

# CHAPITRE 15 : LA RADIOACTIVITE ET SES DANGERS

## 1 Noyaux et isotopes

### 1.1 Composition d'un noyau atomique

Le noyau est composé de nucléons : les protons et les neutrons. La composition du noyau est liée à sa représentation symbolique :



$X$  : symbole chimique du noyau

$Z$  : nombre de charge (numéro atomique) indiquant le nombre de protons

$A$  : nombre de masse indiquant le nombre de nucléons

Le nombre de neutrons  $N$  du noyau est donc :  $N = A - Z$

Exemple :  ${}^{14}_7\text{N}$ . Il s'agit d'un noyau d'azote constitué de 7 protons et de 14 nucléons soit 7 neutrons.

### 1.2 Isotopie

Des noyaux sont dits isotopes s'ils possèdent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différents.

Exemple : Isotopes du carbone :  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{13}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$

## 2 La radioactivité

### 2.1 Définition

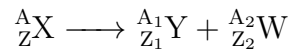
Les noyaux radioactifs sont instables et se transforment spontanément en d'autres noyaux. Cette transformation d'un noyau radioactif en un autre noyau est appelée désintégration nucléaire. Elle s'accompagne de l'émission de particules ( $\alpha$ ,  $\beta^-$  ou  $\beta^+$ ) ainsi que d'un rayonnement gamma.

### 2.2 Réactions nucléaires et lois de conservation

Pour décrire une réaction nucléaire, on utilise une équation concernant les noyaux atomiques et devant vérifier les lois de conservation :

- du nombre de charge
- du nombre de masse

Dans le cas général, au cours d'une réaction nucléaire, un noyau "père"  ${}^A_ZX$  se désintègre pour former un noyau "fils"  ${}^{A_1}_{Z_1}Y$  et accompagné d'une particule  ${}^{A_2}_{Z_2}W$ . Cette réaction nucléaire est décrite par l'équation suivante :



$X$  : symbole du noyau "père"

$Y$  : symbole du noyau "fils"

$W$  : symbole de la particule émise

D'après les lois de conservation, on a les relations :

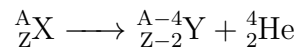
— conservation du nombre de charge :  $Z = Z_1 + Z_2$

— conservation du nombre de masse :  $A = A_1 + A_2$

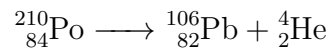
### 3 Les différentes radioactivités

#### 3.1 La radioactivité $\alpha$

La radioactivité  $\alpha$  correspond à l'émission de noyaux d'hélium  ${}^4_2\text{He}$ . L'équation de cette désintégration peut s'écrire :

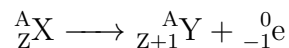


Exemple : Un noyau de polonium 210,  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ , se désintègre en formant un noyau de plomb et en émettant une particule  $\alpha$ . L'équation de cette réaction est :

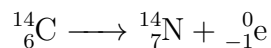


#### 3.2 La radioactivité $\beta^-$

La radioactivité  $\beta^-$  correspond à l'émission d'électrons  ${}^0_{-1}\text{e}$ . L'équation de cette désintégration peut s'écrire :

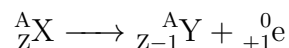


Exemple : Un noyau de carbone 14,  ${}^{14}_6\text{C}$ , se désintègre en formant un noyau d'azote et en émettant une particule  $\beta^-$ . L'équation de cette réaction est :

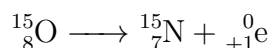


#### 3.3 La radioactivité $\beta^+$

La radioactivité  $\beta^+$  correspond à l'émission de positrons  ${}^0_{+1}\text{e}$ . L'équation de cette désintégration peut s'écrire :

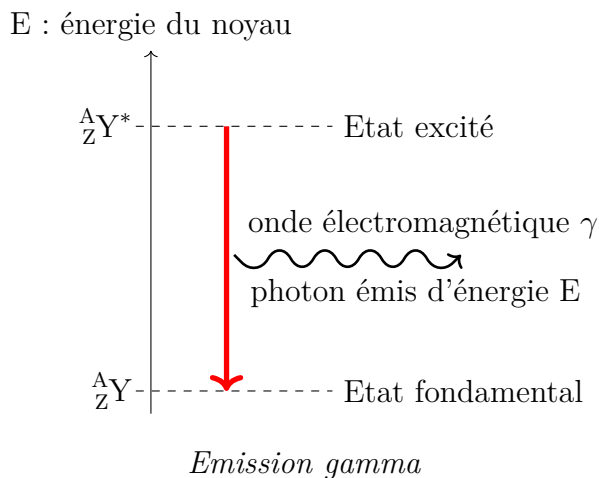


Exemple : Un noyau d'oxygène 15,  ${}^{15}_8\text{O}$ , se désintègre en formant un noyau d'azote et en émettant une particule  $\beta^+$ . L'équation de cette réaction est :

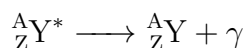


### 3.4 L'émission $\gamma$

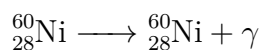
Lors des radioactivités  $\alpha$ ,  $\beta^-$  ou  $\beta^+$ , les noyaux fils formés se retrouvent dans un état excité, noté  $Y^*$ . Ces noyaux ont une énergie supérieure à celle de l'état fondamental. Le retour d'un noyau excité à son état fondamental s'accompagne de l'émission d'un rayonnement électromagnétique  $\gamma$  de très grande énergie.



L'équation de cette désexcitation peut s'écrire :



Exemple : Un noyau de nickel 60,  ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ , passe d'un état excité à son état fondamental. L'équation de cette réaction est :



## 4 Loi de décroissance radioactive

### 4.1 Activité d'une source radioactive

L'activité, notée  $A$ , d'une source radioactive est égale au nombre moyen de noyaux qui se désintègrent par seconde. L'unité de l'activité est le becquerel (Bq)  
 $1 \text{ Bq} = 1$  désintégration par seconde.

### 4.2 Demi-vie ou période radioactive

La demi-vie, notée  $t_{1/2}$ , ou période radioactive, noté  $T$ , est la durée au bout de laquelle l'activité est divisée par deux. C'est la loi de décroissance radioactive. L'expression mathématique de cette loi est :

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

$A(t)$  : activité de la source radioactive à l'instant  $t$

$A_0$  : activité de la source radioactive à l'instant initial  $t = 0$

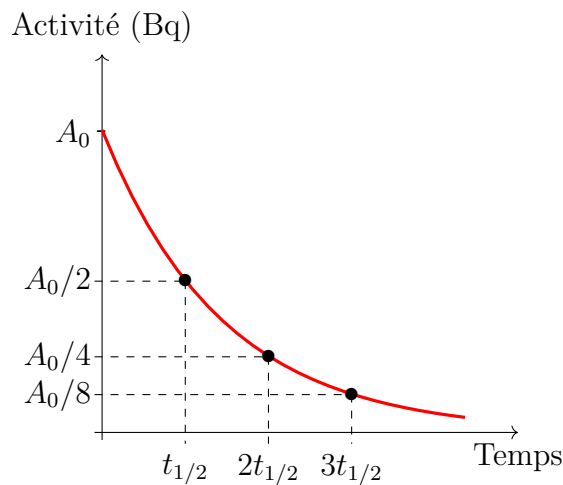
$\lambda$  : constante radioactive ( $s^{-1}$ )

$t$  : durée (s)

Remarque : à  $t = t_{1/2}$ , on a  $A(t) = \frac{A_0}{2}$

### 4.3 Courbe de décroissance radioactive

La courbe de décroissance radioactive est la courbe représentative de l'activité au cours du temps. L'activité  $A$  décroît exponentiellement en fonction du temps.



*Evolution de l'activité au cours du temps*

L'activité est divisé par deux au bout de chaque période radioactive ou demi-vie.

## 5 Les dangers de la radioactivité et prévention

### 5.1 Deux types d'exposition aux rayonnements ionisants

Nous sommes exposés en permanence à des sources de radioactivité naturelle et artificielle. On évalue régulièrement les expositions de la population, des patients et des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Le corps humain peut être soumis aux rayonnements radioactifs par :

- irradiation externe lorsqu'une personne est exposée aux rayonnements ionisants émis par une source radioactive situé dans son voisinage.
- contamination (ingestion, inhalation ou passage cutané (plaie) de substances radioactives)

### 5.2 Dose d'énergie absorbée

La dose d'énergie absorbée, notée  $D$ , permet de mesurer la quantité d'énergie délivrée par un rayonnement par unité de masse de tissu qu'il traverse.  $D$  s'exprime en gray (Gy).

$$D = \frac{E}{m}$$

$D$  : dose absorbée (Gy)

$E$  : énergie absorbée par l'échantillon (J)

$m$  : masse de l'échantillon (kg)

On ne connaît pas d'effets biologiques en dessous de 300 mGy.

### 5.3 Radioactivité et corps humain

Les effets biologiques de la radioactivité sur le corps humain dépendent :

- de la dose d'énergie absorbée
- de la nature du rayonnement ionisant
- de l'organe touché

Pour mesurer les effets biologiques, on utilise l'équivalent dose noté ED. L'équivalent dose ED s'exprime en sievert (Sv)

$$ED = D \times (W_R + W_T)$$

$ED$  : équivalent dose (Sv)

$D$  : dose absorbée (Gy)

$W_R$  : facteur de qualité radiologique ou facteur de pondération radiologique. Il rend compte de la nocivité d'un rayonnement donné. ( $W_R=1$  pour les rayons X,  $\gamma$  et  $\beta$ ,  $W_R=20$  pour les rayons  $\alpha$ ) (sans unité)

$W_T$  : facteur de qualité tissulaire ou facteur de pondération tissulaire de l'organe exposé. Il rend compte de la sensibilité de l'organe exposé.  $W_T=0,2$  pour les gonades,  $W_T=0,05$  pour la peau. (sans unité)

En France, l'exposition moyenne à l'ensemble des sources de rayonnements ionisants est de 4,5 mSv/an, dont 2,9 mSv/an pour celles d'origine naturelle et 1,6 mSv/an pour celles d'origine artificielle (essentiellement médicale).

### 5.4 Effets pathologiques des rayonnements ionisants

il existe deux types d'effets des rayonnements ionisants :

- les effets immédiats (ou déterministes) : ce sont les effets que l'on observe au-delà d'un seuil d'irradiation qui correspond à une dose de 0,2 à 0,3 Gy. (brûlures, nausées ...)
- les effets à long terme (effets aléatoires ou stochastiques) : ce sont des effets à long terme sous la forme de cancers et de leucémies. La probabilité d'apparition de l'effet augmente avec la dose. Le délai d'apparition après l'exposition est de plusieurs années.

### 5.5 Radiprotection

En France, la radioprotection relève de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) qui fixe les doses annuelles admissibles réglementaires :

- 20 mSv pour les personnes travaillant en zone soumise à des rayonnements.
- 1 mSv pour la population soumise à des expositions artificielles (sauf celles reçues comme patient à des fins médicales).

Pour se protéger des rayonnements ionisants, il faut :

- se tenir éloigné des sources radioactives
- utiliser des écrans protecteurs (béton, plomb ...)
- limiter la durée d'exposition