

■ Vérifier l'essentiel

1 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car le diagramme (N, Z) porte en ordonnée le nombre de neutrons.
La proposition C est une bonne réponse.

2 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car la radioactivité peut aussi concerner des noyaux légers.

3 La proposition A n'est pas une bonne réponse car on peut fabriquer des radioéléments artificiels.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car la radioactivité est un phénomène spontané.

4 La proposition A n'est pas une bonne réponse car la particule éjectée serait un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car la particule éjectée serait un électron ${}^0_{-1}\text{e}$.

5 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car une désintégration α peut éliminer 4 nucléons.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car une désintégration α peut éliminer 4 nucléons.

6 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car la température n'influe pas sur l'activité.
La proposition C est une bonne réponse.

7 La proposition A n'est pas une bonne réponse car la loi d'évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs est une courbe décroissante.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C est une bonne réponse.

8 La proposition A n'est pas une bonne réponse car $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

9 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car l'appareil qui mesure la radioactivité est un compteur Geiger-Müller.

10 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car c'est le carbone 14 qui peut être utilisé pour une datation.

11 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car, pour une chimiothérapie, on utilise des médicaments.
La proposition C est une bonne réponse.

12 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car les rayonnements γ sont très énergétiques, donc très pénétrants.

13 La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car on se protège mieux avec un écran épais.
La proposition C est une bonne réponse.

14 1. La radioactivité est la transformation d'un noyau instable en un noyau plus stable qui s'accompagne de l'émission d'une particule chargée.

2. a. Ils sont classés par nombre de neutrons (N) et nombre de protons (Z).

b. Au-dessus de la zone bleue (zone rouge), il y a excès de neutrons par rapport aux protons (radioactivité β^-).

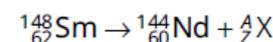
En dessous de la zone bleue (zone rose), il y a excès de protons par rapport aux neutrons (radioactivité β^+).

La zone verte signale un excès de protons et de neutrons (radioactivité α).

c. Les noyaux stables y sont regroupés. L'évolution des noyaux instables, vers cette vallée, illustre les différents types de radioactivité.

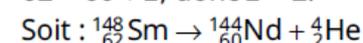
18 1. La zone grisée dans le diagramme (N, Z) est la « vallée de la stabilité ». Elle correspond à la zone dans laquelle les noyaux sont stables : ils ne se désintègrent pas.

2. a. En appliquant les lois de conservation sur le nombre de nucléons (A) et le numéro atomique (Z) lors d'une réaction nucléaire, on a :



La conservation du nombre de nucléons A implique :
 $148 = 144 + A$, donc $A = 4$.

La conservation de la charge électrique Z implique :
 $62 = 60 + Z$, donc $Z = 2$.



b. La particule émise est un noyau d'hélium : il s'agit donc d'une radioactivité de type α .

c. Ce seront des noyaux lourds avec un excès de protons, situés au-dessus de $Z = 80$.

3. Lors d'une désintégration β^- , le noyau fils doit avoir un numéro atomique qui augmente d'une unité par rapport au noyau père et un nombre de nucléons qui reste stable. Il est donc possible de former *a priori* ${}^{145}_{61}\text{Pm}$ à partir de ${}^{145}_{60}\text{Nd}$.

19 1. Dans 200 g d'os, il se produit une quinzaine de désintégrations par minute, soit $\frac{15}{60} = 0,25$ désintégration par seconde, ou 0,25 Bq.

2. a. $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N(t)$.

Soit $\frac{dN(t)}{dt} + \lambda \cdot N(t) = 0$.

b. $\frac{dN(t)}{dt} + \lambda \cdot N(t) = N_0 \cdot (-\lambda) \cdot e^{-\lambda \cdot t} + \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 0$

L'expression de $N(t)$ donnée est bien solution de l'équation différentielle.

3. $N(t) = \frac{A(t)}{\lambda}$

$N(t) = \frac{0,25}{3,93 \times 10^{-12}} = 6,36 \times 10^{10}$ noyaux

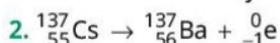
24 1. Les rayonnements les plus pénétrants sont les rayonnements gamma.

2. Les rayonnements α sont facilement absorbés par les matériaux et les tissus humains car ce sont des noyaux d'hélium (2 protons et 2 neutrons), particules lourdes par rapport à celles émises lors des rayonnements β (électron ou positon).

25 Du lait radioactif !

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. La radioactivité β^- est la désintégration spontanée d'un noyau instable qui se transforme en un autre noyau en libérant un électron.



3. Pour un litre de lait, $A = 0,22$ Bq, donc il se produit **0,22 désintégration** par seconde.

4. L'activité A est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs $N(t)$:

$A(t) = \lambda \cdot N(t)$ donc $N(t) = \frac{A(t)}{\lambda}$ soit $N(t) = \frac{0,22}{7,3 \times 10^{-10}} = 3,0 \times 10^8$ noyaux.

5. $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ donc $\frac{A_0}{A(t)} = e^{\lambda \cdot t}$ et $\ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \lambda \cdot t$ soit $t = \frac{\ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)}{\lambda}$.

D'après l'énoncé, $\frac{A(t)}{A_0} = 1\%$ soit $\frac{A_0}{A(t)} = 100$, d'où $t = \frac{\ln(100)}{7,3 \times 10^{-10}}$ soit $t = 6,3 \times 10^9$ s.

QUELQUES CONSEILS

2. L'équation doit respecter les lois de conservation de la charge électrique et du nombre de nucléons.

3. Se rappeler la définition du becquerel.

4. Penser à convertir la constante radioactive dans l'unité du Système international.

26 1. Le carbone ${}^{14}\text{C}$ est un noyau radioactif émetteur β^- , il y a donc libération d'un électron lors de sa désintégration. L'équation de la réaction nucléaire s'écrit :



On trouve le noyau d'azote en appliquant les lois de conservation (conservation de la charge électrique et conservation du nombre de nucléons).

2. L'activité d'un échantillon radioactif correspond au nombre de désintégrations par seconde, elle s'exprime en becquerel (Bq).

3. $A(t) = \lambda \cdot N(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ donc :

$$\frac{A_0}{A(t)} = e^{\lambda \cdot t}$$

$$\ln \frac{A_0}{A(t)} = \lambda \cdot t$$

$$\text{soit } t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{A_0}{A(t)}$$

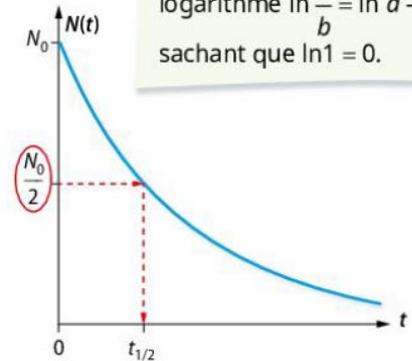
$$\text{AN : } t = \frac{1}{1,22 \times 10^{-4}} \times \ln \frac{0,255}{0,223}$$

$$\text{soit } t = 1\,099 \text{ ans} = 1,10 \times 10^3 \text{ ans.}$$

4. $1989 - 1099 = 890$, le séisme s'est produit environ en l'an 890.

QUELQUES CONSEILS

- Exploiter la définition donnée à la question précédente.
- Utiliser la propriété du logarithme $\ln \frac{a}{b} = \ln a - \ln b$ sachant que $\ln 1 = 0$.



EXEMPLE DE RÉDACTION

- La résolution de l'équation différentielle donne $N(t) = K \cdot e^{-\lambda \cdot t}$. Comme à $t=0$ s, on a $N(0) = N_0$, alors $K = N_0$ soit $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.
- Le temps de demi-vie d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés.
- $N = f(t)$ a une allure de courbe décroissante. On détermine graphiquement $t_{1/2}$ à partir de la valeur $\frac{N_0}{2}$.
- Par définition, à $t = t_{1/2}$, on a $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$.
En utilisant la loi de décroissance radioactive, on écrit : $N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$, donc $N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$, d'où $-\lambda \cdot t_{1/2} = \ln \frac{1}{2}$ soit $-\lambda \cdot t_{1/2} = -\ln 2$ et $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.
- $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ donc $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5,70 \times 10^3}$ soit $\lambda = 1,22 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$.

Faire le point avant d'aller plus loin



Pour vérifier ses connaissances, répondre aux questions suivantes (sans regarder le cours!)

Citer les lois de conservation vérifiées dans l'équation d'une réaction nucléaire.

Expliciter les différents types de radioactivité en précisant les particules ou les rayonnements mis en jeu.

Préciser dans quel cas intervient la radioactivité γ .

Résoudre l'équation différentielle : $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N(t)$

Décrire comment obtenir graphiquement le temps de demi-vie à partir de la courbe de décroissance radioactive.

Expliquer le principe de datation à l'aide de noyaux radioactifs.

Citer un moyen de protection contre les rayonnements ionisants.

Citer des applications de la radioactivité dans le domaine médical.