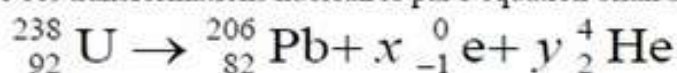


Pour dater ou suivre l'évolution de quelques phénomènes naturels, les scientifiques font recours aux méthodes et techniques diverses se basant essentiellement sur la loi de décroissance radioactive. Parmi ces techniques : la technique de datation par l'Uranium-Plomb.

**Données :** Masse du noyau d'Uranium 238  $238,00031 u$  ; Masse du noyau du Plomb 206  $205,92949 u$   
 Masse du proton  $1,00728 u$  ; Masse du neutron  $1,00866 u$   
 L'unité de masse atomique  $1u = 931,5 \text{ Mev} \cdot c^{-2}$  ; Masse molaire de l'Uranium 238  $M(^{238}\text{U}) = 238 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 Energie de liaison par nucléon du Plomb 206  $\xi(\text{Pb}) = 7,87 \text{ Mev} / \text{nucléon}$   
 Demi-vie de l'Uranium 238  $t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$  ; Masse molaire du Plomb 206  $M(^{206}\text{Pb}) = 206 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le nucléide Uranium 238 est radioactif, il se transforme en nucléide de Plomb par une succession d'émissions de type  $\alpha$  et  $\beta^-$ . On modélise ces transformations nucléaires par l'équation bilan suivante :



1- Etude du noyau d'Uranium  ${}_{92}^{238}\text{U}$

I-1- Par application des lois de conservation, déterminer les valeurs de x et y signalés dans l'équation bilan.

I-2- Donner la composition du noyau d'Uranium 238.

I-3- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de l'Uranium 238, et vérifier que le noyau  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$  est plus stable que le noyau  ${}_{92}^{238}\text{U}$

2- Datation d'une roche métallique par la méthode d'Uranium-Plomb.

Le Plomb et l'Uranium se trouvent, avec des proportions différentes, dans les roches métalliques selon leur date de formation.

On considère que la présence du plomb dans certaines roches métalliques est due seulement à la désintégration spontanée de l'Uranium 238 au cours du temps. On dispose d'un échantillon d'une roche métallique contenant à la date de sa formation, considérée comme origine des dates ( $t = 0$ ), un certain nombre de noyaux d'Uranium  ${}_{92}^{238}\text{U}$ . Cet échantillon métallique contient à une date t, une masse  $m_U(t) = 10 \text{ g}$  d'Uranium 238 et une masse  $m_{\text{Pb}}(t) = 0,01 \text{ g}$  de Plomb 206.

2-1- Montrer que l'expression de l'âge de la roche métallique est :  $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(1 + \frac{m_{\text{Pb}}(t) \cdot M(^{238}\text{U})}{m_U(t) \cdot M(^{206}\text{Pb})}\right)$

2-2- Calculer t en années.

La scintigraphie est une technique d'investigation médicale qui permet l'observation de la glande thyroïde. Un patient ingère pour cette observation une masse  $m=1,31\text{ng}$  de l'isotope  $^{131}_{53}\text{I}$  de l'iode qui est radioactif de type  $\beta^-$

( $t_{1/2}= 8,1 \text{ jours} = 7 \cdot 10^5 \text{s}$ )

- 1- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration en justifiant.
- 2- Déterminer le nombre d'atomes radioactifs dans la dose ingérée.
- 3- On note  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs à la date  $t=0$ . On note  $N$  le nombre de noyaux radioactifs à la date  $t$ . Etablir la relation entre la constante radioactive  $\lambda$  et le temps de demi-vie  $t_{1/2}$ , en précisant la signification de la demi-vie.
- 4- Définir l'activité d'un échantillon radioactif et établir la relation entre l'activité et  $N$ .
- 5- Calculer l'activité initiale de la dose ingérée.
- 6- Calculer le temps au bout duquel l'activité résiduelle est égale à 1,5 % de l'activité initiale.

Données :  $M(\text{iode } 131) = 131\text{g/mol}$  ;  $N_A = 6 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ;  $_{51}\text{Sb}$  ;  $_{52}\text{Te}$  ;  $_{54}\text{Xe}$  ;  $_{55}\text{Cs}$  ;  $_{56}\text{Ba}$ .



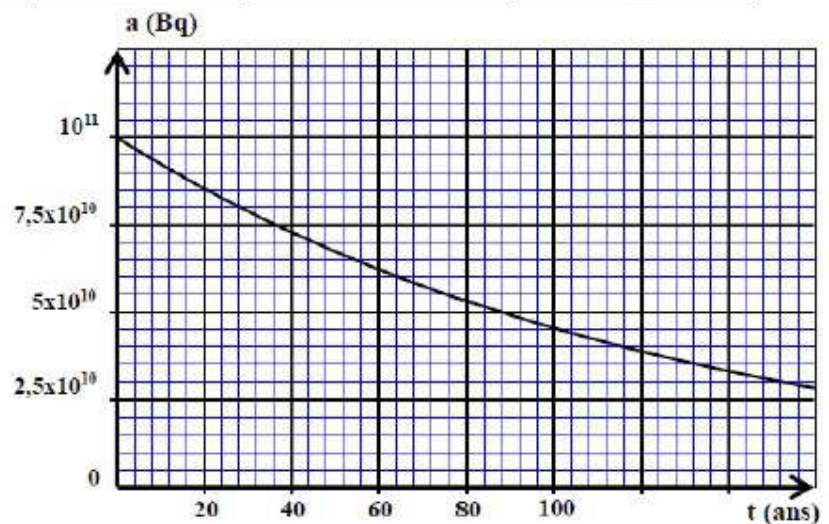
Le stimulateur cardiaque (pacemaker) est un dispositif qui, une fois implanté dans l'organisme, fournit des impulsions électriques destinées à stimuler les muscles cardiaques. Ces impulsions permettent d'accélérer la pulsation du cœur lorsqu'il est trop lent. Certains stimulateurs cardiaques fonctionnent à partir de l'énergie libérée lors de la désintégration alpha des noyaux du plutonium 238.

Cet exercice se propose d'étudier un stimulateur cardiaque au plutonium 238.

**Données :**

| noyau   | Protactinium238          | Uranium234              | Uranium238              | Neptunium238            | Plutonium238             |
|---------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| symbole | ${}^{238}_{91}\text{Pa}$ | ${}^{234}_{92}\text{U}$ | ${}^{238}_{92}\text{U}$ | ${}^{238}_{93}\text{N}$ | ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ |

- 1- Ecrire l'équation de désintégration alpha du plutonium 238 en identifiant le noyau fils.
- 2- La courbe de la figure ci-contre représente l'évolution de l'activité  $a(t)$  d'un échantillon de plutonium 238, présent dans un stimulateur cardiaque. On choisit l'instant d'implantation de ce stimulateur dans l'organisme d'un patient comme origine des dates  $t = 0$ .
  - 2.1- Déterminer graphiquement la demi-vie  $t_{1/2}$  du plutonium 238.
  - 2.2- En déduire que la valeur de la constante radioactive  $\lambda$  est :  $\lambda \approx 7,88 \cdot 10^{-3} \text{ ans}^{-1}$ .
  - 2.3- Trouver le nombre  $N_0$  de noyaux de plutonium 238, présents à  $t=0$ , dans ce stimulateur cardiaque. (on prend :  $1 \text{ an} = 365 \text{ jours}$ ).
- 3- On considère que ce stimulateur fonctionne de façon efficace lorsque le nombre de noyaux de plutonium 238 qui se désintègrent ne dépasse pas 30% du nombre de noyaux présents dans l'échantillon à  $t = 0$ . Déterminer, en ans, la durée maximale  $t_{\text{max}}$  du fonctionnement efficace du stimulateur cardiaque.



Le noyau de polonium  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  se désintègre spontanément pour se transformer en un noyau de plomb  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$  avec émission d'une particule  $\alpha$ .

Cet exercice se propose d'étudier le bilan énergétique de cette transformation ainsi que l'évolution de cette dernière au cours du temps.

**Données :**

- Energie de liaison du noyau de polonium 210 :  $E_l ({}^{210}_{84}\text{Po}) = 1,6449 \cdot 10^3 \text{ MeV}$ ,
- Energie de liaison du noyau de plomb 206 :  $E_l ({}^{206}_{82}\text{Pb}) = 1,6220 \cdot 10^3 \text{ MeV}$ ,
- Energie de liaison de la particule  $\alpha$  :  $E_l = 28,2989 \text{ MeV}$ ,
- On désigne par  $t_{1/2}$  la demi-vie du noyau de polonium 210.

- 1- Ecrire l'équation de cette transformation nucléaire en déterminant le nombre Z.
- 2- Déterminer en MeV l'énergie  $|\Delta E|$  produite lors de la désintégration d'un noyau de  ${}^{210}_{84}\text{Po}$
- 3- Soient  $N_0 (\text{Po})$  le nombre de noyaux de polonium dans un échantillon à l'instant de date  $t=0$  et  $N(\text{Po})$  le nombre de noyaux restant dans le même échantillon à un instant de date  $t$ .

3.1- On désigne par  $N_D$  le nombre de noyaux de polonium désintégrés à l'instant de date  $t=4 \cdot t_{1/2}$ . Choisir la proposition juste parmi les propositions suivantes :

a-  $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{8}$ ;   b-  $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{16}$ ;   c-  $N_D = \frac{N_0(\text{Po})}{4}$ ;   d-  $N_D = \frac{15 N_0(\text{Po})}{16}$

3.2- La courbe ci-dessous représente les variations de  $\ln\left(\frac{N_0(\text{Po})}{N(\text{Po})}\right)$  en fonction du temps.

A l'aide de cette courbe, déterminer en jour la demi-vie  $t_{1/2}$ .

3.3- Sachant que l'échantillon ne contient pas du plomb à  $t = 0$ , déterminer en jour, l'instant  $t_1$  pour lequel :  $\frac{N(\text{Pb})}{N(\text{Po})} = \frac{2}{5}$ , où  $N(\text{Pb})$  est le nombre de noyaux de plomb formés à cet instant.

