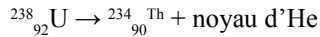


Méthodes de datation radio-isotopiques

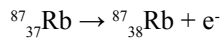
Principe général.

Dans la nature, il existe certains éléments dont un ou plusieurs isotopes sont instables. Ils subissent des désintégrations radioactives.

Radioactivité α :



Radioactivité β :



La loi de désintégration est $dP/dt = -\lambda P$

Cette équation différentielle peut se résoudre et donne

$$1) \quad P = P_0 e^{-\lambda t}$$

C'est une exponentielle négative, vue en maths.

Une autre façon, plus concrète de l'écrire est de considérer que au bout d'une *période que l'on note T*, la moitié de P_0 a disparu. Alors, le calcul montre que $T = \log 2 / \lambda$

On écrit alors : $P = P_0 2^{-t/T}$ je trouve cette formule souvent plus utilisable (et facile à retrouver)

De (1) on peut tirer une équation relative à l'élément fils F :

$$F = F_0 + (P_0 - P) = F_0 + P*(P_0/P - 1) = F_0 + P*(e^{-\lambda t} - 1)$$

$$2) \quad F = F_0 + P*(e^{-\lambda t} - 1) \text{ va vous resservir}$$

On mesure au spectromètre de masse

On peut dater jusqu'à 10 périodes environ

Cela suppose comme condition que le système est fermé.

Que les constante n'ont pas varié au cours du temps (il y a des arguments pour)

Carbone 14

Dans ce cas, le carbone (8) 14 se désintègre en donnant de l'azote (7) 14.

(c'est une désintégration bêta)

L'équation (1) ne nous permet de rien dire, vu qu'on ne connaît pas P_0 .

Mais il y a l'isotope "normal" du carbone, le carbone 12, qui sert de référence ; on connaît donc " R_0 ", le rapport initial. Le carbone 14 se fabrique dans la haute atmosphère. On suppose que c'est constant.

La période du carbone 14 était de 5730 ans, puis 5568 (révisée en 1997) [on conserve souvent le vieux rapport]

Mais, beaucoup plus importantes sont les perturbations que l'homme a récemment apportées en troublant de deux façons l'équilibre de la nature. Depuis le début de l'ère industrielle la combustion de matières carbonées fossiles, telles que les charbons ou pétroles, a introduit dans l'atmosphère une très grande quantité de CO_2 dépourvu de ^{14}C . On a mesuré qu'en 100 ans, pour cette raison, la teneur en ^{14}C des organismes vivants avait baissé de 2%. C'est ce que l'on appelle l'Effet SUESS.

Tout récemment, depuis le début de "l'ère atomique", certaines des explosions nucléaires qui se sont produites à l'air libre ont dégagé une telle quantité de ^{14}C artificiel que la teneur normale avait augmenté en 1957 de 7%, en 1961 de 20% et a atteint son maximum en 1964 aux environs de 90%. C'est à dire pratiquement doublée !.

On ne peut dater que des charbon, os, etc. datant de moins de 50000 ans.

Modifier le modèle

La méthode potassium argon

L'élément 19 = potassium 40 se désintègre de deux façons :

Vers l'Argon 40 (élément 18) (par radioactivité dite bêta plus ou capture électronique) vers le Calcium 40 (élément 20).

On ne se sert que de la réaction potassium argon, qui représente 88%.

$$\lambda_k = 0.585 \cdot 10^{-10} \text{ ans}^{-1}$$

$$T = 11.9 \cdot 10^9 \text{ ans}$$

Il n'y a pas d'argon initial, car c'est un gaz qui s'en va tant que le système n'est pas fermé.

$${}^{40}\text{A}^* = (\lambda_k / \lambda_k + \lambda_k) {}^{40}\text{K} [e^{(\lambda_k + \lambda_k)t} - 1]$$

Le coefficient de départ vaut quasiment 10 \Rightarrow

Il y a dans l'air 0.0119% d'argon 40. Et 93.08% d'argon 39 (et 6.91% d'argon 41).

Cette méthode repose sur l'élément père et l'élément fils.

La désintégration radioactive d'isotopes de potassium en argon est très utilisée pour dater les roches. Les géologues sont capables de dater de nombreux types de roches de cette façon, car le potassium-40 est abondant dans les micas, les feldspaths et les hornblendes. L'évaporation de l'argon peut poser un problème si la roche a été exposée à des températures supérieures à 125 °C. En effet, l'âge mesuré reflète le dernier épisode d'exposition à la chaleur plutôt que l'âge originel de formation de la roche. La datation par le potassium-argon couvre des périodes allant de 100 000 à plusieurs millions d'années. La collecte d'échantillons demande une étude précise du contexte géologique. En archéologie, elle ne permet pas de dater directement les objets, mais les couches dans lesquelles ils ont été trouvés.

La méthode Rubidium strontium.

Le rubidium (élément 37 comme Na et K = alcalin) possède deux isotopes naturels 85 et 87

L'isotope 87 donne du strontium (élément 38 avec le calcium = calcoalcalin) par désintégration bêta.

$$\text{Donc } {}^{87}\text{Sr} = {}^{87}\text{Rb} (e^{\lambda t} - 1) + {}^{87}\text{Sr}_0$$

Le strontium a quatre isotopes 84, 86, 87, 88.

Le 86 qui n'est pas radiogénique est utilisé comme référence.

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

On ne connaît pas ${}^{87}\text{Sr}_0$

Mais si on étudie plusieurs roches ou plusieurs minéraux différents...

Ils sont tous du même âge $\Rightarrow e^{\lambda t} - 1$ est le même pour tous.

Le rubidium 86 n'est pas radiogénique $\Rightarrow ({}^{87}\text{Sr}_0 / {}^{86}\text{Sr}) = ({}^{87}\text{Sr} / {}^{86}\text{Sr})_0$

Donc $y = ax + b$

Si $t = 0 \Rightarrow e^{\lambda t} - 1 = 0$ donc tous les points sont sur une droite d'ordonnée $({}^{87}\text{Sr} / {}^{86}\text{Sr})_0$

Echantillon de chondrites

| | 87Rb/86Sr | 87Rb/86Sr |
|----------------------|-----------|-----------|
| Chainpur No.1 | 0.7580 | 0.74864 |
| Chainpur No.2 | 0.7255 | 0.74650 |
| Ngawi | 0.5422 | 0.74107 |
| Soko Banja A. No. 1 | 1.520 | 0.79891 |
| Soko Banja A. No.2 | 1.490 | 0.79692 |
| Soko Banja B. No.1 | 1.555 | 0.80152 |
| Soko Banja B. No.2 | 1.685 | 0.80952 |
| Soko Banja I | 0.1542 | 0.70910 |
| Guidder | 0.4060 | 0.72576 |
| Olivenza | 0.7790 | 0.75035 |
| Manbhoom | 0.5600 | 0.73570 |
| Douar Mghila | 0.6291 | 0.74044 |
| Siena black | 0.8670 | 0.75655 |
| Saint Severin B No.1 | 0.1610 | 0.70941 |
| Saint Séverin B No.2 | 0.1621 | 0.70952 |
| Ensisheim A No.1 | 0.0313 | 0.70149 |
| Ensisheim A No.2 | 0.0278 | 0.70184 |
| Ensisheim B | 0.0409 | 0.70237 |
| Ensisheim C No.1 | 0.0525 | 0.70214 |
| Ensisheim C No.2 | 0.0525 | 0.70218 |

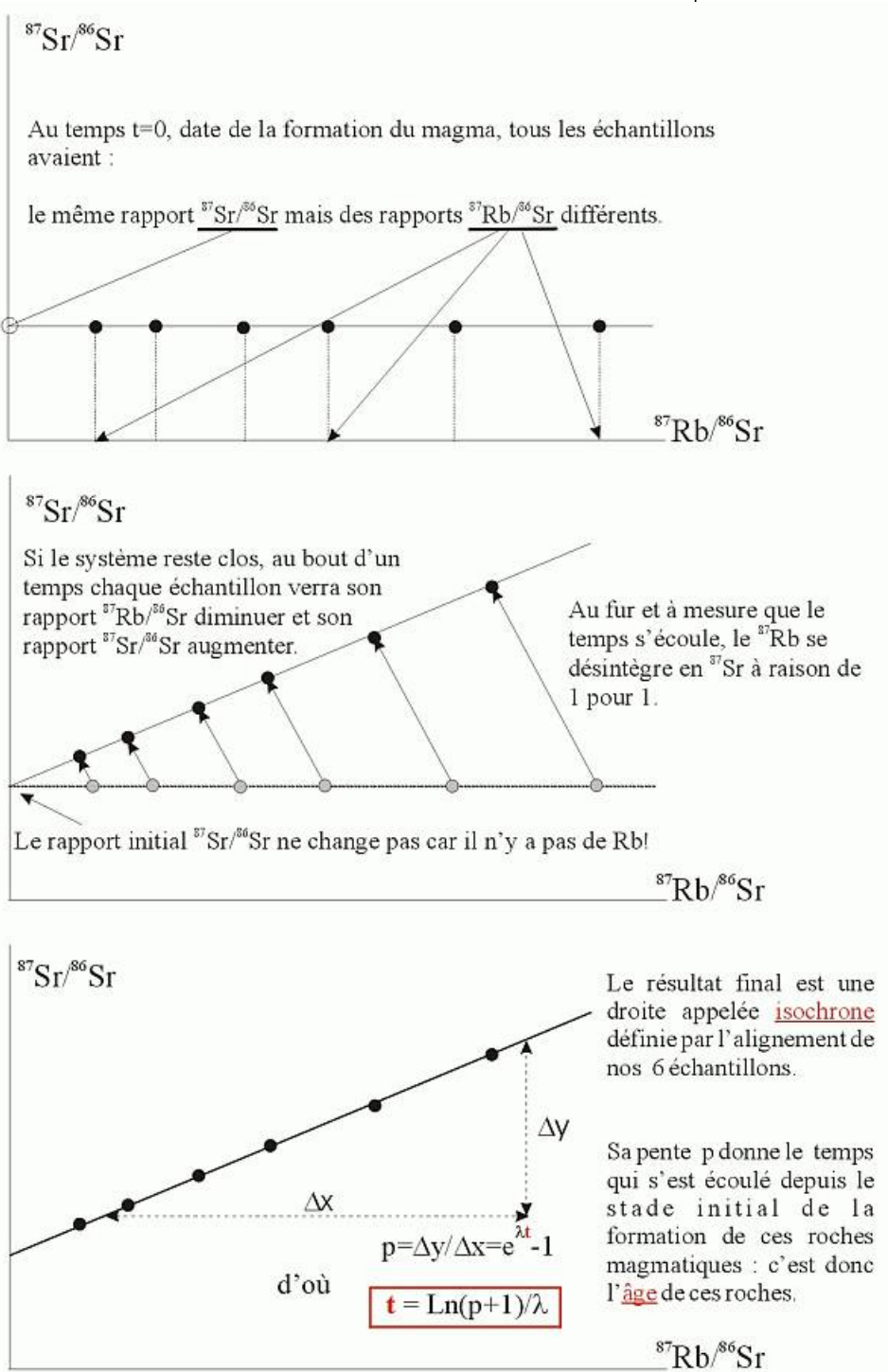
Les points s'alignent sur une isochrone, donc les chondrites ont toutes le même âge.

La pente a vaut $(0.82-0.70)/(1.8-0)=0.066$

Puisque $a = \exp(\lambda t) - 1$, l'âge est de $t = 1/\lambda \ln(a+1) = 4.50$ Ga

Compte tenu de l'incertitude sur la mesure de la pente, on doit trouver un âge voisin de 4.5 milliards d'années, et toute valeur proche (4 à 5 Ga) montre que la démarche est comprise.

Attention si il y a du métamorphisme, on peut avoir l'âge du pluton et l'âge du métamorphisme.



La radiochronologie permet d'obtenir une précision de quelques millions d'années pour l'ère secondaire (8% de précision est une estimation un peu pessimiste !).

Prenons un exemple pour répondre à votre question...

Supposons que le Toarcien (durée : 7 millions d'année, de -187 à 180 millions d'années, +/- 3 %), contienne 10 zones à ammonites différentes qui se suivent dans un ordre bien défini. Supposons

également que les 10 biozones ont des durées équivalentes. La précision pour chaque biozone, dont la durée est de $7/10 = 0,7$ millions d'années, sera donc de 0,3% !

Datation radiochronologique et datation fossile

Souvenez-vous qu'on ne date pas radiochronologiquement les roches sédimentaires. Sauf exception, on ne date radiochronologiquement que les roches magmatiques et métamorphiques.

Ainsi, on sait que le Toarcien commence à -187 millions d'année (plus ou moins !) parce qu'on a trouvé, quelque part dans le monde, des affleurements remarquables, par exemple un volcanisme sous-marin interstratifié dans la limite Carixien/Toarcien, et que l'on a radiochronologiquement daté ce volcanisme à 187 millions d'année.

Mais la relation âge stratigraphique - âge radiochronologique n'est pas toujours univoque. Dans le cas idéal, les datations radiochronologiques viennent appuyer les datations fossiles, mais ce n'est malheureusement pas toujours le cas, notamment lorsque l'on ne dispose que de roches sédimentaires pour un étage et donc pas de datation radiochronologique.

