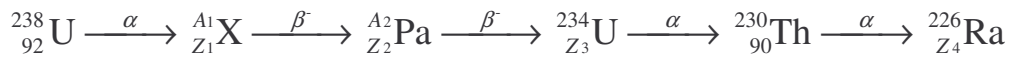


- Énoncé -

Par le phénomène d'érosion, une partie des roches est entraînée au fond des océans. Certaines de ces roches contiennent de l'uranium.

L'uranium 238 dissous, à l'état de traces (c'est-à-dire en très faible quantité), dans l'eau de mer, produit des atomes de thorium 230 selon les réactions nucléaires successives :



et ainsi de suite... jusqu'au plomb 206 stable.

L'uranium est soluble dans l'eau de mer alors que le thorium 230 ne l'est pas : ce dernier se dépose donc au fond des océans avec les autres sédiments.

Pour la durée de sédimentation qui nous intéresse ici, on considèrera que, dans l'eau de mer, la concentration en uranium 238 reste constante et que la proportion des noyaux d'uranium 238 par rapport aux noyaux de thorium 230 reste constante également.

Le temps de demi-vie du thorium est $t_{1/2} = 7,52 \times 10^4$ ans.

On notera :

- N_A le nombre d'Avogadro,
- M la masse molaire atomique du thorium,
- λ la constante de désintégration radioactive du thorium.

1. Recopiez la chaîne de désintégration en complétant, sans justification, les nombres de charge et nombres de masse inconnus, et en précisant la nature de l'élément X.

2. Expliquez brièvement pourquoi :

- a) La concentration en thorium à la surface des sédiments reste constante.
- b) La concentration en thorium diminue en profondeur.

3. Un échantillon de sédiments, de forme cylindrique (appelé une carotte), de hauteur $h = 20$ cm, est prélevé au fond de l'océan. L'analyse d'un fragment pris à la surface de cet échantillon montre qu'il contient une masse $m_1 = 11,0 \times 10^{-6}$ g de thorium 230. Un fragment de même masse, extrait à la base inférieure de l'échantillon, contient une masse $m_2 = 0,60 \times 10^{-6}$ g de thorium 230.

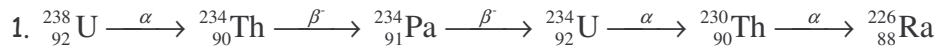
a) Soit N_1 le nombre d'atomes de thorium contenus dans le fragment du haut et $N_2(t)$ le nombre d'atomes de thorium contenus dans le fragment du bas à la date t .

Donnez la relation entre N_1 et $N_2(t)$, λ et t .

b) Exprimez alors m_2 en fonction de m_1 , λ et t_1 , t_1 correspondant à la durée de formation de la couche de sédimentation sur une hauteur de 20 cm. Calculez t_1 .

c) Sachant que la vitesse d'accumulation des sédiments est constante, calculez cette vitesse, en μm par siècle, à l'endroit du prélèvement.

- Corrigé -



2. a) La proportion relative des noyaux de thorium 230, par rapport aux noyaux d'uranium 238, reste constante. Or, la concentration des noyaux d'uranium 238 dans l'eau de mer est constante. Il résulte de ces deux indications que la concentration en thorium 230, à la surface des sédiments (c'est-à-dire en contact avec l'eau de mer) reste constante.

b) Le thorium 230 se désintègre spontanément (voir chaîne de désintégration). Or, dans une couche de sédimentation, le thorium n'est pas en contact avec l'eau de mer qui contient l'uranium dissous. Le thorium n'est donc pas renouvelé dans la couche de sédimentation. Ainsi, plus la couche de sédiments considérée est profonde, moins elle contient de thorium. La concentration en thorium diminue donc en profondeur.

3. a) A un instant supposé initial, l'échantillon du bas (échantillon 2) se trouvait au dessus de la couche de sédimentation. Il contenait le même nombre de noyaux de thorium 230, qu'en contient l'échantillon du haut (échantillon 1) à la date t du prélèvement.

Ainsi, N_1 et $N_2(t)$ sont liés par la loi de désintégration radioactive :

$$N_2(t) = N_1 e^{-\lambda t}$$

b) Si m est la masse d'un échantillon contenant N noyaux, m et N sont liés par :

$$N = N_A \frac{m}{M}$$

(ou bien, considérer simplement que la masse m de l'échantillon est forcément proportionnelle au nombre d'atomes contenus dans l'échantillon, soit également aux nombres de noyaux...)

$$\text{On obtient : } m_2 = m_1 e^{-\lambda t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{m_1}{m_2} \right)$$

Or, par définition le temps de demi-vie $\tau_{1/2}$ s'exprime par : $\tau_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

Finalement :

$$t_1 = \frac{\tau_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{m_1}{m_2} \right)$$

On trouve : $t_1 \approx 3,2 \times 10^5$ ans

c) La vitesse v d'accumulation des sédiments sur une hauteur h pendant un intervalle de temps t_1

est donnée par : $v = \frac{h}{t_1}$

On trouve : $v \approx 6,3 \times 10^{-7}$ m par an ou 63 μm par siècle