

Utilisation des radioéléments en pharmacie

1-Définition :

On définit officiellement l'activité d'un échantillon de matière radioactive comme le nombre de désintégrations qui s'y produit par seconde quand l'échantillon contient plusieurs éléments, l'activité totale est la somme des activités de chaque élément.

Les radioéléments appelés encore radioisotope ou radionucléides) sont des atomes dont les noyaux atomique est instable donc radioactifs.

L'activité d'un radioélément varie en sens inverse de sa durée de vie.

Elle est d'autant plus faible que sa période est longue.

a- L'unité d'activité :

Elle s'exprime en **becquerel (Bq)** : 1 Bq = 1 désintégration par seconde. La radioactivité naturelle du corps humain, est ainsi d'environ 8000 Bq

•Unité ancienne et classique : **CURIE : Ci (1 Ci= 3,7.10¹⁰Bq)**

2-Loi de décroissance radioactive

Elle est caractérisée par une quantité appelée **période radioactive** ou **demi-vie**. et La "**période**" d'un noyau radioactif est une de ses principales caractéristiques, elle donne une idée de la **rapidité de sa désintégration** et du temps pendant lequel il faudra prendre en compte sa radioactivité, C'est une durée dont la valeur peut aller de la fraction de seconde au milliard d'années.

Soit la réaction suivante : $A \rightarrow B \rightarrow C$ (Désintégration par chaîne)

-Expression de la radioactive de A : $N_A = N_{A0} e^{-\lambda_a t}$

-Expression de la radioactive de B : $N_B = \frac{\lambda_a}{\lambda_b - \lambda_a} \cdot N_{A0} (e^{-\lambda_a t} - e^{-\lambda_b t})$

-On définit l'instant t_m ou l'activité de B est à son maximum : $t_m = \frac{\ln \lambda_b - \ln \lambda_a}{\lambda_b - \lambda_a}$

3-Expression du nombre d'atomes N en fonction du temps

a -Loi de désintégration :

N (t) : présents à l'instant t.

dN: se désintègrent entre t et t + dt

$$dN = -\lambda \cdot N(t) dt$$

$$\rightarrow \frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N(t) \text{ ou } \frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N(t) = 0$$

$$\int \frac{dN}{N} = \int \lambda dt + cte$$

$$\ln N = -\lambda t + cte \text{ à } t = 0 \quad N = N(0) = cte$$

$$\ln N = -\lambda t + \ln N(0) \text{ et } \ln \frac{N}{N(0)} = -\lambda t$$

$$\frac{N}{N(0)} = e^{-\lambda t} \rightarrow \boxed{N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda t}}$$

Le nombre d'atome décroît exponentiellement avec le temps.

$N(t)$: Le nombre de noyaux radioactifs restants à l'instant t

N_0 : Le nombre initial de noyaux radioactifs

λ : La constante radioactive (s^{-1})

b-Période radioactive T (ou demi-vie) : c'est la durée nécessaire à la désintégration de la moitié de la population.

• Temps T : le nombre d'atome a diminué de moitié alors la loi de désintégration radioactif s'écrit : $N(T) = N(0) e^{-\lambda T} = N(0) / 2$

$$e^{-\lambda T} = 1/2$$

$$e^{+\lambda T} = 2$$

$$\lambda \cdot T = \ln 2 = 0,693; \quad T = 0,693 / \lambda$$

c-Période effective T_{eff} :

La constante effective correspond à la somme de la constante radioactive (λ_r) et de l'élimination biologique via la constante biologique (λ_b)

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_r + \lambda_b$$

Les inverses de ces constantes sont égales à leurs périodes respectives : $\frac{1}{T_{\text{eff}}} = \frac{1}{T_r} + \frac{1}{T_b}$

4-Appareillage de mesure de l'activité

Les rayonnements émis par les atomes radioactifs se mesurent grâce à divers appareils ou matériaux :

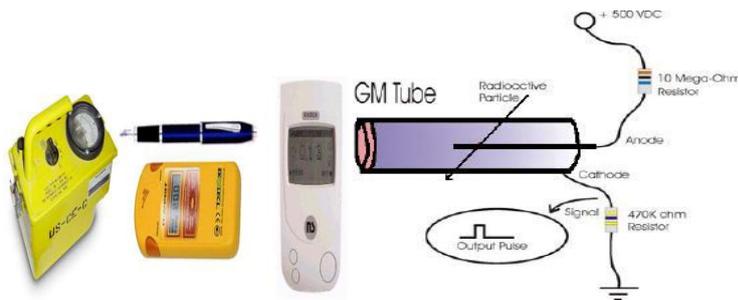
- les tubes compteurs à gaz (compteur proportionnel, compteur Geiger-Müller, chambre d'ionisation, etc.),
- les scintillateurs couplés à des photomultiplicateurs,
- les matériaux dits "semi-conducteurs" (silicium, germanium).

Extrêmement sensibles, ces détecteurs mesurent couramment des activités un million de fois inférieures aux niveaux qui pourraient avoir des effets nocifs sur la santé.

a-Les compteurs Geiger-Müller :

Principe de fonctionnement : Le compteur est très schématiquement constitué d'un cylindre en aluminium dont les parois sont de l'ordre du millimètre, rempli d'un gaz rare à basse pression

- Lorsqu'une particule chargée traverse le détecteur, elle ionise le gaz contenu dans le cylindre.
- Les électrons d'ionisation sont accélérés vers l'anode centrale et subissent une importante multiplication.
- L'impulsion électrique collectée en sortie signe le passage d'une particule dans le compteur.

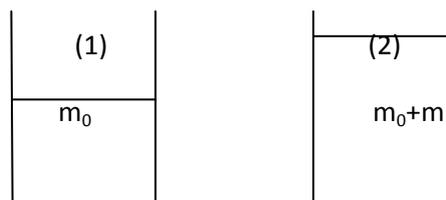


5-Dosage par Dilution isotopique

- Elle permet de faire des analyses quantitatives exactes dans les cas où une séparation chimique quantitative est impossible ou très laborieuse
- Elle nécessite la disponibilité d'un radio-isotope de l'élément à doser.

Expérience :

Dans les deux récipients on introduit la même masse, m_0 , de Baryum radioactif d'activité A_0
 Dans le récipient (2), on ajoute la solution à doser (10 cm³ par exemple) contenant une masse m de Baryum



Dilution isotopique

On traite alors les deux solutions dans les mêmes conditions. On obtient dans les deux cas une masse de précipité de sel de baryum dans l'activité est A : La connaissance de ces quatre nombres et celle de m_0 permettent de calculer m

$$A' = \frac{A_2}{b} \cdot (a^* + x)$$

A' : L'activité initiale totale injectée après le temps de dilution

b : quantité extraite avec une activité A_2

a^* : masse de l'isotope

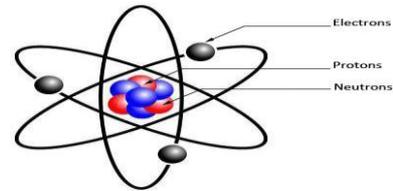
x: masse à déterminer

6-Lois de conservation

Lors d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons A et du nombre de charges Z. Par contre, il n'y a pas conservation des éléments chimiques.

-L'atome est constitué de particules élémentaires: nucléons et électrons.

-Le noyau est constitué Nucléons: c'est la somme des Neutrons (N) et des Protons (Z). son



diamètre $\approx 10^{-14}$ m 10 000 fois plus petit que celui de l'atome

-Protons (p): Z Charge élémentaire positive: $1,6 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb)

-Neutrons(n): N particules neutres sans charge

Masse (m) : $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-24}$ g = $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg ;

-Électron: charge élémentaire négative: $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C .

-On distingue 3 cas d'instabilité nucléaire

- Excès de N : L'excès de N contre balance les forces de répulsion coulombiennes des protons qui tendent à diminuer la stabilité du noyau, c.à.d. désintégration β^- .

- Excès de Z : désintégration β^+ et capture électronique (C E)

- Excès (Z + N) située au-delà de La « vallée de stabilité» (VS) où les noyaux sont volumineux: (désintégrations α)

7-Les principaux types de radioactivité

a-Radioactivité α

La radioactivité α est une réaction spontanée au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils plus stable avec émission d'un noyau d'hélium appelé "particule α ". Ce type de radioactivité se produit pour les noyaux trop riches en nucléons.

Les lois de conservations donnent : ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A'}_{Z'} Y + {}^4_2 H$

$A' = A - 4$ et $Z' = Z - 2$.

Ex Désintégration alpha de l'uranium 238 en thorium : ${}^{238}_{92} U \rightarrow {}^{234}_{90} Th + {}^4_2 H$

$$E = (m_X - m_Y - m_\alpha) C^2$$

Pour l'énergie libérée :

b-Radioactivité β^-

La radioactivité β^- est une réaction spontanée au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils plus stable avec émission d'un électron ${}_{-1}^0e$ appelé "particule β^- ". Ce type de radioactivité se produit pour les noyaux trop riches en neutrons.

Les lois de conservations donnent : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Y + {}_{-1}^0e + {}^0_0\bar{\nu}$ (antineutrino)

$A = A'$ et $Z' = Z + 1$

Ex : Désintégration du carbone 14 : ${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + {}_{-1}^0e + {}^0_0\bar{\nu}$ libération d'énergie

Pour l'énergie libérée : $E = (m_X - m_Y) C^2$

c-Radioactivité β^+

La radioactivité β^+ est une réaction spontanée au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils plus stable avec émission d'un positron 0_1e appelé "particule β^+ ". Cette radioactivité est qualifiée de radioactivité artificielle car elle se produit avec des noyaux obtenus en laboratoire. Elle est caractéristique des noyaux contenant trop de protons.

Les lois de conservations donnent : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A'}_{Z'}Y + {}^0_1e + {}^0_0\nu$

$A = A'$ et $Z' = Z - 1$

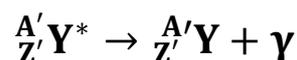
EX Désintégration du phosphore ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^0_1e + {}^0_0\nu$ (neutrino)

L'énergie libérée : $E = (m_X - m_Y - 2m_e) C^2$

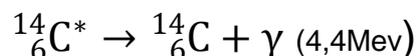
m_e : La masse de l'électron

d-L'émission:

Il ne s'agit pas d'émission de particules matérielles mais d'un rayonnement électromagnétique de très haute fréquence ($f > 10^{18} \text{Hz}$) extrêmement pénétrant. En effet, lors des désintégrations α , β^- et β^+ , les noyaux fils émis sont très souvent dans un état d'énergie excités. On note ces noyaux Y^* . Ils regagnent leur état fondamental stable en émettant de l'énergie sous forme de rayonnement γ



EX:



Les masses des éléments sont étudiées en unité de masse atomique(U)

$$1U = 1,660538 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

Un excès de masse de 1U produit une énergie de 931,5 MeV.