Bac 2026 Asie (jour 2) **Correction** https://www.labolycee.org
Spécialité physique chimie

Exercice 2 – Datation (4 points)

Données :

- Écriture conventionnelle de noyaux atomiques :

Noyau	Rubidium 86	Rubidium 87	Strontium 86	Strontium 87
Écriture conventionnelle	$^{86}_{37}Rb$	$^{87}_{37}Rb$	$^{86}_{38}Sr$	$^{87}_{38}Sr$

- Demi-vie du rubidium 87 : $t_{1/2} = 4{,}88 \times 10^{10}$ ans

Une analyse des minéraux présents dans l'échantillon de roche lunaire a décelé la présence de noyaux de rubidium 87, de strontium 86 et de strontium 87.

Q1. Choisir, en justifiant, la paire de noyaux atomiques isotopes parmi celles données ci-après : ($^{86}_{37}Rb$; $^{86}_{38}Sr$) ou ($^{86}_{38}Sr$; $^{87}_{38}Sr$).

Des noyaux isotopes possèdent le **même nombre de protons *Z*** mais un nombre de neutrons différent donc un **nombre de masse *A* différent**.

Paire ($^{86}_{37}Rb$; $^{86}_{38}Sr$) : les nombres Z sont différents $37 \neq 38$.

Paire ($^{86}_{38}Sr$; $^{87}_{38}Sr$) : les nombres Z sont identiques (38). Ce sont donc des **noyaux isotopes**.

Le rubidium 87 se désintègre spontanément en strontium 87 qui est un noyau stable.

Q2. Écrire l'équation de la réaction de désintégration du rubidium 87 en strontium 87.

$^{87}_{37}Rb \rightarrow {}^{87}_{38}Sr + {}^{A}_{Z}X$.

En appliquant les lois de conservation de Soddy :

Conservation du nombre de charge : 37 = 38 + Z donc **Z = –1**.

Conservation du nombre de masse : 87 = 87 + A donc **A = 0**.

Ainsi : $\boxed{^{87}_{37}Rb \rightarrow {}^{87}_{38}Sr + {}^{0}_{-1}e}$.

Q3. En déduire le nom de la particule émise et le type de radioactivité mis en jeu.

La particule émise est un électron ($^{0}_{-1}e$). Il s'agit d'une radioactivité β^-.

Le nombre N($^{87}_{37}Rb$) 87 de noyaux de rubidium 87 contenu dans un minéral de roche suit la loi de décroissance radioactive :

$$N\left(^{87}_{37}Rb\right) = N_0\left(^{87}_{37}Rb\right) \times \exp(-\lambda t) \text{ (relation 1)}$$

où λ est la constante radioactive du rubidium 87 et $N_0\left(^{87}_{37}Rb\right)$ est le nombre de noyaux de rubidium 87 initialement présent dans le minéral.

Q4. Donner une définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un isotope radioactif.

Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est la durée pour laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés.

Ainsi $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$.

Q5. Montrer, à partir de la relation 1, que le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ sont liés par la relation : $\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}$.

On a : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$

$\Leftrightarrow N_0 \cdot \exp(-\lambda t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$

$\Leftrightarrow \exp(-\lambda t_{1/2}) = \dfrac{1}{2}$

En prenant le logarithme népérien des deux côtés de l'égalité :

$\Leftrightarrow \ln\left(\exp(-\lambda t_{1/2})\right) = \ln\left(\dfrac{1}{2}\right)$

$\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = \ln\left(\dfrac{1}{2}\right)$

$\Leftrightarrow -\lambda t_{1/2} = -\ln(2)$ car $\ln\left(\dfrac{1}{2}\right) = \ln(1) - \ln(2) = -\ln(2)$

Finalement : $\boxed{\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}}$.

Dans le minéral isolé étudié, la teneur en rubidium 87 diminue au cours du temps et celle en strontium 87 augmente. Le strontium 86, qui n'est pas radioactif, reste stable et est utilisé comme isotope de référence. L'analyse de huit échantillons de la roche lunaire rapportée de la mission Apollo 17 a permis d'obtenir huit valeurs de rapports isotopiques. La figure 1 ci-après représente l'évolution du rapport **y** = $\dfrac{N\left({}^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$ en fonction du rapport **x** = $\dfrac{N\left({}^{87}_{37}\mathrm{Rb}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$ pour ces huit échantillons.

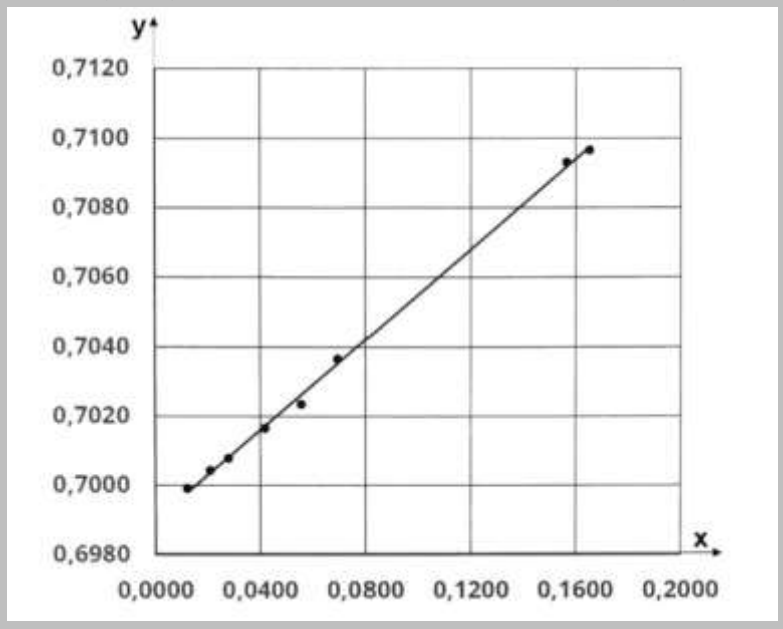


Figure 1 : Évolution du rapport y = $\dfrac{N\left({}^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$ en fonction du rapport x = $\dfrac{N\left({}^{87}_{37}\mathrm{Rb}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$

D'après https%ntrs.nasa.gov/api/citations/19940019585/downloads/19940019585.pdf

La datation par la méthode rubidium – strontium repose sur l'exploitation de deux relations :

- l'équation de modélisation de l'évolution présentée sur la figure 1 :

y = 0,0650 × **x** + 0,6990

- la relation théorique entre les rapports isotopiques :

$$\frac{N\left({}^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)} = \left(\exp\left(\lambda \cdot t_R\right) - 1\right) \times \frac{N\left({}^{87}_{37}\mathrm{Rb}\right)}{N\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)} + \frac{N_0\left({}^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N_0\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$$

où tR est l'âge de la roche contenant les minéraux étudiés et est la constante radioactive du rubidium 87.

Q6. Déterminer l'âge t_R de la roche prélevée sur la Lune en exploitant l'ensemble des données ci-dessus. Commenter.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

On a :

y = 0,0650 × **x** + 0,6990

$$\mathbf{y} = \left(\exp\left(\lambda \cdot t_R\right) - 1\right) \times \mathbf{x} + \frac{N_0\left({}^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N_0\left({}^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$$

Par identification des termes devant « **x** » : 0,0650 = $\exp\left(\lambda \cdot t_R\right) - 1$

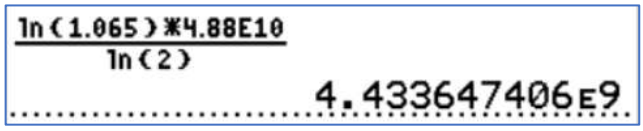
$\Leftrightarrow \exp\left(\lambda \cdot t_R\right) = 1{,}0650$

En prenant le logarithme népérien des deux côtés de l'égalité :

$\Leftrightarrow \ln\left(\exp(\lambda \cdot t_R)\right) = \ln\left(1{,}0650\right)$

$\Leftrightarrow \lambda \cdot t_R = \ln\left(1{,}0650\right)$

$\Leftrightarrow t_R = \dfrac{\ln\left(1{,}0650\right)}{\lambda}$



En utilisant la relation $\lambda = \dfrac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ il vient : $\boxed{t_R = \dfrac{\ln\left(1{,}0650\right) \cdot t_{1/2}}{\ln\left(2\right)}}$.

$t_R = \dfrac{\ln\left(1{,}0650\right) \times 4{,}88 \times 10^{10}\, ans}{\ln\left(2\right)}$ = **4,43×10^9 ans = 4,43 milliards d'années**.

La roche lunaire est vieille de plus de 4 milliards d'années soit un peu moins que l'âge de formation de la Terre estimé à 4,5 milliards d'années.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs : labolycee@labolycee.org