

Partie I : LA MATIÈRE

- Isotopes
- Écriture symbolique d'une réaction nucléaire
- Aspects énergétiques des transformations nucléaires

Chapitre 15

Transformations nucléaires

I. Le noyau de l'atome

I.1 Rappels

Le **noyau de l'atome** est composé de nucléons : **protons et neutrons**.

Le nombre de protons définit le **numéro atomique noté Z** de l'atome (et son identité chimique).

Le nombre de nucléons est noté **A (nombre de masse)**.

Le nombre de neutrons N d'un noyau est donné par $N = A - Z$.

Le noyau d'un atome X est noté A_ZX

I.2 Isotopes d'un élément chimique

Le **nombre de neutrons** d'un même élément chimique **peut varier**. Ces éléments sont qualifiés d'**isotopes**.

Exemple : ${}^{12}_6C$; ${}^{13}_6C$ et ${}^{14}_6C$ sont les trois isotopes de l'élément carbone qui comportent respectivement 6, 7 et 8 neutrons.

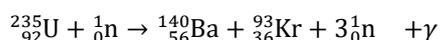
II. Transformation nucléaires

Lors d'une réaction nucléaire, c'est le noyau de l'atome qui se transforme. De ce fait, les transformations nucléaires transforment l'élément chimique de départ en un autre élément chimique.

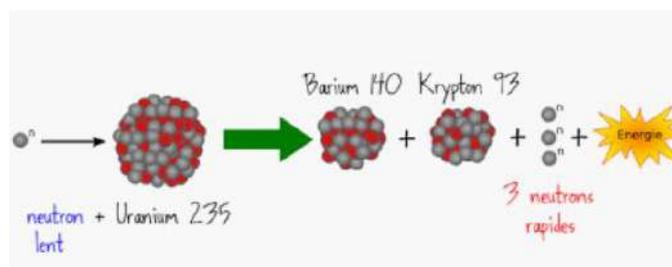
II.1 Fission nucléaire

Au cours d'une réaction de **fission**, un noyau « **lourd** » ($A > 200$) se **scinde** en **deux noyaux plus « légers »** après **absorption d'un neutron**. Un noyau susceptible de subir la fission est dit **fissile**.

Exemple: fission de l'uranium 235



Au cours d'une réaction de fission, il y'a **conservation du nombre de masse A et du nombre de charge Z**.



Pour la réaction de fission précédente, on a bien : $235 + 1 = 140 + 93 + 3 \times 1$ (conservation A)
et $92 + 0 = 56 + 36 + 3 \times 0$ (conservation de Z).

Ces lois de conservations sont valables pour toutes les transformations nucléaires.

Les neutrons émis lors de la fission peuvent à leur tour initier d'autres fissions: **réaction en chaîne**.

Lors de cette **réaction de fission**, de l'**énergie est libérée** sous forme d'un rayonnement (γ) et elle exploitée pour produire de l'électricité.

Exemple : Utilisation de la fission dans les centrales nucléaires avec de l'uranium enrichi à 3% d'uranium 235 (fissile). Cette réaction est exothermique.

La fission d'1g d'uranium 235 libère **80 GJ**. En comparaison, la combustion d'1 g de méthane libère **50 kJ**.

<http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/animations-flash/radioactivite/la-fission>

<http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/animations-flash/radioactivite/la-reaction-en-chaîne>

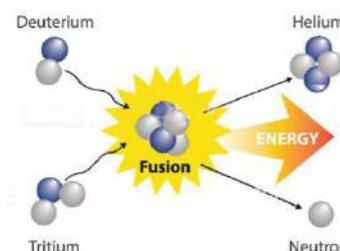
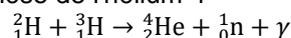
Exercice 1 :

1. Quelles sont les deux grandeurs physiques qui se conservent lors d'une transformation nucléaire.
2. Ecrire l'équation de la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 par un neutron qui donne un noyau de tellure 137 et un noyau de zirconium 97.

II.2 Fusion nucléaire

Il y'a **fusion nucléaire** lorsque **deux noyaux « légers »** qui **s'assemblent** pour donner un **noyau plus lourd** (avec éventuellement éjection de particules (neutron, protons...)).

Exemple: synthèse de l'hélium 4



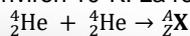
Ces réactions, plus exothermiques que les réactions de fission, nécessitent des **températures très élevées** (10^7 °C). Les réactions de fusion sont à l'origine de l'énergie du Soleil et des étoiles.

Cette réaction de fusion n'est pas encore maîtrisée de façon continue en laboratoire (projet ITER).

<http://www.cea.fr/jeunes/mediatheque/animations-flash/radioactivite/la-reaction-de-fusion>

Exercice 2 :

1. Donner la définition de la fusion thermonucléaire et rappeler les conditions pour que le processus se déclenche.
2. Au cœur d'une étoile, la température atteint environ 10^8 K. La réaction ci-dessous se produit :



Déterminer le symbole du noyau X qui se forme.

Exercice 3 :

Au cœur du Soleil, il se produit des transformations nucléaires à partir de noyaux d'hydrogène.

Le bilan de ces transformations peut s'écrire : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + x \times {}^0_1\text{e}$

On donne les informations suivantes :

- masse du Soleil $m_S = 2 \times 10^{30}$ kg
- 10% de la masse du Soleil est de l'hydrogène
- la fusion d'1 g d'hydrogène libère une énergie de 6.1×10^{11} J

- a. Déterminer la valeur de x dans l'équation de la réaction.
- b. Pourquoi s'agit-il d'une réaction de fusion ?
- c. Calculer le nombre d'années nécessaires pour que tout l'hydrogène soit consommé, sachant que chaque année le Soleil libère une énergie $E_S = 10^{34}$ J.

Conclusion : Lors d'une transformation nucléaire :

- Un ou plusieurs noyaux réactifs se transforment en de nouveaux noyaux ;
- Les éléments chimiques ne sont pas conservés ;
- Un rayonnement, dit « gamma » (γ), est émis.

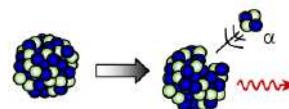
II.3 Radioactivité

Lorsqu'un noyau est instable, il peut spontanément se transformer en un autre noyau selon trois processus radioactifs : α , β^- ou β^+ .

a. **Radioactivité α**

Le noyau A_ZX se transforme et émet un **noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$** (particule α)

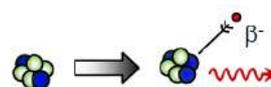
Exemple : désintégration du radium 226 ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$



b. **Radioactivité β^-**

Le noyau A_ZX se transforme et émet un **électron ${}^0_{-1}e$** (particule β^-)

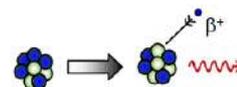
Exemple : désintégration de l'hélium 6 ${}^6_2\text{He} \rightarrow {}^3_3\text{Li} + {}^0_{-1}e$



c. **Radioactivité β^+**

Le noyau A_ZX se transforme et émet un **positon ${}^0_{+1}e$** (particule β^+)

Exemple : désintégration du bore 8 ${}^8_5\text{B} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^0_{+1}e$



Lors des transformations nucléaires α , β^- et β^+ , de l'énergie est libérée sous forme de rayonnement.

Exercice 4 :

1. Le zirconium 86 de symbole ${}^{86}_{40}\text{Zr}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type β^+ . Identifier le noyau et la particule produite puis écrire l'équation de transformation.
2. L'arsenic 77 de symbole ${}^{77}_{33}\text{As}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type β^- . Identifier le noyau et la particule produite puis écrire l'équation de transformation.
3. Le béryllium de symbole ${}^8_4\text{Be}$ est un isotope radioactif qui se désintègre selon un processus de type α . Identifier le noyau et la particule produite puis écrire l'équation de transformation.