

Série de TD n° 3 : La radioactivité

Exercice 1

I - Un noyau radioactif a une demie-vie de 1 s.

1. Calculer sa constante de désintégration radioactive λ .
2. À un instant donné, un échantillon de cette substance radioactive a une activité de $11,1 \cdot 10^7$ désintégrations par seconde. Calculer le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à cet instant.

Exercice 2

- Une substance radioactive dont la demie-vie est de 10 s émet initialement $2 \cdot 10^7$ particules α par seconde.

1. Calculer la constante de désintégration de la substance.
2. Quelle est l'activité de cette substance?
3. Initialement, combien y a-t-il en moyenne de noyaux radioactifs ?
4. Combien restera-t-il en moyenne de noyaux radioactifs après 30 s?
5. Quelle sera alors l'activité de la substance?

Exercice 3

- Lors de la catastrophe de Tchernobyl, du césium 134 et du césium 137 ont été libérés dans l'atmosphère.

1. Le césium 137 est radioactif β^- . Écrire les lois de conservation intervenant dans cette réaction et l'équation bilan de désintégration, en précisant les produits formés.
2. La période du césium 134 est $T = 2$ ans. En déduire la constante radioactive λ . Au bout de combien de temps 99 % du césium 134 libéré auront-ils disparu ?
3. Répondre à la question précédente en considérant le césium 137 dont la période est 30 ans.

Exercice 4

- Un noyau d'astate ${}^{211}_{85}\text{At}$ se désintègre en émettant une particule α . Calculer la période de ce nucléide, sachant que $2,7 \cdot 10^{15}$ particules α sont émises lors de la première heure de désintégration d'une masse $m = 10^{-5}$ g d'astate ${}^{211}_{85}\text{At}$

Exercice 5

- On utilise du phosphore ${}^{32}\text{P}$ comme traceur radioactif dans la détection de certaines tumeurs. Cet élément est un émetteur β^- de période 14,2 j. Des préparations cellulaires marquées au ${}^{32}\text{P}$ ont une activité de 1,6 mCi. Calculer la

durée d'utilisation de ces préparations, sachant qu'elles sont jetées lorsque leur activité n'est plus que de $10 \mu\text{Ci}$.
(On rappelle que $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$.)

Corrige de la série 3

Exercice 1

I - Un noyau radioactif a une demie-vie de 1 s.

1. Calculer sa constante de désintégration radioactive λ .

$$\lambda = \ln 2 / T = \ln 2 / 1 = 0,693 \text{ s}^{-1}$$

2. À un instant donné, un échantillon de cette substance radioactive a une activité de $11,1 \cdot 10^7$ désintégrations par seconde. Calculer le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à cet instant.

$$N = A / \lambda = 11,1 \cdot 10^7 / 0,693 = 1,60 \cdot 10^8 \text{ noyaux}$$

Exercice 2

- Une substance radioactive dont la demie-vie est de 10 s émet initialement $2 \cdot 10^7$ particules α par seconde.

1. Calculer la constante de désintégration de la substance.

$$\lambda = \ln 2 / T = \ln 2 / 10 = 0,0693 \text{ s}^{-1}$$

2. Quelle est l'activité de cette substance?

$A = 2 \cdot 10^7 \text{ Bq}$ (1 particule alpha émise correspond à 1 noyau de la substance désintégré)

3. Initialement, combien y a-t-il en moyenne de noyaux radioactifs ?

$$N_0 = A / \lambda = 2 \cdot 10^7 / 0,0693 = 2,89 \cdot 10^8 \text{ noyaux}$$

4. Combien restera-t-il en moyenne de noyaux radioactifs après 30 s?

Après 30s c'est-à-dire 3 périodes, il restera $N = N_0 / 2^3 = 3,97 \cdot 10^6$ noyaux

5. Quelle sera alors l'activité de la substance?

$$A = \lambda \cdot N = 2,75 \cdot 10^5 \text{ Bq} = 275 \text{ kBq}$$

Exercice 3

- Lors de la catastrophe de Tchernobyl, du césium 134 et du césium 137 ont été libérés dans l'atmosphère.

1. Le césium 137 est radioactif \square -. Écrire les lois de conservation intervenant dans cette réaction et l'équation bilan de désintégration, en précisant les produits formés.

Conservations des nucléons (somme des nombres de masses), de la charge (somme des numéros atomiques), de l'énergie totale et de la quantité de mouvement totale

2. La période du césium 134 est $T = 2$ ans. En déduire la constante radioactive λ . Au bout de combien de temps 99 % du césium 134 libéré auront-ils disparu ?

$$\lambda = \ln 2 / T = 0,347 \text{ an}^{-1} ; \text{fraction restante} = N/N_0 = 100 - 99 = 0,01 \text{ donc } t = -1/\lambda \cdot \ln(N/N_0) = 13,29 \text{ ans}$$

3. Répondre à la question précédente en considérant le césium 137 dont la période est 30 ans.

$$\lambda = \ln 2 / T = 2,31 \cdot 10^{-2} \text{ an}^{-1} ; N/N_0 = 100 - 99 = 0,01 \text{ donc } t = -1/\lambda \cdot \ln(N/N_0) = 199,4 \text{ ans}$$

Exercice 4

- Un noyau d'astate $^{211}_{85}\text{At}$

$^{211}_{85}\text{At}$ se désintègre en émettant une particule α . Calculer la période de ce nucléide, sachant que $2,7 \cdot 10^{15}$ particules α sont émises lors de la première heure de désintégration d'une masse $m = 10^{-5}$ g d'astate $^{211}_{85}\text{At}$.

$^{211}_{85}\text{At}$.

L'équation de désintégration (non demandée) s'écrit

Le nombre de particules alpha émises N_α est égal au nombre de noyaux d'astate désintégrés donc le nombre de noyaux d'astate restants au bout de $t = 1\text{h}$ est $N = N_0 - N_\alpha$ avec $N_0 =$ nombre initial de noyaux

Comme $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t)$ on peut déduire λ et donc T .

$$N_0 = n \cdot N_{\text{av}} = m/M \cdot N_{\text{av}} = (10^{-5}/211) \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,85 \cdot 10^{16} \text{ noyaux} ; N = 2,85 \cdot 10^{16} - 2,7 \cdot 10^{15} = 2,58 \cdot 10^{16}$$

$$\lambda = -1/t \cdot \ln(N/N_0) = -1/1 \times \ln(2,58/2,85) = 9,95 \cdot 10^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ et } T = \ln 2 / \lambda = 6,96 \text{ h}$$

Exercice 5

- On utilise du phosphore ^{32}P comme traceur radioactif dans la détection de certaines tumeurs. Cet élément est un émetteur β^- de période 14,2 j. Des préparations cellulaires marquées au ^{32}P ont une activité de 1,6 mCi. Calculer la durée d'utilisation de ces préparations, sachant qu'elles sont jetées lorsque leur activité n'est plus que de 10 μCi .

(On rappelle que $1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$.)

$$A = A_0 \cdot \exp(-\lambda t) ; t = -1/\lambda \cdot \ln(A/A_0) = -T \cdot \ln(A/A_0) / \ln 2 = -14,2 \times \ln(10 \cdot 10^{-6} / 1,6 \cdot 10^{-3}) / \ln 2 = 72 \text{ j}$$

