EXERCICE 2 – Datation (4 points)

En décembre 1972, le module lunaire de la mission Apollo 17 alunit dans la vallée Taurus-Littrow. L'une des missions des astronautes est de recueillir des échantillons de la croûte lunaire et de dépôts volcaniques. En effet, si les missions précédentes ont fait progresser les connaissances sur la Lune dans différents domaines, il subsiste néanmoins des interrogations sur sa structure interne, l'histoire de son évolution ou l'existence d'une activité volcanique récente.

L'objectif de cet exercice est d'exploiter les données obtenues lors de l'analyse d'un échantillon de roche lunaire rapporté lors de la mission Apollo 17 pour en déterminer l'âge.

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 ($^{86}_{38}Sr$; $^{87}_{38}Sr$)

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.

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

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

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

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.

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

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 $\mathbf{y} = \frac{N\left(^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N\left(^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$ en fonction du rapport $\mathbf{x} = \frac{N\left(^{87}_{37}\mathrm{Rb}\right)}{N\left(^{86}_{380}\mathrm{Sr}\right)}$

pour ces huit échantillons.

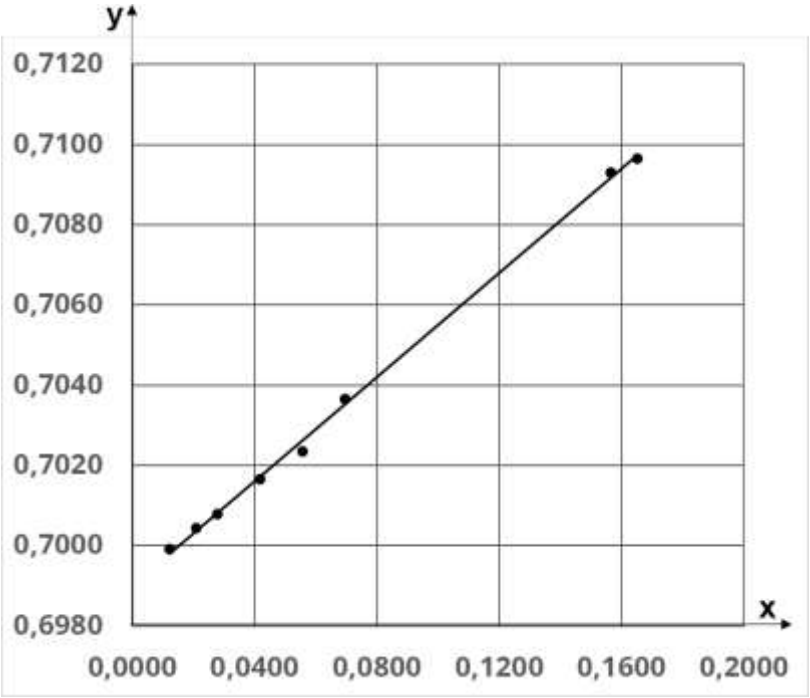


Figure 1 : Évolution du rapport $\mathbf{y} = \frac{N\left(^{87}_{38}\mathrm{Sr}\right)}{N\left(^{86}_{38}\mathrm{Sr}\right)}$ en fonction du rapport $\mathbf{x} = \frac{N\left(^{87}_{37}\mathrm{Rb}\right)}{N\left(^{86}_{380}\mathrm{Sr}\right)}$

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 :
-

$$\mathbf{y} = 0{,}0650 \times \mathbf{x} + 0{,}6990$$

- la relation théorique entre les rapports isotopiques :

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

où t_{R} est l'âge de la roche contenant les minéraux étudiés et λ 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.