

## Exercice de datation par la méthode potassium – argon

Les roches volcaniques contiennent du potassium dont un isotope, le potassium 40 est radioactif.

Il se désintègre de deux manières :

- 90% des noyaux de potassium 40 sont émetteurs  $\beta^-$  ( $\lambda_1 = 4,96 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ ) ;
- 10% des noyaux de potassium 40 se désintègrent par capture électronique ( $\lambda_2 = 0,58 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ ). Un électron de la couche électronique la plus proche du noyau est capturé par celui-ci. Un proton du noyau et l'électron capturé se transforment alors en neutron. Le noyau de potassium 40 se transforme en donnant de l'argon 40 qui est emprisonné à l'état gazeux dans la roche.

Lors d'une éruption volcanique, sous l'effet de la chaleur, la roche fond, devient de la lave et libère alors l'argon. Puis la lave refroidit et se solidifie. Elle contient alors du potassium 40 mais pas d'argon.

La quantité d'argon accumulée dans la roche depuis la solidification de la lave permet alors de connaître son âge.

On se propose de dater les cendres volcaniques provenant de Okote en Éthiopie. Les analyses ont données  $8,55 \times 10^{16}$  atomes de potassium et  $8,25 \times 10^{12}$  atomes d'argon par gramme de cendre.

- 1) Écrire les deux équations de désintégration du potassium  ${}_{19}^{40}\text{K}$ .
- 2) Dans un dernier temps, on considèrera que le potassium se désintègre seulement en argon.
  - 2.a) On nomme  $N(\text{K})_0$  le nombre initial de noyaux de potassium lors de la solidification de la roche,  $N(\text{K})$  et  $N(\text{Ar})$  les nombres respectifs de noyaux de potassium et d'argon à la date de la mesure. Quelle est la relation entre  $N(\text{K})_0$ ,  $N(\text{K})$  et  $N(\text{Ar})$  ?
  - 2.b) En déduire le nombre initial de noyaux de potassium  $N(\text{K})_0$ .
  - 2.c) Écrire la relation donnant le nombre actuel de noyaux de potassium  $N(\text{K})$  en fonction du nombre initial  $N(\text{K})_0$  et la constante radioactive  $\lambda_2$ .
  - 2.d) Quel est l'âge des cendres ?
- 3) Dans un deuxième temps, on prendra en compte les deux types de désintégrations.
  - 3.a)  $N(\text{Ar})$  étant le nombre de noyaux d'argon présents dans l'échantillon de cendres et  $N(\text{K})$  le nombre de noyaux de potassium de l'échantillon, en utilisant le texte introductif déterminer le nombre de noyaux  $N_0$  de potassium qu'il y avait initialement ?
  - 3.b) On admettra, pour tenir compte des deux types de désintégrations, que le nombre actuel  $N(\text{K})$  de noyaux de potassium, le nombre initial  $N(\text{K})_0$  et la constante radioactive  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$  sont liés par la relation  $N(\text{K}) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$ .  
Quel est alors l'âge des cendres ?
  - 3.c) Comparer les âges obtenus aux questions 2.d) et 3.b).

<i>Numéro atomique</i>	18	19	20
<i>Élément chimique</i>	Ar	K	Ca

<i>Nom de la particule</i>	neutron	électron	proton
<i>Symbole</i>	${}_0^1\text{n}$	${}_{-1}^0\text{e}$	${}_1^1\text{p}$

## Datation par la méthode rubidium / strontium

On utilise le couple rubidium – strontium (Rb – Sr) pour trouver l'âge d'une roche.

Le rubidium 87 ( $^{87}_{37}\text{Rb}$ ) est radioactif de demi-vie  $t_{1/2} = 4,9 \cdot 10^{10}$  ans, il se désintègre en strontium 87 ( $^{87}_{38}\text{Sr}$ ) stable. Une roche, prélevée sur un gisement, contient, entre autre, du rubidium 87 et du strontium 87.

Le strontium 87 a deux origines : une partie était présente lors de la formation de la roche, une autre partie est issue de la désintégration du rubidium 87.

En outre, la roche contient du strontium 86 qui, lui, n'est pas radioactif et n'est pas formé par la désintégration d'un autre noyau. La quantité de strontium 86 est donc constante dans la roche.

- 1.a)** Écrire l'équation de la désintégration du rubidium 87 ( $^{87}_{37}\text{Rb}$ ) et calculer sa constante radioactive  $\lambda$ .
- 1.b)** En notant  $N_0(^{87}\text{Rb})$  le nombre initial de noyaux radioactifs de rubidium 87 et  $N(^{87}\text{Rb})(t)$  le nombre de ces noyaux à une date  $t$ , écrire la loi de décroissance du rubidium 87.
- 1.c)** Déduire du résultat précédent l'expression de  $N_0(^{87}\text{Rb})$  en fonction de  $N(^{87}\text{Rb})(t)$ ,  $\lambda$  et  $t$ .

**2.a)** Donner l'expression du nombre  $N_f$  de noyaux de strontium 87 créés par désintégration du rubidium 87. L'exprimer en fonction de  $N(^{87}\text{Rb})(t)$ ,  $\lambda$  et  $t$ .

**2.b)** Pour des roches différentes, les quantités initiales de strontium 87,  $N_0(^{87}\text{Sr})$ , n'ont pas de raison d'être égales, même si ces roches proviennent du même gisement et ont le même âge. On ne peut donc pas représenter simplement  $N(^{87}\text{Sr})(t)$  en fonction de  $N(^{87}\text{Rb})(t)$  pour calculer  $t$ .

En notant  $N_0(^{87}\text{Sr})$  le nombre initial de noyaux de strontium 87, donner l'expression du nombre  $N(^{87}\text{Sr})(t)$  de ces noyaux à une date  $t$  en fonction de  $N_0(^{87}\text{Sr})$ ,  $N(^{87}\text{Rb})(t)$ ,  $\lambda$  et  $t$ .

**3.a)** Pour déterminer l'âge d'une roche, on mesure, pour plusieurs échantillons, les rapports isotopiques  $\frac{N(^{87}\text{Sr})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)}$  et  $\frac{N(^{87}\text{Rb})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)}$ .

Quelle est la relation entre le nombre initial  $N_0(^{86}\text{Sr})$  de noyaux de strontium 86 et le nombre  $N(^{86}\text{Sr})(t)$  de ces noyaux à la date  $t$  ?

**3.b)** Montrer que l'on a 
$$\frac{N(^{87}\text{Sr})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)} = \frac{N_0(^{87}\text{Sr})}{N_0(^{86}\text{Sr})} + \frac{N(^{87}\text{Rb})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)} \times (e^{\lambda t} - 1)$$

**3.c)** Des mesures effectuées sur plusieurs échantillons issus d'une même roche ont donné les résultats du tableau ci-dessous :

Echantillon	A	B	C	D	E	F	G
$\frac{N(^{87}\text{Sr})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)}$	0,718	0,721	0,723	0,726	0,727	0,729	0,731
$\frac{N(^{87}\text{Rb})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)}$	1,76	2,19	2,63	3,13	3,37	3,72	4,11

Faire la représentation graphique de 
$$\frac{N(^{87}\text{Sr})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)} = f\left(\frac{N(^{87}\text{Rb})(t)}{N(^{86}\text{Sr})(t)}\right)$$

**3.d)** Quel type de courbe obtient-on ? Est-ce en accord avec l'équation obtenue à la question **3.b)**.

**3.e)** À partir de la courbe en déduire l'âge de la roche étudiée.