

Traitement d'un hyperthyroïdien par des gélules d'iode $^{131}_{53}\text{I}$

Une gélule d'iode 131 a une activité : $A_0 = 200 \text{ MBq}$ le jour de sa fabrication.

L'iode ^{131}I se désintègre principalement par émission β^- . Cette désintégration est suivie de l'émission d'un photon γ . Les photons γ ont une énergie : $E_\gamma = 364 \text{ keV}$.

La période radioactive de l'iode 131 est : $T_{1/2} = 8,1 \text{ jours}$

La trajectoire des particules β^- émises, d'énergie moyenne : $E_{\text{moyen}} = 192 \text{ keV}$ est de $450 \mu\text{m}$ dans les tissus (thyroïde).

I – Activité d'une source radioactive - Décroissance radioactive

1) Quel est le nombre de noyaux radioactifs N_0 présents dans la gélule le jour de sa fabrication : $N_0 = A_0/\lambda$.

λ = constante radioactive de l'élément radioactif

En déduire la masse d'iode 131 présente dans cette gélule.

Masse molaire de l'iode 131 : $M = 131 \text{ g.mol}^{-1}$

2) On traite un hyperthyroïdien le 16 octobre en lui faisant absorber, sous forme de gélules, une dose dont l'activité est : $A = 200 \text{ MBq}$ d'iode 131 (sous forme d'iodure de potassium).

Les gélules administrées ont une activité : $A_0 = 200 \text{ MBq}$ le 1^{er} octobre.

Combien faut-il donner de gélules au patient le jour du traitement ?

3) Quelle est l'activité A' d'une gélule 24 jours après la date de sa synthèse ?

Pourquoi les gélules ne sont-elles pas utilisées 24 jours après leur fabrication ?

II - Bilan énergétique de la désintégration de l'iode ^{131}I

1) Ecrire l'équation de désintégration de $^{131}_{53}\text{I}$, le noyau fils obtenu étant le xénon Xe. Quelles sont les 2 lois utilisées ?

2) Donner le schéma de désintégration.

3) Calculer, en keV, l'énergie totale libérée par la désintégration de l'iode 131.

$m_{\text{I}} = 130,906 114 \text{ u}$; $m_{\text{Xe}} = 130,905 072 \text{ u}$; $m_e = 5,4858 \cdot 10^{-4} \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931,49 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$

4) Vérifier que l'énergie cinétique maximale de la particule β^- émise est : $E_{\text{cmax}} = 606 \text{ keV}$.

Pourquoi dit-on que l'énergie moyenne des β^- est : $E_{\text{moyen}} = 192 \text{ keV}$?

Tracer le spectre d'émission β^- .

III – Atténuation du rayonnement γ émis

Le coefficient d'atténuation linéaire des photons γ d'énergie : $E_\gamma = 360$ keV est : $\mu_1 = 3,6$ cm⁻¹ pour le plomb et : $\mu_2 = 0,12$ cm⁻¹ pour l'eau, principal constituant des tissus humains.

1) Calculer la couche de demi-atténuation : $x_{1/2}$ de l'eau pour ces photons γ .
Pourquoi observe-t-on un rayonnement γ hors de l'organisme ?

2) Comment peut-on détecter ce rayonnement ?
Décrire le principe d'un détecteur à scintillation.

3) Pour la protection des opérateurs, quelle est l'épaisseur des enceintes de plomb où sont conservées les gélules avant utilisation pour réduire de 99,9 % le flux de photons émis ?

IV - Traitement d'un hyperthyroïdien

Un hyperthyroïdien absorbe le 16 novembre une dose d'activité : $A = 200$ MBq d'iode 131 (sous forme d'iodure de potassium)

1) La trajectoire de particules β^- d'énergie $E_{\text{moyen}} = 192$ keV est : $x = 450$ μm dans l'eau et les tissus humains. En déduire en keV. μm^{-1} l'énergie moyenne perdue à la traversée des tissus par la particule β^- émise (énergie appelée transfert linéaire d'énergie ou T.L.E).
Sachant que dans l'eau, principal constituant des tissus, l'énergie nécessaire à la création d'une paire électron-ion est : $\omega = 32$ eV, calculer le nombre moyen d'ionisations par μm provoquées par une particule β^- .

2) L'énergie moyenne d'une particule β^- est : $E = 192$ keV.
Quelle est l'énergie totale libérée par les particules β^- dans la thyroïde après absorption d'une dose de 200 MBq, si on suppose que 70 % des noyaux d'iode 131 se sont désintégrés dans cette glande ?

Quelle est la dose absorbée au niveau de la thyroïde : $D = (\text{Energie absorbée au niveau de la thyroïde}/\text{masse de la thyroïde})$ si la thyroïde a une masse : $m = 25$ g ?

3) Cette dose est-elle supérieure à la dose maximale admissible par an ? Commentez.

4) Quelle est l'activité résiduelle dans l'organisme de ce patient au bout de 31 jours ?
Période biologique de l'iode : $T_{b1/2} = 30$ jours.

$$1/T = 1/T_{\text{rad}} + 1/T_{\text{bio}}$$

5) Quelle précaution doit prendre l'entourage (la famille) d'un patient traité ?

Remarque : Les riverains des centrales nucléaires ont reçu des boîtes de comprimés d'iode 127 stable (sous forme d'iodure de potassium KI) à titre préventif. Lors d'un accident avec diffusion d'iode radioactif susceptible d'induire des cancers, surtout chez les enfants, la distribution d'iode stable est la meilleure solution connue. L'iode doit être ingérée le plus rapidement possible pour saturer la thyroïde avec de l'iode stable. L'iode radioactif libéré par l'atmosphère ne peut plus alors être métabolisé par l'organisme et se fixer dans la glande, et il est évacué par les urines.

L'activité de l'iode au niveau de la thyroïde ne doit pas dépasser 10^5 Bq.

Depuis l'accident de Tchernobyl, plus de 2000 cancers de la thyroïde ont été détectés.