

Corrigé et barème – Transformation nucléaire : décroissance radioactive et demi-vie

Radioactivité α , β^- , β^+ , loi de décroissance exponentielle, demi-vie, activité, datation et applications
(thème Constitution et transformations de la matière)

Durée : 120 min – Calculatrice interdite – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Exercice 1 – Équations de désintégration et diagramme (N, Z) (4 pts)

- a) ${}_{95}^{241}\text{Am} \rightarrow {}_{93}^{237}\text{Np} + {}_2^4\text{He}$ ($241 = 237 + 4$; $95 = 93 + 2$). (1)
 b) ${}_{38}^{90}\text{Sr} \rightarrow {}_{39}^{90}\text{Y} + {}_{-1}^0\text{e} + \bar{\nu}_e$ ($38 = 39 - 1$). (1)
 c) ${}_{7}^{13}\text{N} \rightarrow {}_{6}^{13}\text{C} + {}_{+1}^0\text{e} + \nu_e$ ($7 = 6 + 1$). (1)
 d) Strontium 90 : $N = 52$, plus que les isotopes stables ($N \leq 50$) $\rightarrow$ excès de neutrons, au-dessus de la vallée $\rightarrow \beta^-$, qui change un neutron en proton. (1)

Erreur fréquente — L'électron s'écrit ${}_{-1}^0\text{e}$ et le positon ${}_{+1}^0\text{e}$: une erreur de signe sur leur Z fausse le noyau fils.

Exercice 2 – Loi de décroissance du lutécium 177 (4 pts)

- a) $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$; $\lambda = \frac{\ln 2}{6,65} = 0,104 \text{ j}^{-1}$. (1)
 b) $\frac{N}{N_0} = e^{-0,1042 \times 15,0} = e^{-1,563} = 0,209 \rightarrow 20,9 \%$. (1)
 c) $t = \frac{\ln 20}{\lambda} = \frac{2,996}{0,1042} \approx 28,7 \text{ j}$. (1)
 d) $N(t + t_{1/2}) = N_0 e^{-\lambda t} e^{-\lambda t_{1/2}} = N(t) e^{-\ln 2} = \frac{N(t)}{2}$. (1)

À retenir — La demi-vie ne dépend pas de l'instant où l'on commence à compter : à toute date, il faut $t_{1/2}$ pour diviser par 2 le nombre de noyaux restants.

Exercice 3 – Activité d'une source de plutonium 238 (4 pts)

- a) ${}_{94}^{238}\text{Pu} \rightarrow {}_{92}^{234}\text{U} + {}_2^4\text{He}$. (1)
 b) $N = \frac{500}{238} \times 6,022 \times 10^{23} = 1,27 \times 10^{24}$; $\lambda = \frac{0,6931}{87,7 \times 3,156 \times 10^7} = 2,50 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$; $A = \lambda N \approx 3,17 \times 10^{14} \text{ Bq}$. (1)
 c) $\frac{A}{A_0} = 2^{-49/87,7} = 2^{-0,559} = 0,679 \rightarrow 67,9 \%$. (1)
 d) Les particules α sont arrêtées par une faible épaisseur de matière ; mais inhalé ou ingéré, un émetteur α irradie directement les tissus : il est très dangereux. (1)

Repère — Pour obtenir une activité en becquerels, la demi-vie doit être convertie en secondes avant de calculer λ .

Exercice 4 – Datation potassium-argon d'une coulée volcanique (4 pts)

- a) Dans la lave en fusion, l'argon, gazeux, s'échappe : l'horloge est « remise à zéro » ; ensuite, l'argon formé reste piégé dans la roche solide. (1)
 b) $N_K(0) = N_K + N_{\text{Ar}}$ et $N_K = N_K(0) e^{-\lambda t}$, donc $e^{\lambda t} = 1 + \frac{N_{\text{Ar}}}{N_K}$ puis $t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{N_{\text{Ar}}}{N_K} \right)$. (1)
 c) $\lambda = \frac{0,6931}{1,25 \times 10^9} = 5,55 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$; $t = \frac{\ln 1,085}{5,55 \times 10^{-10}} \approx 1,47 \times 10^8 \text{ ans}$. (1)
 d) Cet âge représente plus de 25 000 demi-vies du carbone 14 : il n'en reste rien de mesurable (et une lave ne contient pas de carbone d'origine vivante). (1)

Le point clé — On choisit toujours un couple radioactif dont la demi-vie est du même ordre de grandeur que l'âge à mesurer.

Exercice 5 – Radium 223 en médecine et radioprotection*(4 pts)*

- a) ${}^{223}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{219}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$. (1)
- b) $A_0 = 55 \times 70,0 = 3\,850 \text{ kBq} = 3,85 \text{ MBq}$; $A = 3,85 \times 2^{-28,0/11,4} = 3,85 \times 0,182 \approx 0,702 \text{ MBq}$. (1)
- c) $\lambda = \frac{0,6931}{11,4 \times 86\,400} = 7,04 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$; $N = \frac{3,85 \times 10^6}{7,04 \times 10^{-7}} \approx 5,47 \times 10^{12}$, soit environ $5,5 \times 10^{12}$. (1)
- d) Les particules α déposent toute leur énergie sur une très faible distance : elles détruisent les cellules tumorales en épargnant les tissus voisins. Règles : distance, durée d'exposition réduite, écrans. (1)

Attention — Un émetteur α est inoffensif à distance mais redoutable à l'intérieur du corps : c'est précisément ce qui en fait un outil thérapeutique.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).