

Énoncé :

La thyroïde a pour principale fonction de synthétiser les hormones thyroïdiennes. La première étape de cette synthèse est la captation des iodures à l'aide d'une pompe à iodure ; la deuxième étape est l'organification de ces iodures. Il est possible d'explorer cette fonction chez l'homme par la méthode scintigraphique en injectant par voie intraveineuse des iodures radioactifs (^{123}I).

Le taux de captation est déterminé en mesurant la quantité d'iode fixée dans la thyroïde.

L'organification est explorée en réalisant un « test de chasse » au perchlorate de potassium.

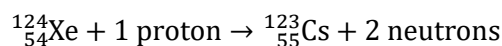
L'administration de perchlorate, isostère de l'iode, 5 heures après l'injection de l'iode 123, ne doit pas chasser de la thyroïde l'iode 123 qui est censé être immobilisé par organification. On admettra donc qu'un déplacement de plus de 50 % de l'iode 123 est le signe d'un déficit de l'organification.

Données : période physique de l'iode 123 : $T = 13$ heures
nombre Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Questions :

Question N°1 **10 points**

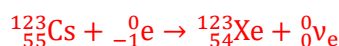
L'iode 123 est un élément radioactif produit dans un cyclotron par irradiation d'une cible de xénon 124 à l'aide de protons ; il se produit la réaction nucléaire suivante :



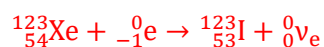
Le césium 123 ($^{123}_{55}\text{Cs}$) produit se transforme en xénon 123 ($^{123}_{54}\text{Xe}$), qui lui-même se transforme en iode 123 ($^{123}_{53}\text{I}$). Sachant que ni le césium 123, ni le xénon 123 ne sont des émetteurs de rayonnements β^+ ,

- Écrire les réactions de ces transformations.
- Quel est le rayonnement électromagnétique émis lors de ces transformations ?

Diminution de 1 du nombre de proton et pas d'émission β^+ : il s'agit de **captures électroniques.**



5 points



5 points

Le réarrangement électronique périphérique donne des **émissions de photons X.**

Remarque : Les effets secondaires consécutifs à une capture électronique sont identiques à ceux de la conversion interne. Suite à la capture de l'électron d'un atome, la place vacante dans la couche électronique correspondante provoque un réarrangement du cortège électronique. Ce réarrangement libère de l'énergie et donne naissance à des photons de fluorescence X et/ou à une émission d'un électron appelé « électron Auger ».

Question N°2 **10 points**

Pour réaliser cet examen scintigraphique, le médecin prescrit une activité de 3,70 MBq d'iode 123. Quelle activité, exprimée en MBq, le pharmacien doit-il prévoir, sachant que la préparation est effectuée 2 heures avant injection ?

Soit $t = 0$ l'instant de la préparation et A_0 l'activité de la préparation à prévoir ; au moment de l'injection, $t = 2$ heures l'activité doit être $A = 3,7$ MBq. La période de l'iode 123 est $T = 13$ heures.

L'équation de décroissance $A(t) = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$ conduit à

$$A_0 = A(t) e^{+\frac{\ln 2}{T} t}$$

5 points

AN :

$$A_0 = 3,70 \text{ MBq} \times e^{+\frac{\ln 2}{13 \text{ h}} \times 2 \text{ h}}$$

soit

$$A_0 = 4,12 \text{ MBq}$$

5 points

Question N°3 10 points

Au temps t_0 , le patient reçoit l'activité de 3,70 MBq.

- Calculer la masse d'iode 123 injectée au patient, exprimée en picogrammes (pg).
- Au temps $t_0 + 5$ heures, la mesure de la radioactivité dans la thyroïde est réalisée : le résultat est 283 kBq. Calculer le taux de captation par la thyroïde exprimé en pourcentage.

a) Soit $N = \lambda A$ le nombre de noyaux radioactifs et m la masse totale des atomes correspondants. On donne la masse molaire d'un noyau M_{mol} et le nombre d'Avogadro N_A .

On a :

$$m = N \times \underbrace{\frac{M_{mol}}{N_A}}_{\text{masse d'un atome}}$$

soit

$$m = \frac{A M_{mol}}{\lambda N_A}$$

soit

$$m = \frac{A T}{\ln 2} \frac{M_{mol}}{N_A}$$

2 points

AN :

$$m = \frac{3,70 \times 10^6 \text{ Bq} \times 13 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h}}{\ln 2} \frac{123 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

soit

$$m = 5,10 \times 10^{-11} \text{ g}$$

Soit, avec $1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ g}$:

$$m = 51,0 \text{ pg}$$

2 points

b) Au temps $t = 5$ h, l'activité de la totalité de la dose injectée correspond à :

$$A(t) = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$$

2 points

AN :

$$A(t) = 3,70 \text{ MBq} \times e^{-\frac{\ln 2}{13 \text{ h}} \times 5 \text{ h}}$$

soit

$$A(t) = 2,83 \text{ MBq}$$

2 points

Or, au temps $t = 5 \text{ h}$, la mesure de la radioactivité dans la thyroïde donne $283 \text{ kBq} = 0,283 \text{ MBq}$.
On en déduit que **le taux de captation de la thyroïde est 10 %**.

2 points

Question N°4 10 points

Au moment de la scintigraphie (t_0+5 heures), où l'activité mesurée est de 283 kBq , le patient reçoit une dose de perchlorate de potassium. Une nouvelle mesure de la radioactivité est réalisée 2 heures après l'administration de perchlorate.

Le médecin conclut à un déficit de l'organification car le déplacement de l'iode a été de 60% .
Quelle est la radioactivité mesurée 2 h après l'administration de perchlorate ?

Si tout l'iode 123 (100%) avait été organifié donc immobilisé, 2 heures après la scintigraphie on devrait avoir une activité égale à

$$A(t) = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = 283 \text{ kBq} \times e^{-\frac{\ln 2}{13 \text{ h}} \times 2 \text{ h}} = 254 \text{ kBq}$$

Comme 60% de l'iode 123 a été déplacé, on en déduit que 40% seulement est organifié, ce qui représente une activité, en kBq, de :

$$254 \text{ kBq} \times 40 \% = 254 \text{ kBq} \times 0,40 = \mathbf{102 \text{ kBq}}$$

5 points raisonnement

5 points calcul