



Chapitre 10 : Comment expliquer la radioactivité ?

I. Radioactivité naturelle et artificielle.

1. La découverte de la radioactivité.

- Recueillir et exploiter des informations sur la découverte de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle.

La radioactivité a été découverte par **Henri BECQUEREL** en 1896 (1852 – 1908).

Il découvre la radioactivité de l'uranium au cours de travaux sur la phosphorescence.

Les travaux sont poursuivis par **Pierre et Marie CURIE**.

En 1898, ils découvrent la radioactivité du polonium **Polonium 210** et du radium **Radium 226**.

En 1903 : prix Nobel de physique (**Henri BECQUEREL** avec **Pierre et Marie CURIE**).

On connaît actuellement, une cinquantaine de nucléides naturels radioactifs et environ 1200 nucléides artificiels radioactifs.



2. La cohésion de la matière.

La cohésion du noyau est due à l'existence d'une interaction forte, attractive qui unit l'ensemble des nucléons et qui prédomine devant l'interaction électrique (répulsion entre les protons).

Il y a antagonisme entre l'interaction forte et la répulsion des protons.

Dans certains cas la cohésion n'est pas suffisante, on dit que les noyaux sont instables.

Ils se désintègrent spontanément, on dit qu'ils sont radioactifs.

Au cours d'une désintégration radioactive, un noyau père se désintègre spontanément en émettant un noyau fils, une particule (α , β^+ ou β^-) et un rayonnement électromagnétique γ .

3. La mesure de la radioactivité : l'activité A.

- Connaître la définition et des ordres de grandeur de l'activité exprimée en becquerel.

L'activité A d'un échantillon radioactif à la date t est le nombre de désintégrations par seconde de cet échantillon.

L'activité A d'un échantillon radioactif diminue au cours du temps. Cette diminution est caractéristique du noyau radioactif présent dans l'échantillon.

L'unité d'activité est le Becquerel Bq en hommage à Henri Becquerel : 1 Bq = 1 désintégration par seconde.

L'activité d'un échantillon radioactif se mesure à l'aide d'un compteur Geiger.

Ordre de grandeur des activités :

- L'eau de mer a une activité de l'ordre de 10 Bq par litre.
- Le Radon, présent dans l'air, à l'état de trace, a une activité de quelques centaines de Bq.
- Le corps humain est radioactif. La radioactivité naturelle d'un homme est d'environ 100 Bq / kg.
- Pour un homme de 60 kg, elle est environ de 6000 Bq.
- Les sources radioactives, utilisées au laboratoire, ont une activité comprise entre 4×10^4 Bq et 4×10^7 Bq.
- L'activité d'un gramme de radium est supérieure à 10^{10} Bq.



II. Les réactions nucléaires.

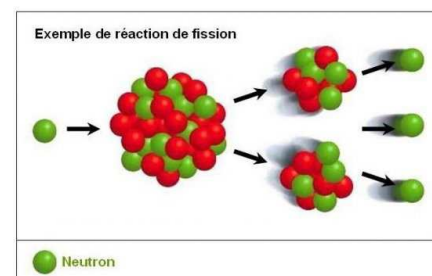
1. Réactions de fission

La réaction de fission est une réaction nucléaire provoquée.

Au cours d'une fission nucléaire, un neutron lent (neutron thermique) brise un noyau lourd fissile en deux noyaux légers. Cette réaction libère de l'énergie.

Les noyaux lourds fissiles utilisés sont l'uranium 235 et le plutonium 239.

La réaction nucléaire produit de la chaleur. Dans une centrale nucléaire, l'énergie thermique est transportée par le **fluide caloporteur** à travers le circuit primaire. Cette énergie thermique est ensuite transformée en énergie électrique par un alternateur.



2. Réactions de fusion.

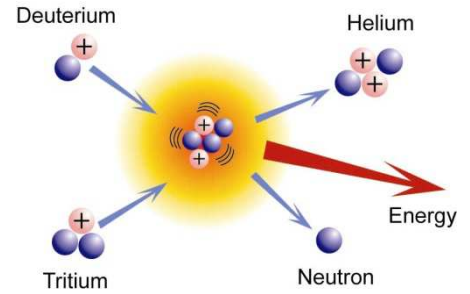
Au cours d'une fusion nucléaire, deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau lourd.



C'est une réaction nucléaire provoquée qui libère de l'énergie. Des particules et un rayonnement électromagnétique γ sont émis.

La fusion contrôlée est réalisée dans des appareils appelés **TOKAMAKS** (russe **tok** qui veut dire courant et **mak** pour magnétisme). Il faut porter la matière à une température de l'ordre de 10^7 K et donner une énergie cinétique aux particules. Dans ces conditions, la matière est à l'état plasma (quatrième état de la matière ; noyaux et électrons ne sont plus liés entre eux).

Le problème est d'arriver à réaliser le confinement du plasma pendant une durée d'une seconde environ.

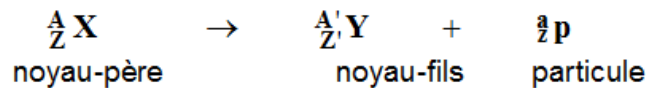


3. Lois de conservation : Lois de SODDY.

- Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.

Toutes les réactions nucléaires vérifient les lois de conservation suivantes :

- **Conservation de la charge électrique.**
- **Conservation du nombre total de nucléons.**
- *Conservation de la quantité de mouvement.*
- *Conservation de l'énergie.*



Lois de Soddy :

Conservation du nombre de masse : $A = A' + a$

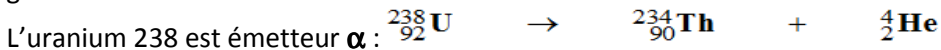
Conservation de la charge : $Z = Z' + z$

Lors d'une réaction nucléaire, il n'y a pas conservation des éléments chimiques.

Applications.

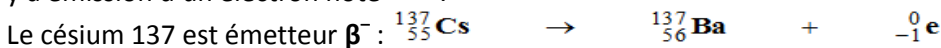
► Radioactivité α : ${}^4_2\text{He}$

- Un noyau lourd instable éjecte une particule α (noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$) et donne un noyau fils plus léger, généralement dans un état excité



► Radioactivité β^- : ${}^0_{-1}\text{e}$

Cette radioactivité se manifeste lorsque le noyau présente un excès de neutrons. Au cours de la désintégration, il y a émission d'un électron noté ${}^0_{-1}\text{e}$.



► Radioactivité β^+ : ${}^0_{+1}\text{e}$

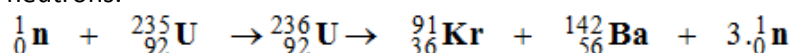
Cette radioactivité se manifeste lorsque le noyau d'un atome possède trop de protons.

Au cours de la désintégration, il y a émission d'un positon noté ${}^0_{+1}\text{e}$.



► Cas de la fission.

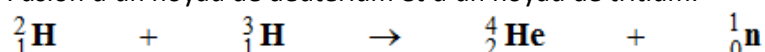
Une fission possible de l'uranium 235, sous l'impact d'un neutron lent, produit les noyaux ${}^{91}_{36}\text{Kr}$, ${}^{142}_{56}\text{Ba}$ et des neutrons.



► Cas d'une réaction provoquée : fusion.

Au cours d'une fusion nucléaire, deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau lourd. C'est une réaction nucléaire provoquée qui libère de l'énergie.

Fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.





III. Energie libérée.

- Utiliser la relation Elibérée = mc².

1. Relation d'Einstein.

Dans la théorie de la relativité restreinte, en 1905, EINSTEIN a montré que la masse est une forme d'énergie. Toute particule de masse **m**, au repos, possède une énergie :

$$E = m \cdot c^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{E} \text{ énergie en Joule (J)} \\ \mathbf{m} \text{ masse en kilogramme (kg)} \\ \mathbf{c} \text{ célérité de la lumière dans le vide (m / s)} \end{array} \right.$$

c est une constante universelle, de valeur celle de la vitesse de la lumière dans le vide : **c** = 299792458 m / s. Pour les calculs, on peut prendre la valeur approchée : **c** = 3,00 x 10⁸ m / s.

2. Une autre unité d'énergie.

Le Joule est une unité d'énergie mal adaptée à l'échelle microscopique.

A cette échelle, on préfère utiliser l'électron-volt (eV) ou le mégaélectronvolt (MeV)

Correspondance : **1 eV = 1,602189 x 10⁻¹⁹ J** ou **1 MeV = 1,602189 x 10⁻¹³ J**

3. Défaut de masse.

Lors d'une réaction nucléaire, la masse des produits obtenus est inférieure à la masse des réactifs.

La masse manquante est appelée : perte de masse : on la note **|Δm|**.

Elle a pour expression : **|Δm| = |m_(produits) - m_(réactifs)|**

L'énergie libérée par le système a pour expression : **E_{libérée} = |Δm| · c² = |m_(produits) - m_{(réactifs)| · c²}**

Unités : L'énergie s'exprime en joule (J)

La perte de masse **|Δm|** s'exprime en kilogramme (kg)

4. Énergie de liaison d'un noyau.

La cohésion d'un noyau est due aux interactions fortes entre les nucléons.

Pour briser un noyau, le milieu extérieur doit fournir de l'énergie.

L'énergie de liaison **E_l** d'un noyau est l'énergie libérée lors de la formation du noyau à partir des nucléons au repos :

Puisque la masse du système diminue, le système libère de l'énergie, c'est cette énergie que l'on appelle l'énergie de liaison : **E_l = |Δm| · c²**

Application.

Au cours d'une fusion nucléaire, deux noyaux légers le deutérium et le tritium s'unissent pour former une particule alpha et un neutron. C'est une réaction nucléaire provoquée qui libère de l'énergie.

Écrire l'équation de la réaction.

Calculer la valeur de l'énergie libérée **E_{libérée}** lors de cette réaction.

On donne : **m (²₁H) = 3,34358 x 10⁻²⁷ kg ; m (³₁H) = 5,00736 x 10⁻²⁷ kg ; m (¹₀n) = 1,67493 x 10⁻²⁷ kg ;**
m (⁴₂He) = 6,64466 x 10⁻²⁷ kg

► Réponses :

Équation de la réaction : **²₁H + ³₁H → ⁴₂He + ¹₀n**

Valeur de la masse des réactifs :

$$m \text{ (réactifs)} = m \left({}^2_1\text{H} \right) + m \left({}^3_1\text{H} \right) \approx 3,34358 \times 10^{-27} + 5,00736 \times 10^{-27} \approx 8,35094 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Valeur de la masse des produits :

$$m \text{ (produits)} = m \left({}^4_2\text{He} \right) + m \left({}^1_0\text{n} \right) \approx 6,64466 \times 10^{-27} + 1,67493 \times 10^{-27} \approx 8,31959 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Valeur du défaut de masse :

$$|\Delta m| = |m \text{ (produits)} - m \text{ (réactifs)}| \approx |8,31959 \times 10^{-27} - 8,35094 \times 10^{-27}| \approx 3,135 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

Valeur de l'énergie libérée **E_{libérée}** lors de cette réaction :

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2 = |m \text{ (produits)} - m \text{ (réactifs)}| \cdot c^2 \approx 3,135 \times 10^{-29} \times (299792458)^2 \approx 2,818 \times 10^{-12} \text{ J}$$



Première S : B – Comprendre.

Réactions nucléaires et aspects énergétiques associés.

- *Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique, etc.).*

Ordre de grandeur des énergies mises en jeu.