

**Approche documentaire :
Des radionucléides au service du diagnostic
médical**

A faire pour le jeudi 14 novembre 2019

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Travail à réaliser | 2 |
| Doc. 1 : Activité d'un échantillon radioactif | 2 |
| Doc. 2 : Un examen médical, la scintigraphie thyroïdienne | 2 |
| Doc. 3 : Utilisation de traceurs radioactifs | 3 |
| Doc. 4 : Déchets hospitaliers radioactifs | 4 |

Travail à réaliser

- ★ Montrer que les données expérimentales sont en accord avec une loi cinétique d'ordre 1 pour la réaction de désintégration des traceurs radioactifs.
- ★ Dégager les avantages liés à l'utilisation de l'iode 123 par rapport à l'iode 131 du point de vue du patient concerné par une scintigraphie thyroïdienne, et du point de vue de la gestion des déchets par l'hôpital. On s'appuiera sur des développements numériques pour argumenter la réponse.
- ★ Réaliser un diagnostic médical de la scintigraphie thyroïdienne présentée dans le document 2.

Document 1 : Activité d'un échantillon radioactif

L'activité $A(t)$ d'une substance radioactive mesure le nombre moyen de désintégrations par unité de temps. Elle s'exprime en Becquerel (symbole Bq) où 1 Bq correspond à une désintégration par seconde. L'activité $A(t)$ est reliée au nombre de noyaux de l'échantillon $N(t)$ par la relation :

$$A(t) = \lambda \times N(t)$$

où λ est la constante radioactive, qui s'exprime en s^{-1} .

Document 2 : Un examen médical, la scintigraphie thyroïdienne¹

La thyroïde est une glande, située dans la région cervicale antérieure, appliquée contre le larynx et la partie supérieure de la trachée. La fonction principale de cette glande est la sécrétion des hormones thyroïdiennes à partir de l'iode alimentaire qui se fixe temporairement sur cette glande. De petite taille, pesant 15 à 25 g chez l'adulte et mesurant environ 4 cm en largeur et 3 cm en hauteur, elle n'est normalement pas, ou à peine, palpable.

Mais elle peut s'hypertrophier, soit de manière plus ou moins diffuse et homogène, soit de manière localisée avec la formation de nodule(s). Ces nodules peuvent principalement être de deux sortes : hypofixant ou hyperfixant. Ils sont dits hypofixants s'ils fixent peu d'iode par rapport au reste de la thyroïde. Inversement, ils sont dits hyperfixants s'ils fixent plus d'iode que le reste de la thyroïde.

La scintigraphie thyroïdienne est une technique d'exploration physiologique, elle constitue un examen complémentaire à l'exploration anatomique par échographie par exemple. Cet examen permet de déceler des nodules de la thyroïde. Lors d'une scintigraphie, une image de l'organe étudié est reconstituée (Fig. 1).



FIGURE 1 – Image obtenue par scintigraphie de la thyroïde d'un patient malade

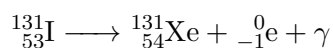
1. D'après Bac 2005 Réunion, <http://www.med.univ-rennes1.fr> et <http://www.ch-roubaix.fr>.

Document 3 : Utilisation de traceurs radioactifs²

Pour effectuer une scintigraphie, on utilise des traceurs radioactifs, injectés dans le corps du patient. Les radionucléides utilisés sont les suivants : le technétium 99, l'iode 131, ou l'iode 123. L'iode 123 émet un rayonnement gamma, l'iode 131 est un émetteur de rayonnement X, gamma, et bêta ; et il est donc lui aussi émetteur gamma.

Les rayons gamma peuvent être détectés par un appareil de mesure, appelé "détecteur à scintillations", qui reconstitue une image de l'organe à partir des rayonnements émis.

On donne ci-dessous l'équation de réaction de désintégration de l'iode 131 :



L'émission de rayons gamma vient de la désexcitation du noyau de xénon formé.

L'iode 123 émet un rayonnement gamma de l'ordre de la centaine de keV, très favorable à la détection, et à temps de demi-vie (ou période radioactive) court, d'environ 13 heures. Il sera donc privilégié pour l'imagerie, malgré son coût élevé, lié à sa production par cyclotron.

Sa période radioactive de 8 jours et l'émission bêta qui accompagne sa désintégration rendent l'iode 131 très favorable à une utilisation thérapeutique. Son rayonnement gamma très énergétique (plusieurs centaines de keV) le rend très utile pour l'imagerie de certains organes dont le métabolisme est lent (la glande surrénale, par exemple).

Tableau 1 – Constantes radioactives de quelques traceurs radioactifs

| ${}^{131}\text{I}$ | ${}^{123}\text{I}$ | ${}^{99}\text{Tc}$ |
|--|--|--|
| $\lambda_{131} = 1,023 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ | $\lambda_{123} = 1,459 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ | $\lambda_{99} = 3,21 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ |

Mode opératoire et lecture d'une scintigraphie de la thyroïde

On injecte par exemple au patient, une dose de ${}^{131}\text{I}$, d'activité $A = 7 \text{ MBq}$, contenu dans une solution d'iodure de sodium NaI où l'iode est le traceur radioactif. On laisse alors l'iode se fixer sur la thyroïde pendant quelques heures, puis on réalise la scintigraphie. L'image obtenue présente des zones foncées représentant les zones de l'organe fortement émettrices en rayons gamma.

Ressource complémentaire

Animation présentant l'examen médical qu'est la scintigraphie :

<http://caeinfo.in2p3.fr/IMG/flash/anim/appmedi/scinti/animScintigraphieFinal.swf>

2. D'après Bac 2005 Réunion et <http://www.energethique.com>.

Document 4 : Déchets hospitaliers radioactifs³

Une grande partie de l'activité administrée est éliminée par les voies naturelles durant les heures ou les premiers jours (parfois les semaines) suivant l'administration des substances radioactives. On estime par exemple qu'environ 84 % de l'iode 131 sont éliminés via les urines des 5 premiers jours.

Une partie seulement de ces effluents est collectée de manière spécifique au niveau de l'hôpital. C'est le cas par exemple pendant la phase de confinement en chambre dite « plombée » pour les patients qui subissent une thérapie qui met en jeu plusieurs centaines de MBq d'iode 131. Dans ce cas, les effluents sont mis en attente avant rejet dans des cuves de décroissance. Sachant que la période radioactive est le temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs se sont désintégrés (Fig. 2), un liquide (des urines de patient) dont le niveau de contamination en iode 131 est de 10^6 Bq.L^{-1} aura ainsi une radioactivité résiduelle de $5,00000.10^5 \text{ Bq.L}^{-1}$ au bout de 8 jours, $2,50000.10^5 \text{ Bq.L}^{-1}$ au bout de 16 jours (2 périodes) et $5,000.10^3 \text{ Bq.L}^{-1}$ au bout de 2 mois (soit 7,5 périodes).

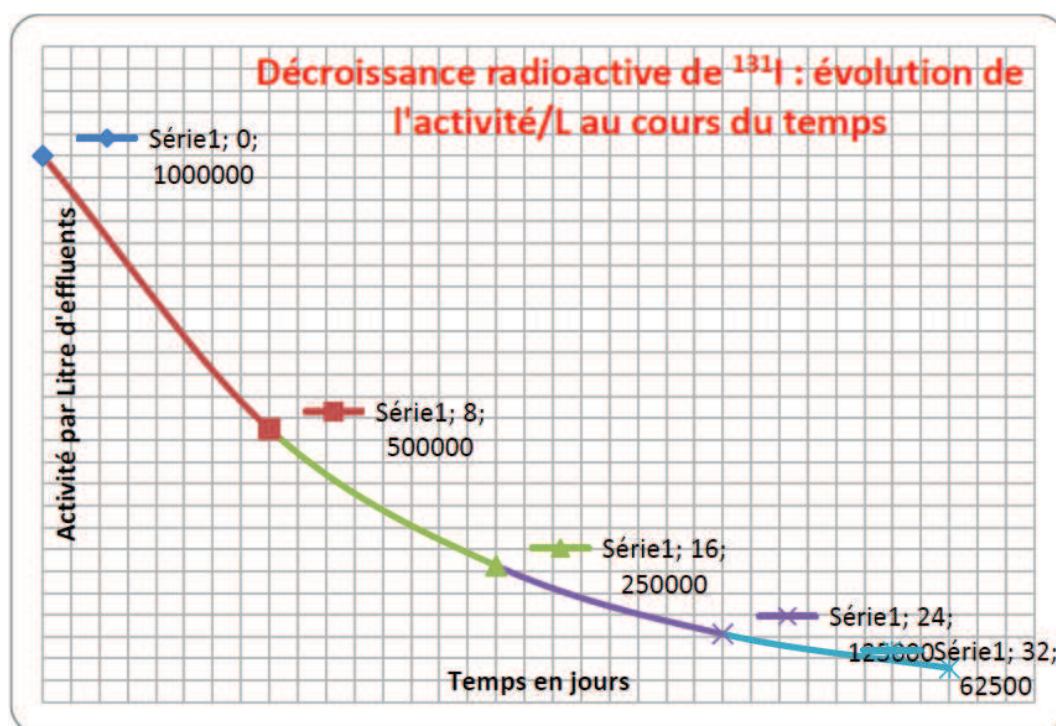


FIGURE 2 – Evolution de l'activité d'un échantillon de radionucléides au cours du temps

A titre indicatif, l'arrêté du 30 octobre 1981 prévoit que "l'évacuation des cuves de stockage des effluents liquides ne peut intervenir que si l'activité volumique est inférieure à 7 becquerels par litre". La question est alors celle de la capacité de stockage des cuves de l'hôpital.

3. D'après <http://criirad.org/rayonnements/A1-effluents-hospitaliers.pdf>.