EXERCICE II. L'AMERICIUM 241 ET QUELQUES UTILISATIONS INDUSTRIELLES (5,5 points)
Mars 2011 Bac S Nouvelle Calédonie rattrapage 2010 Correction © http://labolycee.org

1. Obtention de l'américium 241 **CALCULATRICE INTERDITE**

1.1. Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons, et de la charge électrique.

1.2. ${}^{241}_{94}Pu \rightarrow {}^{241}_{95}Am + {}^{0}_{-1}e$

1.3. L'américium 241 et le plutonium 241 ne possèdent pas le même numéro atomique Z, donc ils ne sont pas isotopes.

2. Désintégration de l'américium 241

2.1. ${}^{241}_{95}Am \rightarrow {}^{237}_{93}Np^{*} + {}^{4}_{2}He$ Il y a libération d'un noyau d'hélium, il s'agit d'une désintégration **α**.

2.2. Le noyau de neptunium est formé dans un état excité, il se réorganise et se **désexcite** en libérant un **rayonnement électromagnétique gamma**.

2.3.1. $\mathbf{N_0}$ représente le nombre de noyaux initialement présents, il s'agit d'un nombre **sans unité**.
λ représente la constante radioactive qui caractérise chaque type de noyau, elle s'exprime en $\mathbf{s^{-1}}$ dans le système international.

2.3.2. Le nombre de désintégrations dans un échantillon dépend du **type de noyau** radioactif et donc de la constante radioactive λ, de la **durée Δt** durant laquelle on compte les désintégrations, et enfin du **nombre de noyaux** présents dans l'échantillon.
Il vient $n = \lambda.N.\Delta t$, avec λ en s^{-1} et Δt en s.

2.4.1. Loi de décroissance de l'activité : $A(t) = \lambda.N(t)$ avec $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$
alors $A(t) = \lambda.N_0.e^{-\lambda.t} = A_0.e^{-\lambda.t}$.

2.4.2. Une activité d'un becquerel correspond à une moyenne **d'une désintégration par seconde**.

2.4.3. On a établi $A(t) = \lambda.N_0.e^{-\lambda.t}$, pour les deux échantillons la **constante radioactive est la même**.
Par ailleurs le nombre initial de noyaux $\mathbf{N_0}$ **est proportionnel à la masse de l'échantillon**.
Donc l'activité de l'échantillon de masse 2*m* est **double** de celle de masse *m*.

2.5.1. Le temps de demi-vie d'un échantillon de noyaux radioactifs est égal à la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se désintègrent.

2.5.2. $A(t = 433 \text{ ans}) = A(\mathbf{t_{1/2}}) = \mathbf{A_0/2}$
$A(t = 1299 = 3\times433 \text{ ans}) = A(\mathbf{3t_{1/2}}) = \mathbf{A_0/8}$.

3. Utilisations industrielles de l'américium 241

3.1. Source de neutrons

3.1.1. ${}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{12}_{6}C$

3.1.2.a. Au cours d'une réaction de fission, sous l'impact d'un neutron, un gros noyau se scinde en deux noyaux plus petits en libérant plusieurs neutrons et de l'énergie.

3.1.2.b. La source n'est utile qu'au démarrage de la réaction nucléaire car ensuite les trois neutrons produits permettent d'enclencher d'autres fissions.

3.2. Détecteur de fumée

3.2.1. $N(t_{1/2}) = N_0.e^{-\lambda.t1/2} = N_0/2$
$e^{-\lambda.t1/2} = ½$

$-\lambda.t_{1/2} = \ln(1/2)$ donc $-\lambda.t_{1/2} = \ln 1 - \ln 2$ et finalement $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

3.2.2. $A_0 = \lambda.N_0 = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}.N_0$

$$\boxed{N_0 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}.A_0}$$

$N_0 = \dfrac{10^{10}}{0,7} \times 2,1\text{x}10^{7} = \mathbf{3x10^{17}}$ noyaux présents.

3.2.3. $n_0 = \dfrac{N_0}{N_A}$

$n_0 = \dfrac{3\times10^{17}}{6,0\times10^{23}} = 0,5\times10^{17-23} = 5\times10^{-1}\times10^{-6} = \mathbf{5\times10^{-7}}$ **mol de noyaux**.

$\mathbf{m_0 = n_0.M(^{241}Am)}$
$m_0 = 5\times10^{-7}\times241 = 1205\times10^{-7} = 1,205\times10^{3}\times10^{-7} = 1,205\times10^{-4}$ g soit environ **0,1 mg d'américium** dans le détecteur de fumée.