

Chapitre 10 : Médecine nucléaire.

1) Rappels sur les noyaux atomiques.

a) Structure du noyau.

Définition

Le **noyau** d'un atome est constitué de **nucléons** qui sont de deux types :

- les **neutrons** : électriquement neutres (comme leur nom l'indique)
- les **protons** : de charge électrique positive $+e$

Représentation symbolique du noyau : ${}^A_Z X$

- Z est appelé **numéro atomique** : il correspond au nombre de **protons** contenus dans le noyau.
- A est appelé **nombre de masse** : il correspond au nombre de **nucléons** contenus dans le noyau.
- On déduit le nombre de neutrons par : $N = A - Z$

b) Nucléide.

Définition

On appelle **nucléide** l'ensemble des atomes ayant des noyaux identiques (même Z , même A).

c) Isotopes.

Définition

Un élément chimique est caractérisé par son **numéro atomique Z** .

On appelle **isotopes** des **nucléides** ayant le **même numéro atomique Z** , mais des **nombres de masse A différents**.

Ex :

2) Qu'est ce que la radioactivité ?

a) Définition.

Définition

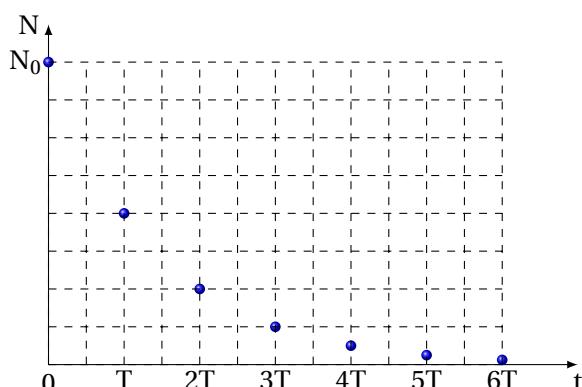
La radioactivité correspond à la **désintégration spontanée et aléatoire** de noyaux instables, accompagnée de **l'émission de particules** et d'un **rayonnement γ** .

b) Période radioactive ou demi-vie.

Définition

La **période** d'un élément radioactif est le temps au bout duquel la **moitié** des noyaux d'atomes radioactifs se sont désintégrés.

Dates	Nombre de noyaux
0	N_0
T	$N_0/2$
$2T$	$N_0/4$
$3T$	$N_0/8$
$4T$	$N_0/16$
$5T$	$N_0/32$
nT	$N_0/2^n$



c) Activité.

Définition

L'**activité A** d'une source radioactive est le **nombre de désintégrations par unité de temps**.

L'unité d'activité est le becquerel (Bq) $1\text{Bq} = 1\text{désintégration/s}$

Propriété

Au bout d'un temps égal à environ **20 fois la période** du radioélément, l'échantillon est considéré **inactif**.

3) Différents types d'émission.

La désintégration d'un noyau se traduit par l'équation :
$$\begin{array}{ccc} {}_Z^A X & \longrightarrow & {}_{Z'}^{A'} X' + {}_z^a p \\ \text{noyau père} & & \text{noyau fils} \quad \text{particule chargée} \end{array}$$

a) Lois de conservation.

Propriété

Au cours de cette désintégration il y a :

- conservation du nombre de nucléons, soit $A = A' + a$
- conservation du nombre de charge, soit $Z = Z' + z$

b) Radioactivité α .

Définition

Elle correspond à la production d'un noyau d'hélium ${}_2^4 He$.

Équation de la désintégration α :
$${}_Z^A X \longrightarrow {}_2^4 He + {}_{Z-2}^{A-4} Y$$

Ex : ${}_{88}^{226} Ra \longrightarrow {}_2^4 He + {}_{86}^{222} Rn$; ${}_{84}^{212} Po \longrightarrow {}_2^4 He + {}_{82}^{208} Pb$

c) Radioactivité β^- .

Définition

Elle correspond à la production d'un électron e^- .

Équation de la désintégration β^- :
$${}_Z^A X \longrightarrow {}_{-1}^0 e + {}_{Z+1}^A Y$$

Ex : ${}_{6}^{14} C \longrightarrow {}_{-1}^0 e + {}_{7}^{14} N$; ${}_{27}^{60} Co \longrightarrow {}_{-1}^0 e + {}_{28}^{60} Ni$

d) Radioactivité β^+ .

Définition

Elle correspond à la production d'un positron e^+ .

Équation de la désintégration β^+ :
$${}_Z^A X \longrightarrow {}_1^0 e + {}_{Z-1}^A Y$$

Ex : ${}_{15}^{30} P \longrightarrow {}_{+1}^0 e + {}_{14}^{30} Si$; ${}_{8}^{14} O \longrightarrow {}_{+1}^0 e + {}_{7}^{14} N$

e) Radioactivité γ .

Définition

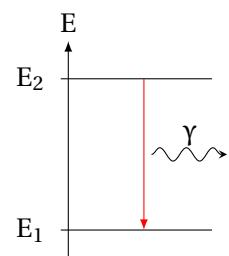
Elle correspond à la production d'un rayonnement électromagnétique γ .

Équation de la désintégration γ :
$${}_Z^A X \longrightarrow {}_Z^A X^* + \gamma$$

Propriété

Les radioactivités α et β s'accompagnent de la production de noyaux fils instables ou excités ; ces noyaux ont une énergie supérieure à celle de l'**état fondamental**.

Le retour d'un noyau excité à l'état fondamental s'accompagne de la libération d'énergie sous forme d'un rayonnement électromagnétique γ de très courte longueur d'onde ($\lambda < 10^{-13} m$).



Ex : ${}_{28}^{60} Ni^* \longrightarrow {}_{28}^{60} Ni + \gamma$

4) Dangers de la radiactivité.

Particules et rayonnement sont tous très dangereux pour l'être humain.

- particules α : peu pénétrantes (arrêtées par quelques cm d'air) mais très ionisantes
- particules β : peu ionisantes mais pénétrantes (arrêtées par quelques mm d'aluminium)
- rayons γ : peu ionisants mais très pénétrants (arrêtés par écrans de plomb ou de béton)

a) Effets biologiques.

L'irradiation ou la contamination de l'organisme humain peut entraîner :

- des problèmes somatiques (malaises, vomissements, diarrhées ...)
- des atteintes oculaires (cataracte) et cutanées (brûlures, lésions avec risques de cancer)
- des problèmes sanguins (modification de la formule sanguine et risques de leucémie)
- des atteintes à la fonction reproductrice (stérilité, mort ou malformations de l'embryon)
- des effets génétiques (mutations du patrimoine héréditaire)

b) Dose radioactive.

Définition
C'est l'énergie absorbée par l'unité de masse de matière irradiée. Elle se mesure en gray (Gy)

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

Énergie (J) ←
Dose (Gy) ←
Masse (kg) ←

c) Équivalent de dose.

Pour une même dose absorbée, certains rayonnements sont plus nocifs que d'autres : l'ED traduit cette nocivité sur le corps humain.

Définition
L'équivalent de dose résulte du produit de la dose absorbée D par un facteur de qualité FQ.

$$ED = D \times FQ$$

Équivalent de dose (Sv) ←
Dose (Gy) ↑
Facteur de qualité ←

d) Protection.

En France l'irradiation naturelle est de 15 mSv/an ; cette radioactivité est dûe au rayonnement cosmique (Soleil, étoiles) et au rayonnement de la Terre (roches).

Pour le public, il ne faut pas que les irradiations externes dépassent 5 mSv/an.

La protection aux rayonnements peut être assurée par :

- la réduction du temps d'exposition (le danger est proportionnel à la durée) ;
- l'éloignement de la source (le danger est inversement proportionnel au carré de la distance) ;
- la mise en place d'écrans de protection (béton, eau, feuilles de plomb).

5) Applications médicales.

a) Scintigraphie.

Cette méthode d'examen est utilisée pour observer un organe et détecter les tumeurs. Un traceur radioactif (^{131}I , ^{99}Tc , ...) est administré à très faible dose et se fixe sur l'organe à examiner. En se désactivant, ce radioélément émet des rayons γ que l'on détecte avec un compteur.

On obtient alors une image en fausses couleurs.

b) Radiothérapie.

Ces méthodes **agressives** sont utilisées pour détruire certaines tumeurs cancéreuses :

- par injection dans l'organisme de radioéléments (^{131}I , ...) émetteurs β^-
- par irradiation externe de la tumeur avec des rayons γ (bombe au cobalt ^{60}Co).