

DATATION - EXERCICES

Exercice 1 : Evaluation de la valeur d'une activité.

Dans une ampoule, on enferme $0,20 \text{ cm}^3$ de radon 222 radioactif à la pression de 0,10 bar et à la température de 30°C . Ce gaz est considéré comme parfait et sa demi-vie est de 3,8 jours.

1. Calculer la quantité de radon à l'instant initial dans l'échantillon.

$$n_o = \frac{P \times V}{R \times T} = \frac{0,10 \cdot 10^5 \times 0,20 \cdot 10^{-6}}{8,314 \times (30 + 273)} = 7,94 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

2. En déduire le nombre de noyaux à l'instant initial.

$$N_o = n_o \times \mathcal{N}_A = 7,94 \cdot 10^{-7} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 4,78 \cdot 10^{17}$$

3. Quelle est l'activité initiale du radon contenu dans cette ampoule ?

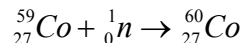
$$A_o = \lambda \times N_o = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times N_o = 1,01 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

4. Quel est le nombre moyen de noyaux de radon 222 six mois plus tard ? Quelle est son activité ? Conclure.
Au bout de six mois, soit 180 jours, 47 demi-périodes se seront écoulées : le nombre de noyaux et l'activité de l'échantillon sera donc divisé par $2^{47} = 1,4 \cdot 10^{14}$. $N = 3,4 \cdot 10^3$ noyaux ; $A = 7 \cdot 10^{-3}$ Bq deviennent quasi négligeables...

Exercice 2 : Radioactivité β^- .

Le cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$ contenu dans les bombes au cobalt utilisées en médecine est obtenu par le bombardement du cobalt 59 par des neutrons. Le cobalt 60 est radioactif β^- . Sa constante radioactive est $\lambda = 4,17 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$. Le noyau fils, un des isotopes de l'élément nickel Ni.

1. Ecrire l'équation de la transformation du cobalt 59 en cobalt 60.



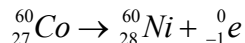
2. Quelle est la particule émise lors de la désintégration du cobalt 60 ?

Le cobalt 60 étant radioactif β^- , il se désintègre en émettant un électron.

3. Quel est le type de rayonnement électromagnétique émis ?

Le noyau de nickel provenant de la désintégration du cobalt 60 est émis dans un état excité ; il se désexcite en émettant un photon gamma.

4. Ecrire l'équation traduisant la désintégration du cobalt 60 en la justifiant.



5. Calculer la demi-vie de ce noyau.

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{4,17 \cdot 10^{-9}} = 1,66 \cdot 10^8 \text{ s} = 5,27 \text{ ans}$$

Exercice 3 : Datation au carbone 14.

Dans la haute atmosphère, du carbone radioactif est produit à partir des collisions entre des noyaux d'azote et des neutrons produits par les rayons cosmiques. Le dioxyde de carbone de l'atmosphère contient en proportion quasiment constante du carbone 14 et du carbone 12. La proportion de ces 2 isotopes est la même dans les végétaux et dans l'atmosphère. Lorsque la plante meurt, elle cesse d'assimiler le dioxyde de carbone et le carbone 14 qu'elle contient de demi-vie 5570 ans se désintègre sans être renouvelé.

1. Au bout de combien de temps après la mort d'une plante, la quantité de carbone 14 qu'elle contenait lors de sa mort aura-t-elle diminué de moitié ?

Il faut 5 570 ans pour que la quantité de carbone 14, radioactif, soit divisée par deux.

Pour dater un échantillon de bois ancien, on compare l'activité A d'un échantillon de ce bois ancien à l'activité A_0 d'un échantillon actuel, de même masse.

2. Quelle relation existe-t-il entre A, A_0 , λ et t, date de la coupe de bois ?

$$A(t) = \lambda \times N(t) = \lambda N_o \cdot e^{-\lambda \times t} = A_o \cdot e^{-\lambda \times t}$$

3. Dans une tombe égyptienne, on a trouvé un échantillon de bois provenant d'un sarcophage qui produisait 560 désintégrations par seconde alors qu'un échantillon du même bois fraîchement coupé contenant la même masse de carbone produit 816 désintégrations par seconde. Déterminer la date de fabrication du sarcophage.

On considère que la date t_0 est celle de coupe du bois retrouvé dans la tombe.

$$\frac{A(t)}{A(t_0)} = \frac{A_0 \cdot e^{-\lambda \times t}}{A_0 \cdot e^{-\lambda \times t_0}} = e^{-\lambda(t-t_0)}$$

$$\ln \frac{A(t)}{A(t_0)} = -\lambda(t-t_0)$$

$$(t-t_0) = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A(t_0)}{A(t)} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A(t_0)}{A(t)}$$

$$\text{A.N. : } (t-t_0) = \frac{5570}{\ln 2} \times \ln \frac{816}{560} = 3025 \text{ ans}$$

Exercice 4 : Datation d'une roche volcanique.

Les roches volcaniques contiennent du potassium 40 radioactif qui se transforme en argon 40 gazeux avec une demi-vie de $1,3 \cdot 10^9$ ans. Au cours des siècles, l'argon 40 s'accumule alors que le potassium disparaît.

Lors d'une éruption volcanique, la lave dégaze : l'argon présent dans la lave s'échappe. A la date de l'éruption, la lave solidifiée ne contient alors plus que de l'argon antérieur à l'événement.

L'analyse d'un échantillon de basalte trouvé près d'un ancien volcan montre qu'il contient $m_1 = 2,9800$ mg de potassium 40 et $m_2 = 8,6$ µg d'argon 40.

1. Exprimer le nombre de noyaux de potassium 40 juste après l'éruption en fonction des nombres de noyaux de potassium 40 et d'argon 40 à la date de l'analyse.

$$N(^{40}\text{K})_{\text{ini}} = N(^{40}\text{K})_{\text{rest}} + N(^{40}\text{K})_{\text{dés}} = N(^{40}\text{K})_t + N(^{40}\text{Ar})_t$$

2. Déterminer la date approximative de l'éruption.

$$N(^{40}\text{K})_{\text{ini}} = \frac{m_1}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_A + \frac{m_2}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_A = (m_1 + m_2) \times \frac{\mathcal{N}_A}{\mathcal{M}}$$

$$N(^{40}\text{K})_t = \frac{m_1}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_A = N(^{40}\text{K})_{\text{ini}} \times e^{-\lambda \times t}$$

On en tire

$$e^{-\lambda \times t} = \frac{N(^{40}\text{K})_t}{N(^{40}\text{K})_{\text{ini}}} = \frac{m_1 \times \frac{\mathcal{N}_A}{\mathcal{M}}}{(m_1 + m_2) \times \frac{\mathcal{N}_A}{\mathcal{M}}} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

$$-\lambda \times t = \ln \left(\frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1} \right) = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1} \right)$$

$$\text{A.N. : } t = \frac{1,3 \cdot 10^9}{\ln 2} \ln \left(\frac{2,9800 \cdot 10^{-3} + 8,6 \cdot 10^{-6}}{2,9800 \cdot 10^{-3}} \right) = 5,4 \cdot 10^6 \text{ ans}$$

Pour déterminer la date de formation de cailloux lunaires rapportés lors de l'expédition Apollo XI, l'analyse d'un échantillon de cailloux effectuée dans les conditions normales a donné $8,1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$ d'argon et $1,67 \cdot 10^{-6} \text{ g}$ de potassium 40.

3. Calculer les nombres de noyaux de potassium 40 et d'argon 40 à la date de l'analyse.

$$N(^{40}\text{K})_t = \frac{m(^{40}\text{K})}{\mathcal{M}} \times \mathcal{N}_A = \frac{1,67 \cdot 10^{-6}}{40} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,5 \cdot 10^{16}$$

$$N(^{40}\text{Ar})_t = n(^{40}\text{Ar}) \times \mathcal{N}_A = \frac{V(^{40}\text{Ar})}{V_m} \times \mathcal{N}_A = \frac{8,1 \cdot 10^{-6}}{22,4} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,2 \cdot 10^{17}$$

4. Calculer l'âge de ces cailloux.

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{m_1 + \frac{V}{V_m} \times \mathcal{M}}{m_1} \right) = \frac{1,3 \cdot 10^9}{\ln 2} \ln \left(\frac{1,67 \cdot 10^{-6} + \frac{8,1 \cdot 10^{-6}}{22,4} \times 40}{1,67 \cdot 10^{-6}} \right) = 4,3 \cdot 10^9 \text{ ans}$$