

Chapitre 14 : Transformation nucléaire

Cours

1. Isotopes

Voici un lien vers une vidéo sur les isotopes :

<https://youtu.be/rAKJ7HKUwGg>

Deux noyaux sont isotopes (l'un de l'autre) s'ils ont le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons.

Comme ils ont le même nombre de charge Z ils appartiennent au même élément chimique donc leurs propriétés chimiques sont identiques. Les propriétés physiques sont différentes car leur masse est différente. Exemple : $^{35}_{17}\text{Cl}$ et $^{37}_{17}\text{Cl}$ sont des isotopes du chlore.

Remarques

- Si le nombre de nucléons A est trop « grand » ou trop « petit » les noyaux sont instables.
- Dans le tableau périodique les cases ne donnent pas le nombre de neutrons car il peut changer d'un isotope à l'autre.
- Le mot isotope est construit à partir des mots grecs iso et topos : iso signifie même et topos signifie lieu (ici la case du tableau périodique).

Application 1

On donne les couples de protons et neutrons de quelques noyaux sous la forme (Z,A) : $(8,16)$; $(17,35)$; $(8,19)$; $(17,37)$; $(4,8)$ et $(8,17)$. Identifier les isotopes.

Des noyaux sont isotopes s'ils ont même Z mais un A différent. Par conséquent

- $(8,16)$; $(8,19)$ et $(8,17)$ sont isotopes l'un de l'autre. Ils font partie de l'élément oxygène d'après le tableau périodique.
- $(17,35)$ et $(17,37)$ sont isotopes l'un de l'autre. Ils font partie de l'élément chlore d'après le tableau périodique.

Application 2

Indiquer la composition des noyaux suivants : $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.

$^{12}_6\text{C}$: 6 p et 6n

$^{13}_6\text{C}$: 6p et 7n

$^{14}_6\text{C}$: 6p et 8n

2. Transformations nucléaires

a. Radioactivité

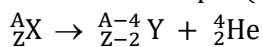
Lors d'une désintégration, un noyau père se désintègre spontanément en émettant un noyau fils, une particule et du rayonnement électromagnétique.

La radioactivité naturelle a été mise en évidence par Henri Becquerel puis expliquée par Pierre et Marie Curie.

L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations par seconde. Elle s'exprime en becquerel (Bq) ; Un becquerel correspond à une désintégration par seconde.

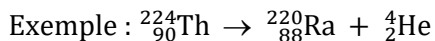
On rencontre souvent les trois types de radioactivités suivantes.

Radioactivité alpha (α)



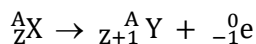
Noyau père : A_ZX Noyau fils : ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ Particule α : ${}^4_2\text{He}$

La particule α est donc un noyau d'atome d'hélium.



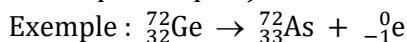
Un noyau de thorium 224 se désintègre en un noyau de radium 220 et un noyau d'hélium 4 (particule α).

Radioactivité bêta moins (β^-)



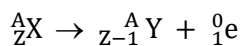
Noyau père : A_ZX Noyau fils : ${}^A_{Z+1}Y$ Particule β^- : ${}^0_{-1}e$

La particule β^- est donc un électron ($A=0$ car ce n'est pas un nucléon et $Z=-1$ car sa charge électrique est $q=-e$)



Un noyau de germanium 72 se désintègre en un noyau d'arsenic 72 et un électron (particule β^-).

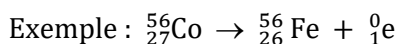
Radioactivité bêta plus (β^+)



Noyau père : A_ZX Noyau fils : ${}^A_{Z-1}Y$ Particule β^+ : 0_1e

La particule β^+ est donc un positon* ($A=0$ car ce n'est pas un nucléon et $Z=1$ car sa charge électrique est $q=e$)

*On dit aussi positron ou « électron positif ».



Un noyau de cobalt 56 se désintègre en un noyau de fer 56 et un positron (particule β^+).

Remarques

- Spontanément signifie qu'aucune cause extérieure n'intervient dans la transformation.
- Un noyau radioactif possède un trop plein d'énergie, c'est pourquoi il se transforme pour évacuer cette énergie.
- La radioactivité concerne le noyau mais pas les électrons autour.
- Les équations de la radioactivité doivent se penser en termes de noyau et non en termes d'atome ; Sinon les équations de la radioactivité bêta sont incompréhensibles.

b. Fission

Un neutron vient heurter un noyau lourd et il se forme deux noyaux plus légers et quelques neutrons. Sur la figure 1 un neutron vient frapper un noyau d'uranium 235 pour former un noyau de strontium 94, un noyau de xénon 139 et trois neutrons.

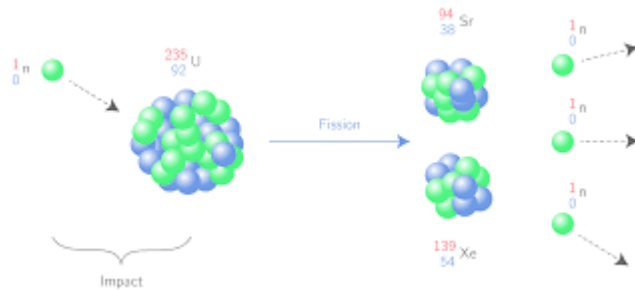


Figure 1

L'équation de la transformation est : ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{139}\text{Xe} + 3 {}_0^1\text{n}$.

Les réactions de fission sont exothermiques.

Les nombres A et Z sont conservés lors d'une fission :

a. $1 + 235 = 94 + 139 + 3 \times 1$

b. $0 + 92 = 38 + 54 + 3 \times 0$

c. Fusion

Au cours d'une réaction de fusion nucléaire, deux noyaux s'associent pour former (au moins) un noyau plus lourd. Ces réactions nécessitent de très hautes températures :

- Le soleil est le siège de fusions nucléaires ;
- Des réacteurs expérimentaux à fusion nucléaire existent aujourd'hui.

Sur la figure 2 un noyau de tritium réagit avec un noyau de deutérium pour former un noyau d'hélium et un neutron.

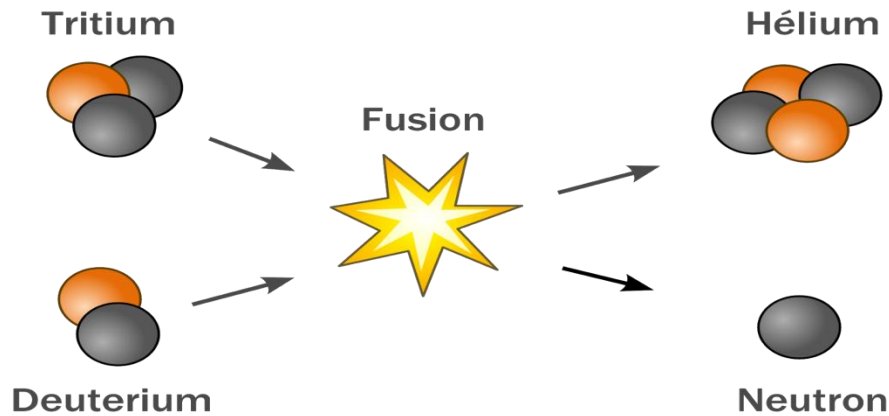


Figure 2

L'équation de la transformation est : ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

Les réactions de fusion sont exothermiques.

Les nombres A et Z sont conservés lors d'une fusion :

a. $3 + 2 = 4 + 1$

b. $1 + 1 = 2 + 0$

d. Lois de Soddy

Les équations nucléaires doivent être ajustées pour vérifier les lois de Soddy :

- Conservation du nombre global de masse : La somme des nombres de masse est la même de part et d'autre de la flèche symbolisant la réaction.
- Conservation du nombre global de charge : La somme des nombres de charge est la même de part et d'autre de la flèche symbolisant la réaction.

Application 1

Le carbone 14 est continuellement formé dans la haute atmosphère, lors de l'absorption de neutrons d'origine cosmique par des noyaux ${}^A_Z\text{X}$ présents dans l'air, suivant

l'équation : ${}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$. Identifier les noyaux ${}^A_Z\text{X}$.

Il y a conservation du nombre de masse :

$A + 1 = 14 + 1$ donc $A = 14$.

Il y a conservation du nombre de charge :

$Z + 0 = 6 + 1$ donc $Z = 7$.

La consultation du tableau périodique indique qu'il s'agit du noyau d'azote 14 de symbole ${}^{14}_7\text{N}$.

Application 2

Déterminer les entiers x et y dans l'équation : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{55}\text{Cs} + {}^{93}_x\text{Rb} + y {}^1_0\text{n}$.

Utilisons les lois de Soddy :

$$235 + 1 = 140 + 93 + y \times 1 \text{ donc } y = 235 + 1 - 140 - 93 \text{ soit } y = 3.$$

$$92 + 0 = 55 + x + y \times 0 \text{ donc } x = 92 - 55 \text{ soit } x = 37.$$

Voici un lien vers une vidéo sur les transformations nucléaires :

<https://youtu.be/KIWLnszquu4>

3. Identification d'une transformation

Il existe trois types de transformations :

Transformation physique

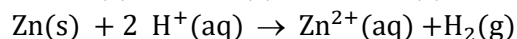
- Une seule espèce chimique est concernée
- Réactif et produit sont une même espèce chimique
- Seul l'état physique de l'espèce chimique change

Exemple : $\text{Al (s)} \rightarrow \text{Al (l)}$

Transformation chimique

Réactifs et produits correspondent à des espèces chimiques différentes, mais avec conservation des éléments chimiques et de la charge électrique.

Exemples : $\text{C}_2\text{H}_6\text{O (g)} + 3 \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow 2 \text{CO}_2 \text{(g)} + 3 \text{H}_2\text{O (g)}$



Transformation nucléaire

- Réactif(s) et produit(s) correspondent à des éléments chimiques différents
- Conservation du nombre de masse et du nombre de charge
- La transformation se fait uniquement au niveau des noyaux

Exemple : ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$

Exercices

N°	5	page	138
N°	9	page	138
N°	11	page	139
N°	14	page	139
N°	15	page	139
N°	17	page	139
N°	18	page	140
N°	21	page	141
N°	23	page	141