Amérique du nord 2008 Exercice III : LE RADON ET SES DESCENDANTS. (4 points)
Correction © http://labolycee.org

1. Désintégration du radon 222

1.1. Un noyau radioactif est un noyau instable, qui spontanément se désintègre en un noyau fils en émettant des particules et de l'énergie. Cette désintégration est aléatoire et inéluctable.

1.2. & 1.3. Le radon 222 se désintègre en polonium 218

$^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^{A}_{Z}\text{X}$

conservation du nombre de charge : 86 = 84 + Z, soit Z = 2

conservation du nombre de nucléons : 222 = 218 + A, soit A = 4.

Ainsi $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^{4}_{2}\text{He}$, il s'agit d'une **désintégration radioactive α**.

Le polonium se désintègre en plomb 214, on applique les lois de conservation :

$^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{214}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$, il s'agit d'une **désintégration radioactive α**.

Le plomb 214 se désintègre en bismuth 214 :

$^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + {}^{0}_{-1}\text{e}$, il s'agit d'une **désintégration radioactive β^-**.

2. Bilan énergétique des descendants du radon 222

2.1. $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{214}_{84}\text{Po} + {}^{0}_{-1}\text{e}$

$\Delta E = E_{finale} - E_{initiale}$

$\Delta E = (m_{produits} - m_{réactif}).c^2$ avec ΔE en joule, masses en kilogramme et c en $m.s^{-1}$

2.2. ΔE < 0, le noyau de bismuth cède de l'énergie au milieu extérieur. Il y a perte de masse au cours d'une réaction nucléaire.

$\Delta E = [m({}^{214}_{84}\text{Po}) + m({}^{0}_{-1}\text{e}) - m({}^{214}_{83}\text{Bi})].c^2$

$\Delta E = (213,995176 + 5,49.10^{-4} - 213,998691)\times\mathbf{1,6605402.10^{-27}}\times(3,00.10^8)^2$ *masses converties de u en kg*

puis conversion en MeV :

$$\Delta E = (213,995176 + 5,49.10^{-4} - 213,998691)\times 1,6605402.10^{-27}\times(3,00.10^8)^2\times\frac{1}{1,60210.10^{-13}}$$

ΔE = – 2,77 MeV

énergie émise = |ΔE| = 2,77 MeV.

3. Activité du radon 222

3.1. D'après le texte, la demi-vie du radon vaut 3,82 jours.

$\lambda.t_{1/2} = \ln 2$

soit $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

avec $t_{1/2}$ convertie en s

$\lambda = \dfrac{\ln 2}{3,82\times 24\times 3600}$

$\boldsymbol{\lambda = 2,10\times10^{-6}\ s^{-1}}$

en laissant $t_{1/2}$ en jours (d symbole de day= jour)

$\lambda = \dfrac{\ln 2}{3,82}$

$\boldsymbol{\lambda = 0,181\ d^{-1}}$

3.2. Activité A = 6000 Bq

L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux : A(t) = λ.N(t)

$N(t) = \dfrac{A(t)}{\lambda}$

Quantité de noyaux $n(t) = \dfrac{m(t)}{M} = \dfrac{N(t)}{N_A}$, soit $m(t) = \dfrac{N(t)}{N_A}.M$, donc $\boxed{m(t) = \dfrac{A(t)}{\lambda.N_A}.M = \dfrac{A(t).t_{1/2}}{\ln 2.N_A}.M}$

$m(t) = \dfrac{6000\times 3,82\times 24\times 3600}{\ln 2\times 6,02.10^{23}}\times 222,0 = \mathbf{1,05\times10^{-12}\ g}$ *(A en Bq alors $t_{1/2}$ en s)*

3.3. $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$

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

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

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

$$\boxed{t = \frac{1}{\lambda}.\ln\frac{A_0}{A(t)}}$$

(Le rapport $\frac{A_0}{A(t)}$ est sans dimension.)

Avec λ en s^{-1} :

$$t = \frac{1}{2,10\times10^{-6}}.\ln\frac{6000}{400}$$

$t = 1,29\times10^{6}$ s

$$t = \frac{1,29\times10^{6}}{24\times3600} = \mathbf{14,9\ d}$$

avec λ en d^{-1} :

$$t = \frac{1}{0,181}.\ln\frac{6000}{400}$$

t = 14,9 d

Au bout d'une quinzaine de jours, l'activité sera devenue inférieure au seuil.

3.4. D'après le texte, les moyens pour diminuer les concentrations élevées en radon sont simples : aérer et ventiler la cave et améliorer l'étanchéité des murs et des planchers.

En cas d'erreur constatée, merci de nous contacter par courriel : labolycee@gmail.com