Datation par la méthode potassium-argon

Noyaux atomiques concernés : ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$, ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$, ${}^{39}_{19}\mathrm{K}$, ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$

Le noyau de potassium ${}^{40}_{19}\mathrm{K}$ est instable. Il peut subir l'une ou l'autre des deux transformations nucléaires spontanées suivantes :

- réaction 1, la capture électronique : un électron (${}^{0}_{-1}e$) de la couche électronique la plus proche du noyau est capturé par celui-ci (constante radioactive λ_1 = 0,581 10^{-10} an^{-1}). Un proton du noyau se transforme alors en un neutron. Le noyau de potassium 40 se transforme alors en un noyau d'argon. Cette désintégration concerne **10,5 %** des noyaux de potassium 40.

- réaction 2, l'émission β^- : cette désintégration concerne **89,5 %** des noyaux de potassium 40 (constante radioactive λ_2 = 4,962 10^{-10} an^{-1}).

Pour dater des roches très anciennes, on peut utiliser la méthode de datation dite "potassium-argon". L'argon est, dans les conditions normales de température et de pression, un gaz monoatomique. De plus l'atome d'argon, avec son niveau électronique externe saturé ne réalise pas de liaisons chimiques. Pour ces deux raisons, on ne le trouve pas dans une roche en fusion. Lorsqu'une roche se solidifie, on estime alors qu'elle **ne contient pas d'argon**. C'est l'instant t = 0 dit de "**fermeture du système**". Si cette roche contient des noyaux de potassium 40, alors 10,5 % de ceux-ci se transformeront par capture électronique en noyaux d'argon. La roche étant solidifiée, l'argon formé se trouve piégé dans le réseau cristallin. Pour dater une roche on utilise alors la relation :

$$\mathbf{N_{({}^{40}Ar)}(t) \;/\; N_{({}^{40}K)}(t) \;=\; 0{,}105\,(e^{\lambda t} - 1)}$$

$N_{Ar}(t)$ et $N_K(t)$ représentent respectivement le nombre de noyaux d'argon 40 et le nombre de noyaux de potassium 40 présents dans l'échantillon à l'instant t.

Des ossements ont été trouvés **entre deux couches de tuf volcanique**. Pour dater ces ossements, on réalise des dosages de l'argon 40 et du potassium 40 contenu dans un échantillon de chacun de ces tufs. On obtient :

	Argon 40 (moyenne des dosages en moles par gramme d'échantillon)	Potassium 40 (moyenne des dosages en moles par gramme d'échantillon)
Tuf 1	$2{,}260.10^{-11}$	$1{,}667.10^{-7}$
Tuf 2	$2{,}242.10^{-11}$	$1{,}604.10^{-7}$

Donnée : $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 5{,}543.10^{-10}$ an^{-1}.

Questions préalables

En utilisant la loi de base de la décroissance radioactive, $dN / dt = - \lambda N$,

montrer que, globalement, $\mathbf{N_{({}^{40}K)}(t)} = N_{({}^{40}K)0}\, e^{-\lambda t}$ avec $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$

et montrer que, par la réaction 1, $dN_{({}^{40}Ar)} / dt = + \lambda_1 N_{({}^{40}K)} = + \lambda_1 N_{({}^{40}K)0}\, e^{-\lambda t}$

La solution de cette équation différentielle est alors, puisque à t = 0 $N_{({}^{40}Ar)0} = 0$

$$\mathbf{N_{({}^{40}Ar)}(t)} = \lambda_1 N_{({}^{40}K)0}\,(1 - e^{-\lambda t}) / \lambda$$

On montrera alors que le rapport $\mathbf{N_{({}^{40}Ar)}(t)} \;/\; \mathbf{N_{({}^{40}K)}(t)}$ donne bien l'expression indiquée plus haut.

Résolution de problème

Peut-on dater les ossements ? *(réponse : on peut estimer l'âge des ossements à environ 2,36 10^9 ans)*