

## Chapitre 2 : La datation absolue

### I – Principe

#### 1 – La désintégration d'éléments radioactifs

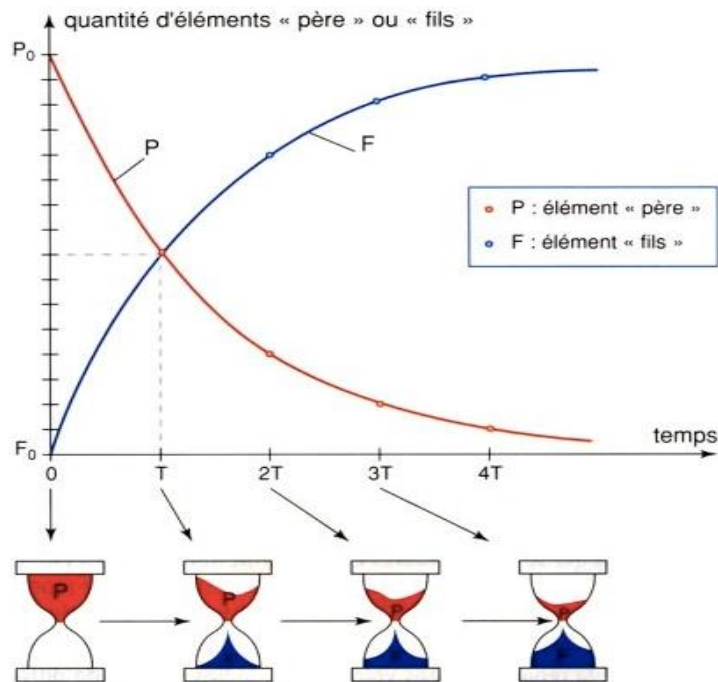
Doc1p142

La datation absolue des roches magmatiques et métamorphiques repose sur la présence d'éléments radioactifs incorporés dans les minéraux lors de la formation de la roche. A partir de là, les éléments évoluent sans interaction avec l'extérieur (système fermé) : aucun élément n'entre ni ne sort. La date obtenue est celle de la fermeture du système.

La réaction de désintégration peut se résumer ainsi : un élément père P (**radioactif**) se transforme progressivement en un élément fils F (**radiogénique**).  $P \rightarrow F + E$

**La valeur du rapport F sur P est donc fonction du temps de désintégration.**

Le principe général est de mesurer la quantité d'élément père restant ( $P_t$ ) et de l'élément fils ( $F_t$ ) présents dans le minéral ou la roche. Quel que soit le couple utilisé, la désintégration suit une courbe exponentielle de la forme :



$P_0$  étant la quantité de l'élément radioactif présents à la fermeture du système et  $P_t$  celle présente aujourd'hui.

On a alors :  $P_t = P_0 e^{-\lambda t} \rightarrow e^{-\lambda t} = P_t / P_0 \rightarrow \lambda t = \ln(P_0 / P_t)$  soit comme  $P_0 = P_t + F \rightarrow \lambda t = \ln(P_t + F) / P_t$   
 $\rightarrow t = \ln(1 + F / P_t) / \lambda$

La constante de désintégration,  $\lambda$  représente la quantité d'élément désintégrée en 1 an.

La **constante de désintégration  $\lambda$**  traduit la vitesse à laquelle se fait la désintégration. Dire que celle du  $^{87}\text{Rb}$  est de  $1,42 \cdot 10^{-11}$  /an signifie que pour chaque g de  $^{87}\text{Rb}$ ,  $1,42 \cdot 10^{-11}$  grammes se désintègrent par an.

La **demi-vie** est le temps nécessaire pour que la moitié de l'élément parent soit désintégrée.

$\lambda$  et T sont constants pour un couple d'isotopes donné.

Méthode (Père/Fils)	Demi-vie	Temps de datation
$^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$	1,25 Ga	Quelques centaines de millions d'années.
$^{235}\text{U} / ^{207}\text{Pb}$	0,704 Ga	10 Ma à 4,56 Ga
$^{238}\text{U} / ^{206}\text{Pb}$	4,47 Ga	
$^{87}\text{Rb} / ^{87}\text{Sr}$	48,8 Ga	dizaines de millions à plusieurs milliards d'années.

**2** Le choix d'un radiochronomètre dépend de l'âge de l'objet à dater mais aussi de la présence initiale d'éléments radioactifs.

## 2 – La fermeture du système

Doc 2 p143

Le temps t trouvé correspond à la durée depuis laquelle l'échantillon est « fermé ». Cette fermeture du système correspond à l'arrêt de tout échange en isotope avec l'extérieur. Elle est donc contrôlée par la température.

L'âge peut donc correspondre à la formation de la roche magmatique (quand la température de fermeture est proche de celle de la cristallisation) ou à son refroidissement si la température de fermeture est plus basse.

Pour les roches métamorphiques, le métamorphisme peut faire passer la température au-dessus de la température de fermeture de certains minéraux. L'âge obtenu sera donc celui du métamorphisme.

On peut donc obtenir plusieurs âges pour la même roche, qui ne sont pas interprétés de la même façon.

Des températures de fermeture différentes pour différents minéraux expliquent que des mesures effectuées sur un même objet tel qu'une roche, avec différents chronomètres, puissent fournir des valeurs différentes.

## II – L'utilisation de différents radio-chronomètres

En général, la quantité initiale d'élément père dans l'échantillon n'est pas connue et celle de l'élément fils n'était pas forcément nulle à la fermeture du système. On ne peut donc pas utiliser la loi de désintégration radioactive telle-quelle. On va donc utiliser différents radio-chronomètres en fonction de la nature et de l'âge estimée de la roche.

### 1 – La méthode rubidium/strontium

Doc1p146 et [vidéo](#)

Lors de la cristallisation d'un magma, les minéraux d'une même roche incorporent différents isotopes des éléments Rb et Sr. Dans la roche issue de la cristallisation,  $^{87}\text{Rb}$ , instable, se désintègre en  $^{87}\text{Sr}$  au cours du temps ; selon une loi exponentielle décroissante : les quantités de  $^{87}\text{Rb}$  et  $^{87}\text{Sr}$  sont donc mathématiquement liées et permettent de déterminer l'âge de la roche.

On visualise cette évolution sous forme d'une droite isochrone dont le coefficient directeur permet de déterminer l'âge de la roche grâce à la formule :  $t = \ln(a+1)/\lambda$

Application : exercices 7p153, 16 p 156 et p147

### 2 – La méthode potassium-argon

Doc 1 p 144

Cette méthode permet de dater des événements anciens (demi-vie 1,31Ga) et est fréquemment utilisée du fait de l'abondance de potassium dans les roches. La quantité initiale d'élément père est inconnue mais on sait qu'au moment de la fermeture du système, celle de l'élément fils est nulle (car l'argon est volatile). L'âge est alors mesuré à partir de la quantité d'éléments père et fils présent dans l'échantillon en utilisant la formule :

$$t = 1/\lambda \cdot \ln(1 + {}^{40}\text{Ar}_t / {}^{40}\text{K}_t)$$

Application page 145

### 3 – La méthode Uranium/Plomb

[vidéo](#)

Cette méthode utilise  $^{238}\text{U}$  qui se désintègre en  $^{206}\text{Pb}$  et  $^{235}\text{U}$  qui se désintègre en  $^{207}\text{Pb}$ . On détermine un âge en plaçant des mesures effectuées sur l'échantillon (généralement au niveau d'un zircon) sur une courbe ( $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  en fonction de  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ ) appelée concordia.

Application ex12p154