

Principes de la radiochronologie en datation absolue

Certains isotopes naturels sont radioactifs. Ces isotopes (=élément père) se désintègrent spontanément en donnant un nouvel isotope d'un élément (=élément fils, ou radiogénique) différent en masse et/ou en charge (voir cours de physique). Cette désintégration obéit à une loi physique simple :

le nombre de désintégrations par unité de temps (=constante de désintégration radioactive), d'un isotope radioactif donné, est proportionnel à la quantité de cet isotope et caractéristique de l'élément on peut donc écrire :

$$(1) \quad dP / dt = \lambda P$$

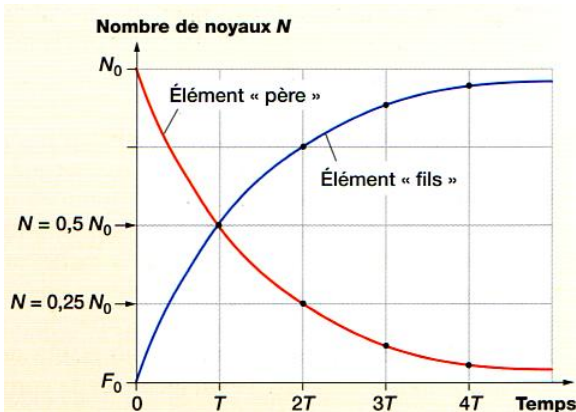
avec : P = quantité d'isotope père

λ est appelé constante de désintégration radioactive

On considère un système fermé, lorsque la quantité d'atomes pères et d'atomes fils est fixée à partir d'un instant initial t_0 . Il n'y a alors plus d'échange possible avec l'extérieur, le système ne reçoit aucun élément père ou fils de l'extérieur. Ce que l'on date par la radioactivité est le moment de la fermeture du système.

Si P_0 est le nombre d'atomes pères présents initialement, la résolution de l'équation différentielle (1) donne :

$$(2) \quad P = P_0 e^{-\lambda t}$$



Quel que soit le couple d'isotopes utilisé, la désintégration de l'élément père obéit à cette équation (2) c'est une courbe exponentielle.

On appelle période d'un isotope radioactif, le temps nécessaire pour que la moitié de la quantité initiale de l'élément père soit désintégrée ($P = P_0 / 2$).

L'équation (2), donne t , le temps écoulé depuis la fermeture du système qui équivaut à l'âge de l'objet daté :

$$(3) \quad t_{\text{années}} = 1 / \lambda \cdot \ln (P_0/P)$$

Or l'élément P_0 n'est pas connu, par contre le nombre d'éléments fils F au temps t peut être mesuré. Si F_0 est le nombre d'atomes fils au temps t_0 , le nombre d'atomes fils au temps t est donné par :

$$(4) \quad F = F_0 + (P_0 - P)$$

$$(5) \quad F = F_0 + P(e^{\lambda t} - 1)$$

d'où il vient :

$$(6) \quad t = \frac{1}{\lambda} \times \ln (1 + (F/P))$$

En remplaçant P_0 par sa valeur dans (2) et on obtient le nombre d'atomes fils créés par désintégration depuis la fermeture du système

P et F sont mesurés au spectromètre de masse

CAS DU COUPLE RUBIDIUM (PERE)/STRONTIUM(FILS)

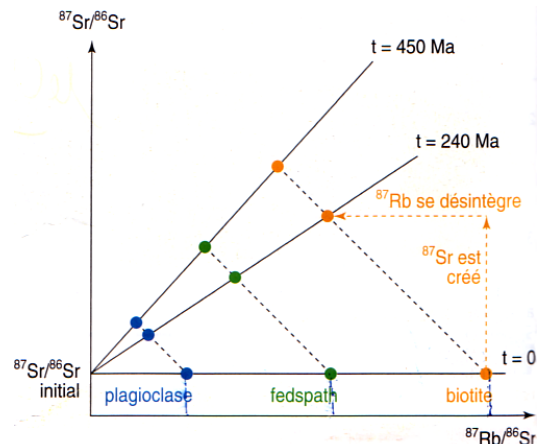
c'est une équation à 2 inconnues car on ne connaît ni P (le ^{87}Rb) ni F_0 , le (^{87}Sr) .

Les différents minéraux incorporent en effet des quantités non négligeables de ^{87}Sr . F_0 n'est pas nul et varie d'un minéral à l'autre à la fermeture du système, on ne peut donc connaître la part exacte de ^{87}Sr issu du ^{87}Rb initial.

Or, un autre isotope non radioactif ^{86}Sr , est incorporé en même temps et le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ est identique dans tous les minéraux d'une même roche au moment de la fermeture du système.

^{86}Sr étant constant, le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ va donc croître régulièrement au cours du temps pendant que le rapport $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ va diminuer.

De ce fait, dans le graphique représentant les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des différents minéraux d'une même roche, en fonction des rapports $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, les points sont sur une même droite horizontale à la fermeture du système (avec b, ordonnée à l'origine non nulle, car du ^{87}Sr est incorporé à la fermeture du système)



Au cours du temps, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ augmente d'autant plus vite qu'il y a de ^{87}Rb dans le minéral au départ.

Graphiquement cela se traduit par une droite isochrone, c'est-à-dire regroupant de minéraux de même âge.

Son coefficient directeur a (pente), est proportionnel à l'âge des minéraux de la roche. On démontre que :

$$t = \text{LN} (a+1) / \lambda$$

Ce qui est proche de a/λ . On peut accepter, en première approximation, la valeur de la pente d'une droite isochrone : $a = \lambda t$

LA FERMETURE DU SYSTEME

Pour que les mesures d'apparition de l'élément fils ou de disparition de l'élément père soient significatives, il faut que l'échantillon ne puisse plus échanger ni l'un ni l'autre avec l'environnement (ni apport ni fuite en éléments pères ou fils) : On parle de fermeture du système.

la fermeture du système coïncide donc avec la fin de la cristallisation pour les roches magmatiques (granites, roches volcaniques) et métamorphiques.

La fin de la cristallisation a lieu des centaines de milliers d'années après le début du refroidissement !

-Les roches sédimentaires sont rarement des systèmes fermés. En effet, la sédimentation introduit généralement des minéraux déjà formés, issus de roches qui ont subi l'érosion. Ces minéraux sont donc plus anciens que la roche sédimentaire et en les datant, on daterait les roches dans lesquelles ces minéraux ont pris naissance !