

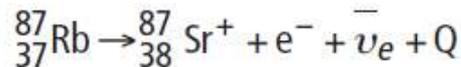
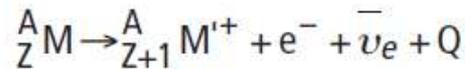


**ANNEXE : Principe de datation par radiochronologie (Exemple du couple Rb Sr)**

## Point science

Le rubidium (Rb) et le strontium (Sr) sont deux éléments chimiques existant le plus souvent à l'état de traces dans les roches. Ils se substituent en partie au potassium pour le rubidium et au calcium pour le strontium. Ainsi, les minéraux riches en potassium sont généralement riches en rubidium et ceux riches en calcium présentent souvent des teneurs élevées en strontium.

Ces deux éléments existent dans la nature sous la forme de plusieurs isotopes : deux pour le rubidium,  $^{85}\text{Rb}$  et  $^{87}\text{Rb}$ , et quatre pour le strontium,  $^{84}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$  et  $^{88}\text{Sr}$ . **Seul l'un d'entre eux, le  $^{87}\text{Rb}$ , est radioactif.** Il se désintègre en  $^{87}\text{Sr}$  qui, lui, est un isotope stable du strontium comme le sont, d'ailleurs, les trois autres. Cette désintégration, un pour un, aboutit à l'émission d'un électron ; c'est donc une radioactivité dite « bêta moins » que l'on peut schématiser par :



Les mesures sont faites au spectrographe de masse pour différencier les isotopes.

A la fermeture du système, on a dans la roche:

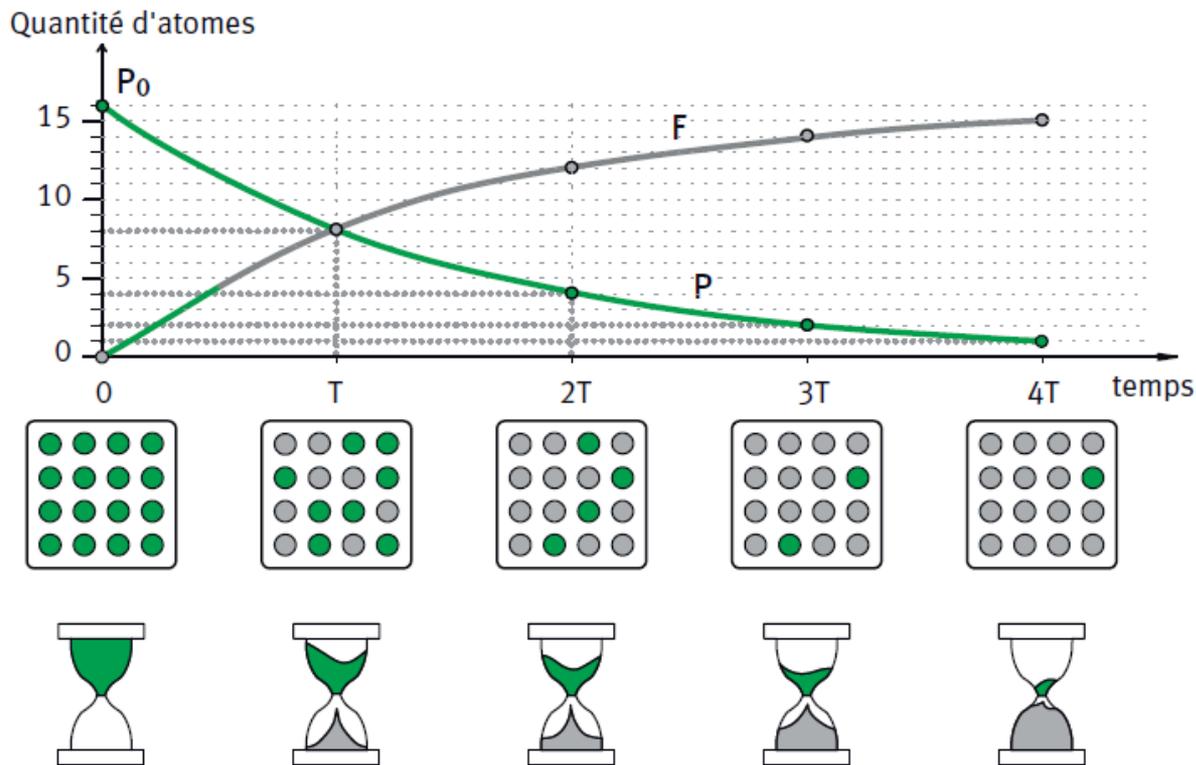
**$^{87}\text{Rb}$  radioactif**

$^{86}\text{Sr}$  non radioactif

$^{87}\text{Sr}$  non radioactif

$^{87}\text{Rb}$  se désintègre selon:  **$^{87}\text{Rb}$  (ou P = atome père, vert)  $\rightarrow$   $^{87}\text{Sr}$  (ou F = atome fils, gris)**

La décroissance de  $^{87}\text{Rb}$  (ou la croissance de  $^{87}\text{Sr}$ ) obéissent à une fonction exponentielle:



Cherchons à mesurer la quantité d'atomes père :

Si  $^{87}\text{Rb}_0$  est la quantité de  $^{87}\text{Rb}$  initial et  $^{87}\text{Rb}_t$  la quantité de  $^{87}\text{Rb}$  à l'instant  $t$

On a l'équation:  $^{87}\text{Rb}_t = ^{87}\text{Rb}_0 \cdot e^{-\lambda t}$  (1)

Par ailleurs, si on cherche à mesurer la quantité d'atomes fils, on a:

$$^{87}\text{Sr}_t = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Sr}^* \quad (2)$$

Avec  $^{87}\text{Sr}_0 =$  Quantité de  $^{87}\text{Sr}$  qui était déjà présente au départ et  $^{87}\text{Sr}^* =$  quantité de  $^{87}\text{Sr}$  obtenue par désintégration du  $^{87}\text{Rb}$ .

Si  $^{87}\text{Sr}^*$  est produit par la désintégration de  $^{87}\text{Rb}$ , on a  $^{87}\text{Sr}^* = ^{87}\text{Rb}_0 - ^{87}\text{Rb}_t$  (3)

Or d'après (1)  $^{87}\text{Rb}_0 = ^{87}\text{Rb}_t \cdot e^{\lambda t}$

Donc (3) devient:  $^{87}\text{Sr}^* = (^{87}\text{Rb}_t \cdot e^{\lambda t}) - ^{87}\text{Rb}_t$  ce qui revient à

$$^{87}\text{Sr}^* = ^{87}\text{Rb}_t (e^{\lambda t} - 1) \quad (3)$$

D'après (2) et (3), on peut écrire:  $^{87}\text{Sr}_t = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb}_t (e^{\lambda t} - 1)$  (4)

Dans l'équation  $^{87}\text{Sr}_t = ^{87}\text{Sr}_0 + ^{87}\text{Rb}_t (e^{\lambda t} - 1)$  (4), même si on peut mesurer  $^{87}\text{Sr}_t$  et  $^{87}\text{Rb}_t$  et même si on connaît la valeur de  $\lambda$ , il reste 2 inconnues:  $^{87}\text{Sr}_0$  et  $t$

Pour résoudre le problème, on part du principe que tous les minéraux ou toutes les roches provenant d'une même source magmatique auront le même rapport  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ . (on dit qu'ils sont cogénétiques). Même si certains minéraux intègrent plus de strontium que d'autres, tous auront le même rapport  $^{87}\text{Sr}_0 / ^{86}\text{Sr}_0$ . Cela peut s'expliquer par le fait que la cristallisation est un processus qui ne fractionne pas les isotopes d'un même élément.

Par ailleurs, le  $^{86}\text{Sr}$  n'étant pas radioactif, sa quantité ne varie pas au cours du temps, ce qui revient à écrire que  $^{86}\text{Sr}_t = ^{86}\text{Sr}_0$

Ainsi, l'équation (4), en divisant par  $^{86}\text{Sr}_t$  ou  $^{86}\text{Sr}_0$ , devient:

$$\frac{^{87}\text{Sr}_t}{^{86}\text{Sr}_t} = \frac{^{87}\text{Sr}_0}{^{86}\text{Sr}_0} + \frac{^{87}\text{Rb}_t}{^{86}\text{Sr}_t} \cdot (e^{\lambda t} - 1)$$

Tous les échantillons cogénétiques (exemple: tous les mêmes minéraux d'une même roche) ayant le même rapport  $^{87}\text{Sr}_0 / ^{86}\text{Sr}_0$ , cette équation est du type  $y = ax + b$  (équation d'une droite)

Les rapports  $^{87}\text{Sr}_0 / ^{86}\text{Sr}_0$  et peuvent être mesurés par spectrométrie de masse.

Ainsi tous les échantillons cogénétiques auront le même rapport initial  $^{87}\text{Sr}_0 / ^{86}\text{Sr}_0$  mais des rapports  $^{87}\text{Sr}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  et  $^{87}\text{Rb}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  que l'on pourra mesurer.

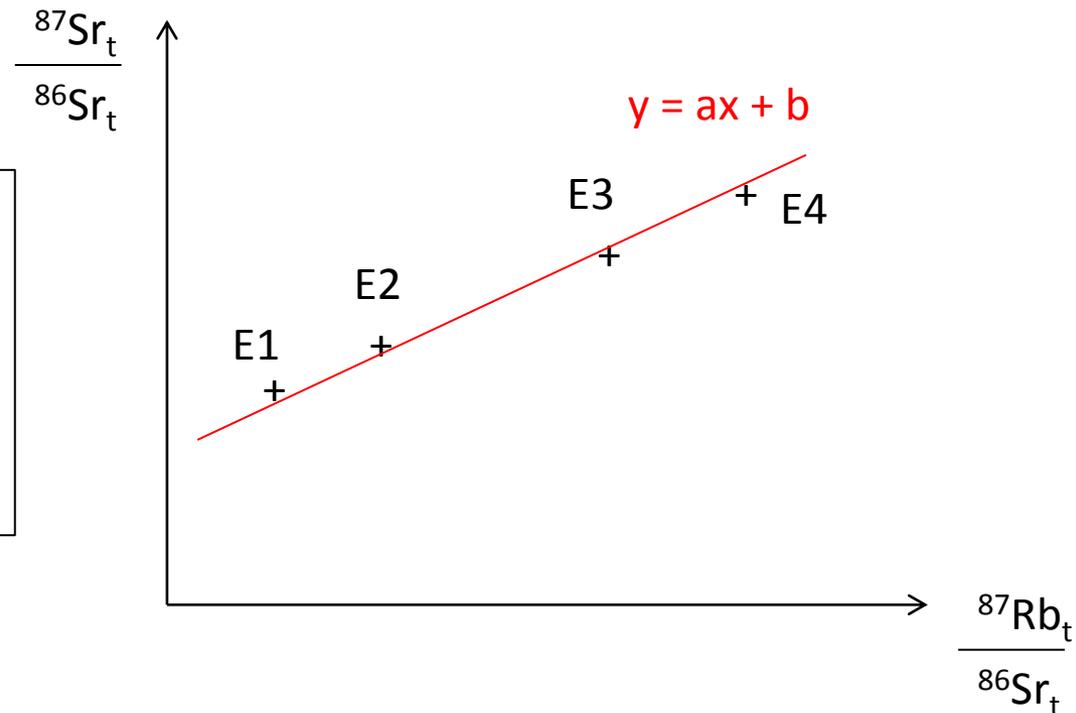
La droite ayant l'équation  $y = ax + b$  est appelée droite isochrone. Son coefficient directeur  $a$  correspond à  $(e^{\lambda t} - 1)$

Lorsqu'on dispose de plusieurs échantillons cogénétiques, la droite peut être tracée et  $a$  peut être déterminé graphiquement.

Si  $a = (e^{\lambda t} - 1)$  et si on connaît la valeur de  $a$ , alors on peut en déduire  $t = \ln(a+1) / \lambda$

Pour le couple Rb / Sr, la valeur de  $\lambda$  est connue:  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$

Droite isochrone déterminée après mesure des rapports isotopiques  $^{87}\text{Sr}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  et  $^{87}\text{Rb}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  dans 4 minéraux d'une même roche.



### En conclusion:

Pour réaliser la datation d'une roche par la méthode Rb / Sr, il faut:

- 1) Mesurer les concentrations en Rb et Sr dans les échantillons cogénétiques (roches provenant d'un même magma, minéraux de la même roche)
- 2) Calculer les rapports isotopiques  $^{87}\text{Sr}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  et  $^{87}\text{Rb}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  à partir des valeurs mesurées.
- 3) Positionner les points sur un graphique avec  $y = ^{87}\text{Sr}_t / ^{86}\text{Sr}_t$  et  $x = ^{87}\text{Rb}_t / ^{86}\text{Sr}_t$
- 4) Dégager la droite de tendance (régression linéaire) qui se dégage du nuage de points
- 5) Déterminer graphiquement la valeur de la pente
- 6) Dédire l'âge  $t$  de l'échantillon en utilisant la formule :  $t = \ln(a+1) / \lambda$  avec :  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$

FIN