

# Chapitre 9

## Transformations nucléaires

---

<b>9.1 Définitions . . . . .</b>	<b>38</b>
9.1.1 Isotopes . . . . .	38
9.1.2 Écriture symbolique d'une transformation nucléaire . . . . .	38
9.1.3 Énergie échangée lors d'une transformation nucléaire . . . . .	39
<b>9.2 Transformations nucléaires spontanées . . . . .</b>	<b>39</b>
Radioactivité $\alpha$ . . . . .	39
Radioactivité $\beta^-$ . . . . .	39
Radioactivité $\beta^+$ . . . . .	40
<b>9.3 Transformation nucléaire forcée . . . . .</b>	<b>40</b>
9.3.1 Fission nucléaire . . . . .	40
9.3.2 Fusion nucléaire . . . . .	40
<b>9.4 Transformations nucléaires, physiques et chimiques . . . . .</b>	<b>41</b>

---

LES **transformations nucléaires** sont à l'origine du fonctionnement des étoiles, mais aussi des centrales nucléaires. L'objet de ce chapitre est de présenter les différents types de réactions nucléaires et la manière dont on peut les modéliser. L'aspect énergétique de ces transformations sera également abordé.

### Objectifs

- 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.

## 9.1 Définitions

### 9.1.1 Isotopes

Les différents éléments chimiques de la classification périodique existent en réalité sous plusieurs formes appelés **isotopes**. La proportion de ces isotopes est variable et l'élément inscrit dans la classification périodique est celui dont la forme est prépondérante dans la nature.

#### Isotopes

Deux **isotopes** ont le **même nombre de protons** (numéro atomique  $Z$ ), mais **pas le même nombre de neutrons** et donc de nucléons (nombre de masse  $A$ ).

**Exemple** : Le carbone C possède 15 isotopes connus à ce jour. Le plus abondant est le carbone 12,  $^{12}_6\text{C}$ , présent à 98,93% dans la nature. Ce noyau est stable.

L'un des isotopes les plus connus est le carbone 14,  $^{14}_6\text{C}$ , qui est radioactif et dont on se sert pour effectuer de la datation de tissus biologiques sur plusieurs milliers d'années (ossements retrouvés etc.).

### 9.1.2 Écriture symbolique d'une transformation nucléaire

#### Écriture symbolique

Une **transformation nucléaire** est représentée par une équation qui vérifie la **conservation du nombre de nucléons et de la charge électrique**.



- Conservation du nombre de nucléons :  $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- Conservation de la charge électrique :  $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

### 9.1.3 Énergie échangée lors d'une transformation nucléaire

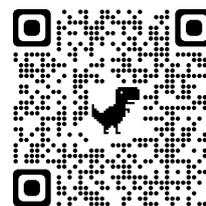
#### Énergie nucléaire

Lors d'une transformation nucléaire, de **l'énergie est libérée sous forme de rayonnement**. Les transformations spontanées (voir plus bas) ne fournissent qu'une petite quantité d'énergie, alors que les réactions de fission et de fusion (voir plus bas) fournissent une grande quantité d'énergie.

## 9.2 Transformations nucléaires spontanées

Certains isotopes sont dits **instables**, c'est-à-dire qu'ils ont la **capacité à se transformer spontanément en un autre noyau, avec émission d'une particule et d'énergie**. Il existe trois processus de **désintégration radioactive spontanée** :

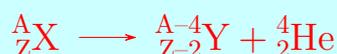
- **Radioactivité  $\alpha$**  : émission d'un noyau d'hélium (particule  $\alpha$ )
- **Radioactivité  $\beta^-$**  : émission d'un électron (particule  $\beta^-$ )
- **Radioactivité  $\beta^+$**  : émission d'un positon (particule  $\beta^+$ )



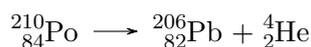
### Radioactivité $\alpha$

#### Désintégration $\alpha$

Lors d'une **désintégration  $\alpha$** , un noyau radioactif  ${}^A_ZX$  se désintègre en émettant un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$  (appelé ici particule  $\alpha$ ), pour donner un noyau fils  ${}^{A-4}_{Z-2}Y$  :



**Exemple** : L'atome de polonium 210 se transforme, par désintégration  $\alpha$ , en plomb 206 :



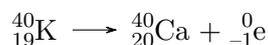
### Radioactivité $\beta^-$

#### Désintégration $\beta^-$

Lors d'une **désintégration  $\beta^-$** , un noyau radioactif  ${}^A_ZX$  se désintègre en émettant un électron  ${}^0_{-1}e$  (appelé ici particule  $\beta^-$ ), pour donner un noyau fils  ${}^A_{Z+1}Y$  :



**Exemple** : L'atome de potassium 40 se transforme, par désintégration  $\beta^-$ , en calcium 40 :

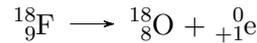


Radioactivité  $\beta+$ Désintégration  $\beta+$ 

Lors d'une **désintégration  $\beta+$** , un noyau radioactif  ${}^A_ZX$  se désintègre en émettant un positron  ${}^0_{+1}e$  (appelé ici particule  $\beta+$ , antiparticule de l'électron), pour donner un noyau fils  ${}^A_{Z-1}Y$  :



**Exemple** : Le fluor 18 se transforme, par désintégration  $\beta+$ , en oxygène 18 :



## 9.3 Transformation nucléaire forcée

Il est possible de déclencher de manière forcée la désintégration d'un noyau radioactif. Il existe deux procédés pour réaliser cette désintégration forcée :

- **Fission nucléaire** : Un noyau radioactif lourd se transforme en deux noyaux fils plus légers. La fission peut être forcée par l'impact d'un neutron sur le noyau lourd. Cette transformation libère également des neutrons.
- **Fusion nucléaire** : Deux atomes légers fusionnent pour donner un atome plus lourd. Un ou plusieurs neutrons peuvent également être libérés au cours d'une fusion.

A noter que la fission peut survenir de manière spontanée.

## 9.3.1 Fission nucléaire

## Fission nucléaire

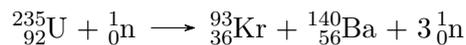
Lors d'une **fission nucléaire**, un noyau radioactif lourd se transforme en deux noyaux fils plus légers. Cette réaction peut être déclenchée par l'action d'un neutron, et plusieurs neutrons sont alors libérés. Les neutrons seront notés  ${}^1_0n$ .



**Remarque** : Les réactions de fission nucléaire sont utilisées pour faire fonctionner les centrales nucléaires. L'énergie libérée par ces réactions est convertie sous forme d'énergie électrique.

Une autre triste utilisation de ces réactions est la bombe atomique.

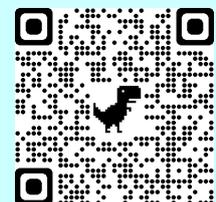
**Exemple** : La fission de l'uranium 235  ${}^{235}_{92}U$  peut donner naissance à un atome de krypton 93  ${}^{93}_{36}Kr$  et un atome de baryum 140  ${}^{140}_{56}Ba$  selon l'équation suivante :



## 9.3.2 Fusion nucléaire

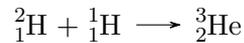
## Fusion nucléaire

Lors d'une **fusion nucléaire**, deux atomes légers fusionnent pour donner un atome plus lourd. Un ou plusieurs neutrons peuvent également être libérés au cours d'une fusion. Les neutrons seront notés  ${}^1_0n$ .



**Remarque :** Les réactions de fusion nucléaire sont responsables de l'incroyable énergie libérée sous forme de rayonnement par les étoiles. De nombreuses études sont à l'épreuve en laboratoire sur Terre pour reproduire ces transformations car elles offriraient une source gigantesque d'énergie non polluante et non fossile. Mais les conditions nécessaires au développement de la fusion à l'échelle d'une centrale restent très compliquées à ce jour car il faut atteindre entre autre des températures de plusieurs millions de degrés.

**Exemple :** La réaction de fusion nucléaire entre le deutérium  ${}^2_1\text{H}$  et l'hydrogène  ${}^1_1\text{H}$  donne de l'hélium  ${}^3_2\text{He}$  :



## 9.4 Transformations nucléaires, physiques et chimiques

### Différences transformations nucléaire-physique-chimique

Il est important de savoir reconnaître et différencier une transformation nucléaire d'une transformation physique ou chimique :

- **Transformation nucléaire :** Les éléments chimiques sont différents entre l'état initial et l'état final.
- **Transformation physique :** L'espèce chimique est la même au début et à la fin, seul son état est modifié.
- **Transformation chimique :** Les espèces chimiques sont modifiées mais les éléments chimiques (atomes) sont conservés.

En revanche, le point commun est la **conservation de la masse et de la charge**.