

Séquence 5

Les désintégrations nucléaires

Exercices

Exercice 1

Une roche contient 3,5 µg de radon 222.

- **Masse molaire du radon 222** : $M(\text{Rn})=222,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- **Temps de demi-vie du radon 222** : $t_{1/2}=3,82 \text{ j}$
- **Constante d'Avogadro** : $N_A=6,02\times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- 1) Déterminer le nombre de noyaux radioactifs N_0 dans la roche.
- 2) Déterminer la valeur de la constante radioactive λ
- 3) Déterminer le nombre de noyaux N toujours présents au bout de 30 jours.
- 4) En déduire l'activité de cette roche au bout de 30 jours.

Exercice 2

Le fluor 18 est un isotope radioactif du fluor utilisé comme marqueur en imagerie médicale (*scintigraphie*). On mesure l'activité d'un échantillon de fluor 18 à l'aide d'un compteur Geiger, on trouve $A = 2,7 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$. On refait la mesure au bout de $t = 10 \text{ h}$, et on obtient $A' = 6,1 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$.

- **Constante d'Avogadro** : $N_A=6,02\times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- **Masse molaire du fluor 18** : $M = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 1) Déterminer la valeur de la constante radioactive λ
- 2) Déterminer la valeur du temps de demi-vie
- 3) Calculer l'activité A' d'un échantillon contenant 1 mg de fluor 18.

Exercice 3

Le technétium est un isotope radioactif utilisé en médecine pour réaliser des scintigraphies. Ses caractéristiques sont une forte fixation osseuse mais une faible fixation extra-osseuse. Sa demi-vie est de 6 h et l'activité de la dose à injecter est de 3,7 à 11,1 MBq par kg de masse corporelle

- 1) Donner une raison du choix de cet isotope pour réaliser une scintigraphie osseuse
- 2) Une dose d'activité initiale 400 MBq est injectée à un patient de 50 kg ; la prescription correspond-elle aux recommandations d'utilisation ?
- 3) Si on considère qu'un échantillon radioactif est inactif après une durée égale à 20 fois sa demi-vie, le produit injecté est-il inactif au bout de 48 h ?

Exercice 4

Les détecteurs de fumée dits ioniques (interdits dans l'habitat privé dès 1966) contenaient environ $0,3 \mu\text{g}$ d'américium $^{241}_{95}\text{Am}$, radioactif α , qui se désintègre lentement à l'échelle d'une vie humaine

- 1) Ecrire l'équation de la désintégration de l'américium sachant qu'il se forme un noyau de neptunium Np
- 2) La demi-vie de l'Américium est de 433 années ; Calculer la constante radioactive λ
- 3) L'activité de la source d'américium neuve est de 37 kBq ; En déduire l'activité de la source au bout de 20 ans
- 4) Montrer qu'au bout de 20 ans il reste encore pratiquement 97 % de la masse initiale

Exercice 5

La tomographie par émission de positons (TEP) est notamment utilisée en imagerie médicale cérébrale. Le radiotracteur le plus couramment utilisé est l'oxygène $^{15}_8\text{O}$, introduit dans les molécules d'eau.

Lorsqu'une région du cerveau est sollicitée, il y a augmentation locale du débit sanguin cérébral et une accumulation du radiotracteur que détectent les caméras

- 1) Donner la composition du noyau d'oxygène 15
- 2) Ecrire l'équation de désintégration de l'oxygène 15, radioactif β^+ sachant que la désintégration de l'oxygène crée des noyaux d'azote N
- 3) Un échantillon d'oxygène 15 de demi-vie 2 min émet $5,0 \cdot 10^3$ désintégrations par seconde à la date $t_0 = 0$ s
 - Calculer la constante radioactive λ
 - Quelles sont les valeurs de l'activité aux dates t_0 , $t_1 = 2$ min et $t_2 = 8$ min ?
- 4) Justifier la phrase suivante « l'oxygène 15, dont la demi-vie est de 2 minutes, est idéal pour l'étude de l'irrigation sanguine d'un organe, mais ne peut être utilisé pour l'étude de processus physiologiques s'effectuant sur plusieurs jours »

Exercice 6

Le rôle de la thyroïde, situé à la base du cou, est de synthétiser des hormones dont certaines contiennent de l'iode. Elle dispose de récepteurs capables de fixer l'iode apporté par l'alimentation et circulants dans le sang.

L'élément chimique iode possède un seul isotope stable, l'iode $^{127}_{53}\text{I}$

L'isotope 131, radioactif β^- , est un déchet radioactif pouvant être rejeté dans l'atmosphère lors d'incidents nucléaires ; les pouvoirs publics distribuent alors préventivement à la population des pastilles d'iode, contenant l'élément iode non radioactif, destiné à saturer la thyroïde.

L'iode 131 est aussi utilisé lors du traitement des cancers de la thyroïde.

D'une part, certaines métastases fixent l'iode et sont mises en évidence par scintigraphie après ingestion d'iode 131 d'activité voisine de 150 MBq.

D'autre part, des doses vingt fois plus fortes tuent spécifiquement des cellules thyroïdiennes.

Une telle radiothérapie impose au patient d'être isolé plusieurs jours.

- 1) Ecrire l'équation de la désintégration radioactive de l'iode 131, sachant qu'il y a émission de noyaux de xénon Xe
- 2) Expliquer pourquoi l'iode 131 présente plus de danger pour une thyroïde saine que l'iode 127 ; en déduire l'utilité des pastilles d'iodes.
- 3) Pourquoi la dose utilisée en scintigraphie est-elle plus faible qu'en radiothérapie ?

4) On mesure l'activité de la thyroïde d'un patient due à la présence d'iode ^{131}I à l'aide d'un compteur Geiger. Lors de la première mesure, l'activité est de 200 désintégrations par minute. Au bout de 5 jours, l'activité résiduelle est de 130 désintégrations par minute.

- Calculer la constante radioactive λ
- Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ de l'iode 131.

5) Une personne de masse $m = 50$ kg restée à proximité d'une source radioactive a reçu une énergie égale à $E = 0,1$ joules. La relation exprimant la dose absorbée par une personne est : $D = \frac{E}{m}$ avec D en gray (Gy), E en joules et m en kilogrammes

- Calculer la dose absorbée D par cette personne.
- Déterminer l'équivalent de dose ED reçue si le facteur de qualité est égal à 1. Une telle irradiation peut-elle être nocive ?

Exercice 7

Dans certaines roches volcaniques, on détecte la présence de potassium $^{40}_{19}\text{K}$ radioactif. Lors d'une éruption volcanique tout l'argon produit s'évapore (sous l'effet de la température et de la pression) : on dit que la lave se dégage. À cette date, considérée comme instant initial $t = 0$ s, la lave volcanique solidifiée ne contient pas d'argon mais seulement du potassium 40. Plus tard, à l'instant t, on effectue un prélèvement de roche sur le site d'un ancien volcan. Un spectrographe détermine la composition de ce prélèvement : il contient 1,57 mg de $^{40}_{19}\text{K}$ et 2,0 mg de $^{40}_{18}\text{Ar}$

Données :

- Masses molaires : $M(^{40}_{19}\text{K}) = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(^{40}_{18}\text{Ar}) = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
 - Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 - Temps de demi-vie du potassium 40 : $t_{1/2} = 1,3 \times 10^9$ ans
- 1) Écrire l'équation de réaction modélisant la désintégration du potassium 40 en argon 40. Préciser le type de radioactivité associée.
 - 2) Calculer la constante radioactive (noté λ) du potassium 40.
 - 3) Calculer le nombre de noyaux de $^{40}_{19}\text{K}$ (noté N_K) et de $^{40}_{18}\text{Ar}$ (noté N_{Ar}) présents dans cet échantillon à la date du prélèvement.
 - 4) On note N_0 le nombre de noyau de $^{40}_{19}\text{K}$ initialement présent dans l'échantillon à $t = 0$ s. Justifier que l'on a la relation : $N_0 = N_K + N_{Ar}$
 - 5) Exprimer le nombre de noyaux N_K en fonction de N_0 , λ et t.
 - 6) En déduire la date approximative de l'éruption qui a produit cette roche.

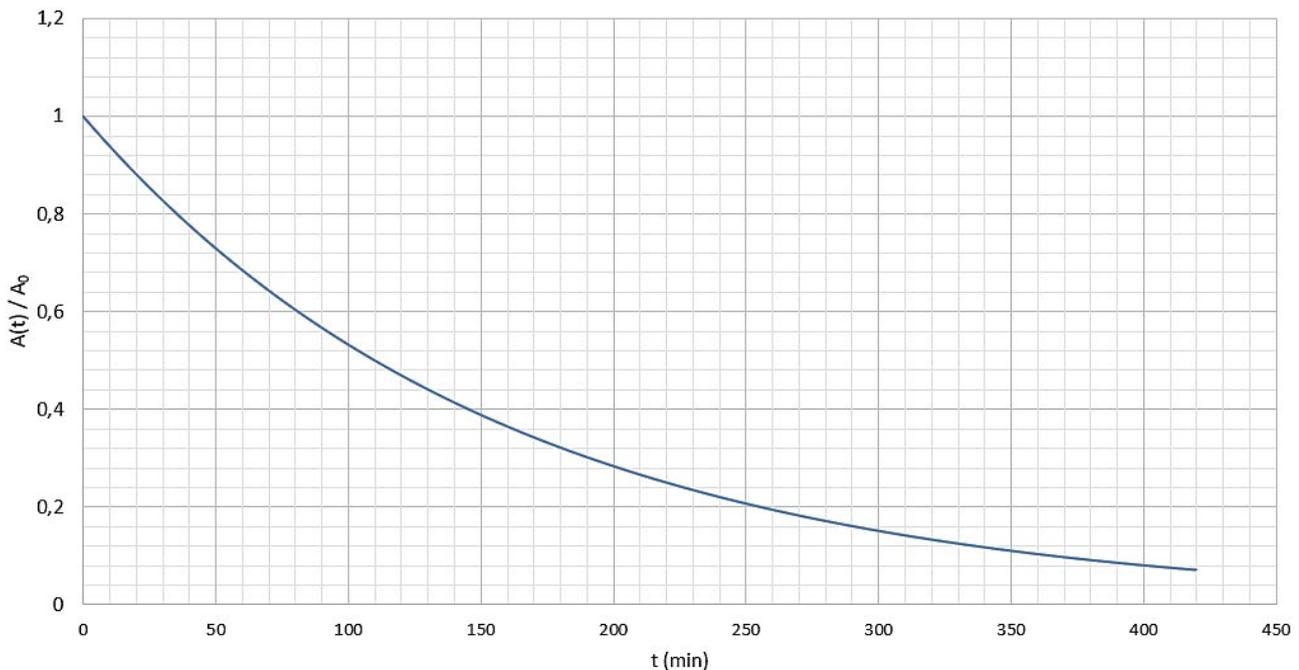
Exercice 8

La TEP est une technologie d'imagerie médicale qui utilise des molécules marquées avec un isotope du fluor (le fluor 18) émetteur de positons pour étudier le fonctionnement ou le dysfonctionnement d'organismes vivants.

1) Le fluor 18 ($^{18}_9F$) se désintègre par émission β^+ et forme de l'oxygène. Écrire l'équation de réaction nucléaire associée à cette désintégration.

2) La courbe de décroissance de l'activité de la source radioactive tracée ci-dessous a pour équation :

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad \text{avec la constante de radioactivité } \lambda = 1,05 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \text{ et l'activité initiale } A_0.$$



- Définir le temps de demi-vie d'un noyau radioactif.

- Déterminer par deux méthodes différentes le temps de demi-vie du fluor 18.

2) On injecte au patient la solution contenant le traceur à 11h. On ne laisse sortir le patient que lorsque son activité n'est plus que 1% de sa valeur initiale. À quelle heure pourra-t-il quitter la salle d'examen ?

Exercice 9

Dans les êtres vivants la radioactivité due au carbone 14 est stable du fait des échanges avec l'extérieur. Par contre, à leur mort, les échanges étant interrompus la radioactivité due au carbone 14 va décroître progressivement.

1) Le carbone 14 est radioactif β^- ; écrire l'équation de la désintégration

2) Le graphique ci-dessous donne l'évolution, en fonction du temps t (exprimé en milliers d'années), de l'activité A (exprimé en milliers de becquerels) d'un échantillon ne contenant que du carbone 14 comme nucléide radioactif.

- A l'aide du graphique, déterminer la période radioactive du carbone 14

- Calculer la constante radioactive λ

3) On mesure l'activité d'un morceau de bois actuel, on trouve $A_0 = 3,2$ Bq.

On mesure ensuite l'activité d'un échantillon de bois fossile trouvé dans une grotte préhistorique, on trouve $a = 1,4$ Bq

- En déduire l'âge du bois fossilisé

