Le polonium

Bac S 2005 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Première partie. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

Un noyau radioactif est un noyau instable : il se désintègre spontanément, à un instant imprévisible, pour donner un autre noyau.

Noyau instable qui se transforme spontanément en un noyau différent, en émettant une particule (α, électron ou positon) et souvent un rayonnement γ.

PIÈGE
Oublier le mot « spontanément » : une transformation nucléaire provoquée par un choc (fission, par exemple) n'est pas une désintégration radioactive.

2 Première partie. Quelle est la composition du noyau de polonium 210 ?

Données utiles numéro atomique du polonium : $Z = 84$; nombre de nucléons : $A = 210$

Le noyau se note $^{210}_{84}\text{Po}$.

Nombre de protons : $Z = 84$.

Nombre de neutrons : $N = A - Z = 210 - 84 = 126$.

Le noyau de polonium 210 contient 84 protons et 126 neutrons.

PIÈGE
Donner 210 comme nombre de neutrons, ou ajouter 84 électrons : la question porte sur le noyau, qui ne contient que des nucléons.

3 Première partie. Écrire l'équation de la désintégration du noyau de polonium 210, en indiquant les lois de conservation à respecter.

Données utiles le polonium 210 émet des particules α, notées $^{4}_{2}\text{He}$; extrait de la classification : Pb ($Z = 82$), Bi ($Z = 83$), Po ($Z = 84$)

On écrit $^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{X} + {}^{4}_{2}\text{He}$.

Conservation du nombre de nucléons : $210 = A + 4$, donc $A = 206$.

Conservation de la charge électrique : $84 = Z + 2$, donc $Z = 82$.
D'après l'extrait de la classification, c'est le plomb.

$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

COMPRENDRE
L'extrait du sujet attribue le symbole Th au numéro atomique 81 : c'est en réalité le thallium, Tl (Th désigne le thorium, $Z = 90$). Cette coquille est sans effet ici, le noyau fils ayant $Z = 82$.

MÉTHODE
Poser le noyau fils sous la forme $^{A}_{Z}\text{X}$, écrire une égalité pour les nombres du haut et une pour ceux du bas, puis chercher Z dans la classification.

1 Deuxième partie. Compléter la ligne 3 du tableau de l'annexe : valeurs de $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)$.

Données utiles valeurs de $\frac{N(t)}{N_0}$ mesurées tous les 40 jours : 1 ; 0,82 ; 0,67 ; 0,55 ; 0,45 ; 0,37 ; 0,30

Exemple à $t = 40$ jours : $-\ln(0{,}82) = 0{,}20$.

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$N(t)/N_0$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln(N(t)/N_0)$	0	0,20	0,40	0,60	0,80	0,99	1,2

Ligne 3 : 0 ; 0,20 ; 0,40 ; 0,60 ; 0,80 ; 0,99 ; 1,2

PIÈGE
Utiliser la touche « log » (logarithme décimal) au lieu de « ln », ou oublier le signe moins : les valeurs doivent être positives et croissantes.

COMPRENDRE
Les rapports mesurés ont deux chiffres significatifs : on en garde deux dans la ligne 3. Cette grandeur est sans unité, comme le rapport dont on prend le logarithme.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$-\ln(0.82) \approx 0.1984509$

$-\ln(0.67) \approx 0.4004776$

$-\ln(0.55) \approx 0.597837$

$-\ln(0.45) \approx 0.7985077$

$-\ln(0.37) \approx 0.9942523$

$-\ln(0.30) \approx 1.203973$

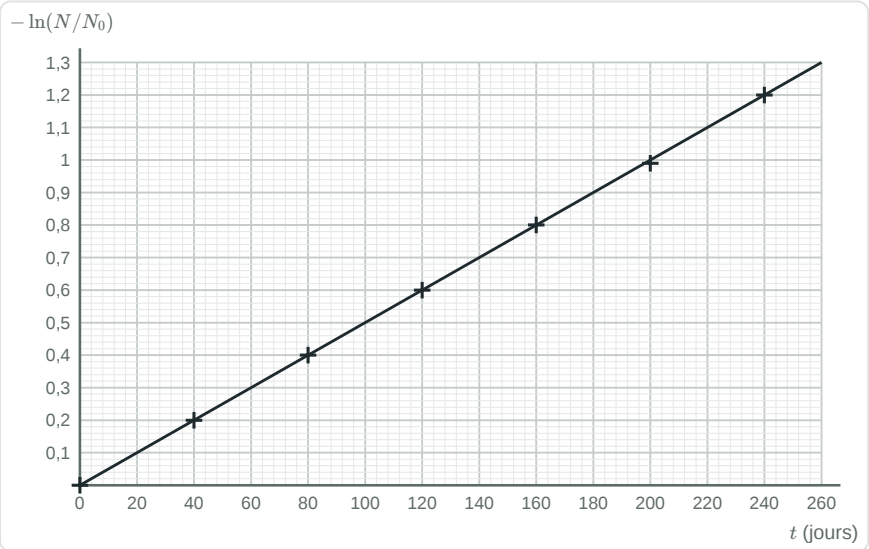
2 Deuxième partie. Tracer la courbe $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = f(t)$; échelle : 1 cm pour 20 jours en abscisse, 1 cm pour 0,1 en ordonnée.

Données utiles valeurs de la ligne 3 du tableau (Q1 de la deuxième partie)

On place les sept points du tableau, sans les relier entre eux. Ils sont alignés avec l'origine : on trace à la règle la droite qui passe par l'origine et au plus près de tous les points.

Le graphe est une droite passant par l'origine (voir la figure).

MÉTHODE
Sur un graphe expérimental : axes légendés avec grandeur et unité, échelle imposée respectée, points marqués par des croix, puis droite moyenne tracée à la règle et non ligne brisée.



2 · Points expérimentaux et droite passant par l'origine

3 Deuxième partie. Rappeler la loi de décroissance du nombre de noyaux non désintégrés. Est-elle en accord avec la représentation graphique précédente ? Justifier.

Loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$, où λ est la constante radioactive.

On en tire $\dfrac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$, puis $\ln\left(\dfrac{N(t)}{N_0}\right) = -\lambda t$, soit

$$-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = \lambda\, t$$

D'après la loi, cette grandeur est proportionnelle à t : sa représentation est une droite passant par l'origine, de coefficient directeur λ. C'est bien ce que montre le graphe.

$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$: la loi prévoit une droite passant par l'origine, en accord avec le graphe.

MÉTHODE

Pour tester une loi exponentielle, on prend le logarithme : la courbe devient une droite, facile à valider à la règle, et dont la pente donne directement la constante cherchée.

4 Deuxième partie. Calculer la pente du graphe, en déduire λ et son unité, puis la constante de temps τ et son unité. Donner l'expression de la demi-vie $t_{1/2}$ et la calculer.

Données utiles droite passant par l'origine et par le point (240 jours ; 1,2) ; $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = \lambda t$ (Q3 de la deuxième partie)

La pente se calcule entre deux points éloignés de la droite, l'origine et le point (240 jours ; 1,2). D'après la question précédente, elle est égale à λ :

$$\lambda = \frac{1{,}2 - 0}{240 - 0} = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{j}^{-1}$$

L'ordonnée est sans unité : λ est l'inverse d'un temps, ici en jour^{-1}. En unité SI : $\lambda = \frac{1{,}2}{240 \times 24 \times 3600} = 5{,}8 \times 10^{-8}\ \text{s}^{-1}$.

Constante de temps : $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}0 \times 10^{2}$ j, soit $1{,}7 \times 10^{7}$ s. C'est une durée : elle s'exprime en secondes (ou ici en jours).

Demi-vie : à $t_{1/2}$, $N = \frac{N_0}{2}$, donc $\lambda\, t_{1/2} = \ln 2$:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2 = \frac{\ln 2}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}4 \times 10^{2}\ \text{j}$$

$\lambda = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{j}^{-1}$; $\tau = 2{,}0 \times 10^{2}$ j ; $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 1{,}4 \times 10^{2}$ j, soit $1{,}2 \times 10^{7}$ s

PIÈGE

Mélanger les unités : avec λ en j^{-1}, τ et $t_{1/2}$ sortent en jours. Pour un résultat en secondes, convertir 240 jours avant de calculer la pente.

COMPRENDRE

À $t = \tau$, il reste 37 % des noyaux ; à $t = t_{1/2}$, 50 %. La demi-vie est donc plus courte que τ. La valeur admise pour le polonium 210 est 138 jours : la mesure est cohérente.

À LA CALCULATRICE

