

Partie 3 – Chapitre 1 : radioactivité et réactions nucléaires.

1. Qu'est-ce que la radioactivité ?

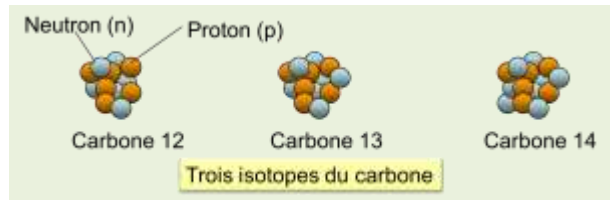
1.1. Description du phénomène à l'échelle microscopique.

- Le phénomène de **radioactivité** est la transformation *spontanée* d'un noyau atomique instable en un autre noyau atomique plus stable, par émission d'une particule.
- On dit que le noyau radioactif se désintègre : il y a transformation d'un élément, appelé noyau père, en un autre, appelé noyau fils. Il n'y a pas conservation de l'élément chimique lors d'une transformation nucléaire.

1.2. Le noyau atomique, l'élément chimique et ses isotopes.

- Un noyau atomique est défini par deux nombres :
 - Le nombre de protons Z , appelé numéro atomique, qui caractérise l'élément chimique.
 - Le nombre de nucléons A , dont on déduit le nombre de neutrons $N = A - Z$.
- Des noyaux du même élément chimique mais possédant un nombre de neutrons différent sont appelés **isotopes**.
- Pour un élément donné, on distingue les **isotopes stables** et les **isotopes instables** : ces derniers sont radio-actifs.

Nombre de nucléons : nombre de protons + nombre de neutrons A
Numéro atomique : nombre de protons et charge positive du noyau Z



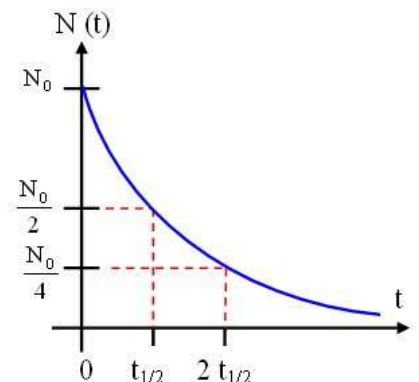
1.3. Les différents types de radioactivité.

Radioactivité α (« alpha »):	Radioactivité β^- (« bêta moins »):	Radioactivité β^+ (« bêta plus »):
Emission d'un noyau d'hélium.	Emission d'un électron.	Emission d'un positron.
${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4} Y + {}_2^4 He$	${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + {}_{-1}^0 e^-$	${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^A Y + {}_1^0 e^+$
L'émission γ (« gamma ») est l'émission spontanée d'un photon de haute énergie (dans le domaine γ) par un noyau dans un état d'énergie élevée, afin de se retrouver dans un état d'énergie plus bas. Il n'y a pas transformation de l'élément chimique dans ce cas.		${}_Z^A X^* \rightarrow {}_Z^A X + {}_0^0 \gamma$

- La désintégration d'un noyau radioactif est un phénomène **aléatoire** : rien n'influence ce phénomène.

1.4. La radioactivité à l'échelle macroscopique.

- Sur une grande population de noyaux, la probabilité de se désintégrer en une seconde est constante pour un noyau donné, et dépend seulement de la nature du noyau radioactif.
- L'étude statistique d'une grande population de noyaux est donc possible : la valeur moyenne du nombre de noyaux va suivre une **loi déterministe** au cours du temps, appelée **loi de décroissance radioactive**.
- La durée nécessaire pour que le nombre de noyaux radioactifs soit divisé par 2 est une constante caractéristique du noyau radioactif, elle est appelée **demi-vie ou période radioactive**.



Partie 3 – Chapitre 1 : radioactivité et réactions nucléaires.

- Le nombre de désintégrations en un temps donné est appelé **activité** de la source radioactive, et notée A. Elle se mesure en Béquerel Bq : 1 Bq = une désintégration par seconde.
L'activité est **proportionnelle** au nombre de noyaux radioactifs présents.

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$$

2. Lois de conservation lors des réactions nucléaires.

2.1. Les lois de Soddy.

Ces lois régissent les transformations des noyaux à l'échelle microscopique :



Conservation du nombre de nucléons A :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

Conservation de la charge électrique Z :

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

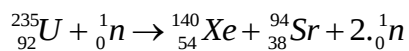
2.2. Réactions nucléaires provoquées.

- Une réaction nucléaire est **provoquée** s'il faut un événement extérieur pour provoquer la transformation du ou des noyaux mis en jeu.

Les réactions de **fission nucléaire**.

Un noyau lourd se brise en 2 noyaux plus légers.

Les fissions sont provoquées en bombardant un noyau fissile avec des neutrons, par exemple l'uranium 235 :

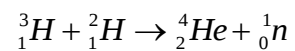


Les neutrons émis occasionnent d'autres réactions, c'est une **réaction en chaîne**.

Les réactions de **fusion nucléaire**.

2 noyaux légers fusionnent en un seul, plus lourd.

Les fusions s'accompagnent généralement de l'émission de particules :



3. Aspect énergétique des transformations nucléaires.

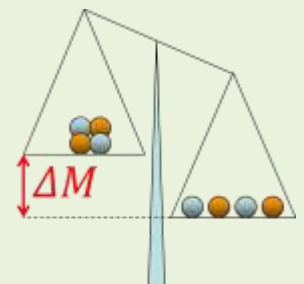
3.1. Relation d'équivalence d'Einstein.

- En 1905, A.Einstein démontre que la masse m (en Kg) d'un objet au repos est équivalente à de l'énergie E (en J), appelée énergie de masse. C'est la relation d'équivalence entre la masse et l'énergie ou apparaît la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$$E = m \times c^2$$

3.2. Energie de cohésion du noyau.

- Pour un noyau donné, la masse du noyau est **inférieure** à la masse des nucléons séparés.
- Il y a un **défaut de masse entre les nucléons séparés et le noyau**.
- La masse manquante correspond à l'énergie de liaison des nucléons entre eux, assurant la cohésion du noyau atomique.
- L'énergie de cohésion d'un noyau atomique, appelée aussi énergie de liaison**, est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en ses nucléons isolés et au repos.

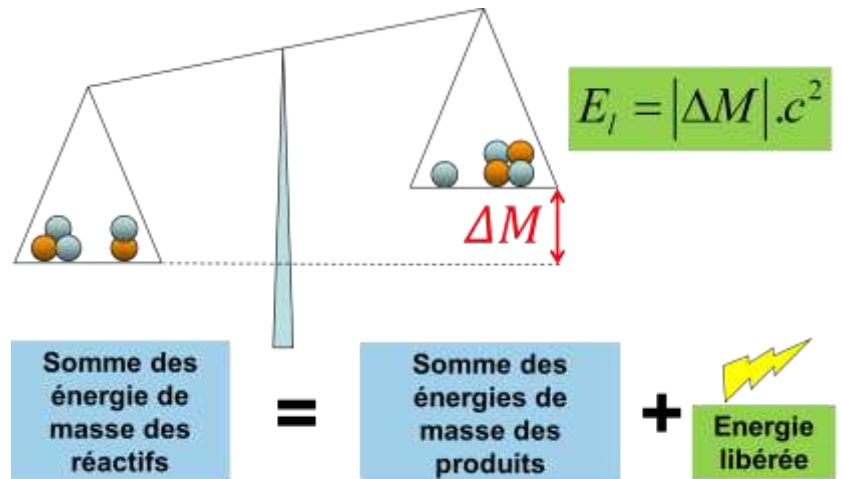


$$E_{\text{cohésion}} = |\Delta M_{\text{noyau}}| \times c^2$$

Partie 3 – Chapitre 1 : radioactivité et réactions nucléaires.

3.3. Bilan énergétique d'une réaction nucléaire spontanée ou provoquée.

- Une réaction nucléaire n'est possible que si les **noyaux produits sont globalement plus légers que les noyaux qui réagissent**.
- **L'énergie libérée** lors d'une réaction nucléaire **est égale à la différence d'énergie de masse entre les réactifs et les produits de la réaction**.
- C'est l'énergie correspondant **au défaut de masse entre les produits et les réactifs**.



Equation de la réaction nucléaire	${}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$
Défaut de masse entre les produits et les réactifs	$ \Delta M = \left M\left({}_{Z_3}^{A_3}X_3\right) + M\left({}_{Z_4}^{A_4}X_4\right) - M\left({}_{Z_1}^{A_1}X_1\right) - M\left({}_{Z_2}^{A_2}X_2\right) \right $
Energie libérée	$E_{libérée} = \Delta M . c^2$