucléaires, l'énergie mise en jeu est beaucoup plus grande que pour des transformations chimiques ou physiques à masses comparables.

## Exemples

La liquéfaction d'1 g d'eau libère une énergie d'environ 2 kJ.

La combustion d'1 g de butane libère une énergie d'environ 50 kJ.

La fission d'1 g d'uranium-235 libère une énergie d'environ 80 millions de kJ.

La fusion d'1 g de deutérium et tritium libère environ 400 millions de kJ.

## 3.2 - Applications

L'énergie libérée lors de la fission de l'uranium est convertie en énergie électrique dans les centrales nucléaires.

L'énergie libérée par les réactions de fusion nucléaire à l'intérieur d'une étoile la maintient à une température très élevée. Une partie de cette énergie est également libérée sous forme de rayonnements.

Au cœur du Soleil l'hydrogène est transformé en hélium avec une importante libération d'énergie.

Lorsqu'il n'y aura plus d'hydrogène en son cœur, le Soleil deviendra une géante rouge dans laquelle l'hélium sera transformé en carbone.

Le projet ITER (réacteur thermonucléaire expérimental international) vise à reproduire ces réactions de fusion pour récupérer et convertir cette énergie dans de nouvelles centrales nucléaires.