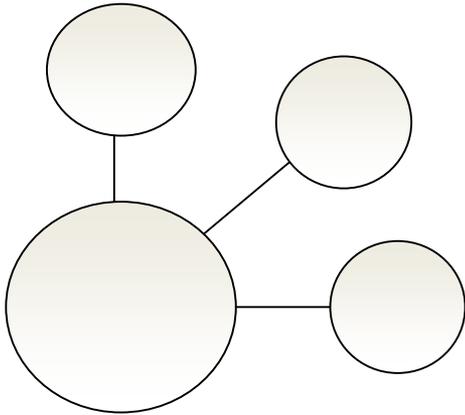


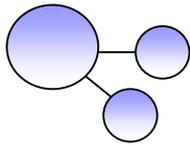
---

## COMPRENDRE, LOIS ET MODELES



Chapitre 8 :

**Radioactivité et réactions nucléaires**



# I. Introduction et rappels

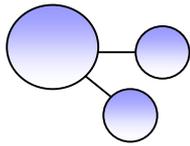
Il faut maîtriser le cours de seconde : le modèle de l'atome !

Isotopes : deux atomes sont isotopes s'ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différents.

Stabilité du noyau : comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, au sein du noyau s'opposent la répulsion électromagnétique et l'interaction nucléaire forte.

Ainsi certains noyaux sont stables au cours du temps (durée de vie infinie à l'échelle géologique) et d'autres vont spontanément se désintégrer, ils sont instables, c'est la base de la radioactivité.

Radioactivité : désintégration d'un noyau (père) formant un autre noyau (fils) avec émission d'une ou plusieurs particules.



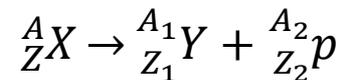
## II. Radioactivité

### A/ Lois de conservation

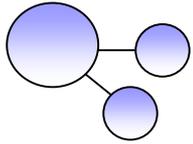
**Attention :** les lois de conservation lors des réactions nucléaires diffèrent des lois de conservation vues en chimie « classique ». En effet les éléments chimiques ne sont pas nécessairement conservés.

Ces lois sont appelés **lois de Soddy**. Elles indiquent qu'il y a conservation du nombre de charge  $Z$  et du nombre de masse  $A$  (nombre de nucléons).

Exemple avec un noyau  $X$  se désintégrant en noyau  $Y$  en expulsant une particule  $p$  :



On a donc  $Z = Z_1 + Z_2$  et  $A = A_1 + A_2$ .



## II. Radioactivité

### B/ Types de radioactivité

Lors de la désintégration de noyaux radioactifs, différentes particules peuvent être émises, définissant différents types de radioactivité.

#### **La radioactivité $\alpha$**

Dans ce cas, la particule émise est une particule  $\alpha$  : c'est un noyau d'hélium  ${}^4_2He$ .

#### **La radioactivité $\beta^-$**

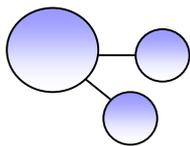
Emission d'un électron et d'un antineutrino noté  ${}^0_0\bar{\nu}_e$ .

#### **La radioactivité $\beta^+$**

Emission d'un positon (antiparticule de l'électron) et d'un neutrino noté  ${}^0_0\nu_e$ .

#### **La désexcitation $\gamma$**

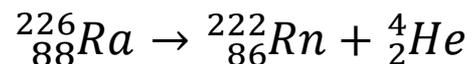
Lorsqu'un noyau fils est obtenu par désintégration d'un noyau père, celui-ci se trouve généralement dans un état excité noté  $Y^*$ . Pour retourner dans un état fondamental il émet un rayonnement  $\gamma$  (photon dont le domaine d'énergie est le rayonnement  $\gamma$ )



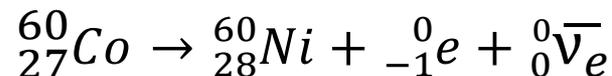
## II. Radioactivité

### C/ Exemples

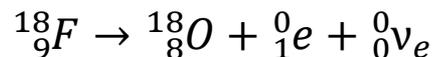
#### Radioactivité $\alpha$



#### Radioactivité $\beta^-$

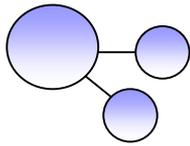


#### Radioactivité $\beta^+$



#### Désexcitation $\gamma$





## II. Radioactivité

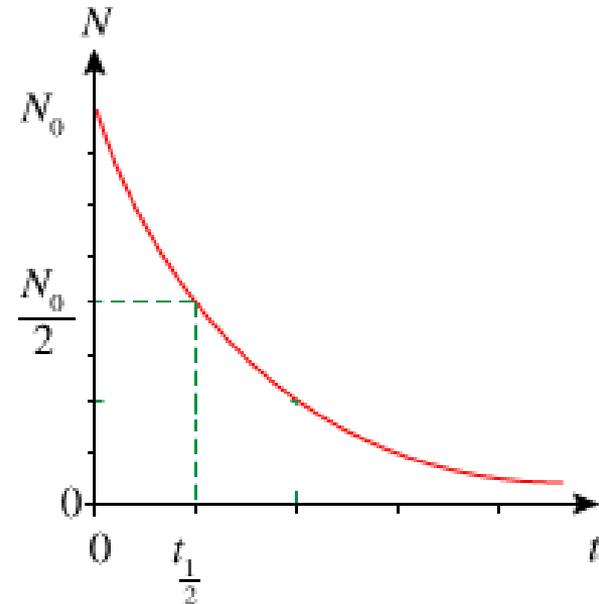
### D/ Activité et temps de demi-vie

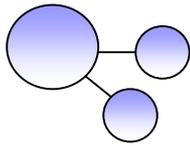
L'**activité** d'un échantillon radioactif, notée  $A$ , correspond au nombre de désintégrations ayant lieu en une seconde. Son unité est le becquerel (Bq).

On peut la mesurer à l'aide d'un compteur Geiger. L'activité d'un échantillon dépend de sa masse : elle diminue donc au cours du temps.

Le temps de demi-vie correspond au temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés (voir graphique).

Le temps de demi-vie, noté  $t_{1/2}$ , et appelé période radioactive, est caractéristique du type de noyau.





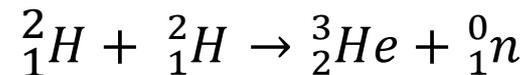
## III. Réactions nucléaires

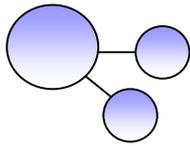
### A/ La fusion nucléaire

Lors d'une fusion nucléaire, 2 noyaux légers vont fusionner pour former un noyau plus lourd.

Pour pouvoir fusionner deux noyaux, il faut « vaincre » la force de répulsion électrique. L'énergie cinétique des noyaux doit être très importante : pour cela on porte le milieu à très haute température (on obtient un plasma - 4<sup>ème</sup> état de la matière -).

*Exemple :*

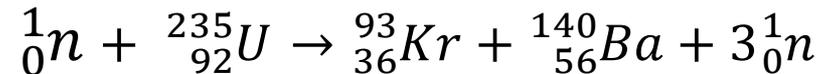




### III. Réactions nucléaires

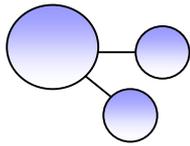
#### B/ La fission nucléaire

Lors d'une fission nucléaire, un noyau lourd (dit fissile) se scinde en deux pour former deux noyaux plus légers. Cette réaction est généralement provoquée en bombardant le noyau avec un neutron :



*Réaction en chaîne : lors de la fission, le bombardement par un neutron peut libérer plusieurs neutrons qui peuvent à leur tour provoquer une fission, on parle alors de réaction en chaîne.*

*C'est le principe de la bombe à fission (bombe A). C'est également le principe utilisé dans les centrales nucléaires mais dans ce cas, afin de maîtriser la réaction, des barres de contrôles absorbent une partie des neutrons libérés.*



## IV. Bilan énergétique

### A/ Equivalence masse-énergie

#### **Postulat d'Einstein**

En 1905, Albert Einstein établit que tout corps de masse  $m$  possède une énergie au repos  $E$  donné par la relation :

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

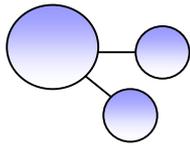
avec  $E$  l'énergie en J,  $m$  la masse en kg et  $c$  célérité de la lumière en  $m.s^{-1}$

### B/ Des unités adaptées

Le kilogramme et le joule, unités adaptées à l'échelle macroscopique, sont des unités peu adaptées à la physique nucléaire (car trop « grandes »). On introduit donc deux nouvelles unités :

- l'électronvolt noté eV :  $1eV = 1,602 \times 10^{-19}J$
- l'unité de masse atomique notée u :  $1u = 1,66054 \times 10^{-27}kg$

On notera qu'il existe des multiples de l'eV : GeV (gigaélectronvolt), MeV (mégaélectronvolt), keV (kiloélectronvolt), ...



## IV. Bilan énergétique

### C/ Défaut de masse

On a constaté expérimentalement que la masse du noyau est légèrement inférieure à la somme des masses de ses nucléons :

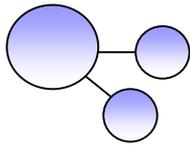
$$m_{\text{NOYAU}} < Z \times m_{\text{PROTON}} + (Z-A) \times m_{\text{NEUTRON}}$$

Le défaut de masse, noté  $\Delta m$  est égal à :

$$\Delta m = Z \times m_{\text{PROTON}} + (Z-A) \times m_{\text{NEUTRON}} - m_{\text{NOYAU}}$$

*Application : Calculer le défaut de masse pour un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$ .*

*Données :  $m_{\text{NOYAU}}({}^4_2\text{He}) = 4,00151 \text{ u}$  ;  $m_{\text{PROTON}} = 1,00728$  ;  $m_{\text{NEUTRON}} = 1,00866$ .*



## IV. Bilan énergétique

*Corrigé de l'application*

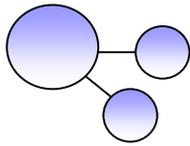
*Le noyau  ${}^4_2\text{He}$  possède 2 protons et (4-2 neutrons) d'où :*

$$\Delta m = Z \times m_{\text{PROTON}} + (Z-A) \times m_{\text{NEUTRON}} - m_{\text{NOYAU}}$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 2 \times 1,00728 + (4-2) \times 1,00866 - 4,00151$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 2,01456 + 2,01732 - 4,00151$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 0,03037\text{u}$$



## IV. Bilan énergétique

*Corrigé de l'application*

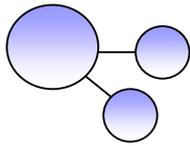
*Le noyau  ${}^4_2\text{He}$  possède 2 protons et (4-2 neutrons) d'où :*

$$\Delta m = Z \times m_{\text{PROTON}} + (Z-A) \times m_{\text{NEUTRON}} - m_{\text{NOYAU}}$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 2 \times 1,00728 + (4-2) \times 1,00866 - 4,00151$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 2,01456 + 2,01732 - 4,00151$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = 0,03037\text{u}$$



## IV. Bilan énergétique

### D/ Energie de liaison

L'énergie de liaison d'un noyau atomique est l'énergie correspondant au défaut de masse que nous avons vu précédemment, soit :

$$E_l = \Delta m \times c^2$$

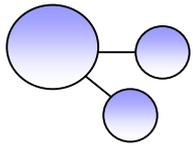
### E/ Energie libérée lors d'une réaction nucléaire

Lors des réactions nucléaires libérant de l'énergie (cinétique et rayonnement  $\gamma$ ), la masse des produits est inférieure à la masse des réactifs. On a :

$$\Delta m_{\text{REACTION}} = m_{\text{REACTIFS}} - m_{\text{PRODUITS}}$$

L'énergie libérée lors d'une réaction nucléaire est donnée par la relation :

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \times c^2$$



## V. Applications des réactions nucléaires

Il existe de nombreuses applications de la radioactivité et des réactions nucléaires. On pourra par exemple citer :

- La production d'électricité avec des centrales nucléaires ;
- La curiethérapie, technique médicale permettant de traiter certains cancers à l'aide de sources radioactives ;
- Datation de certains objets à l'aide du temps de demi-vie de certains isotopes radioactifs
- ...