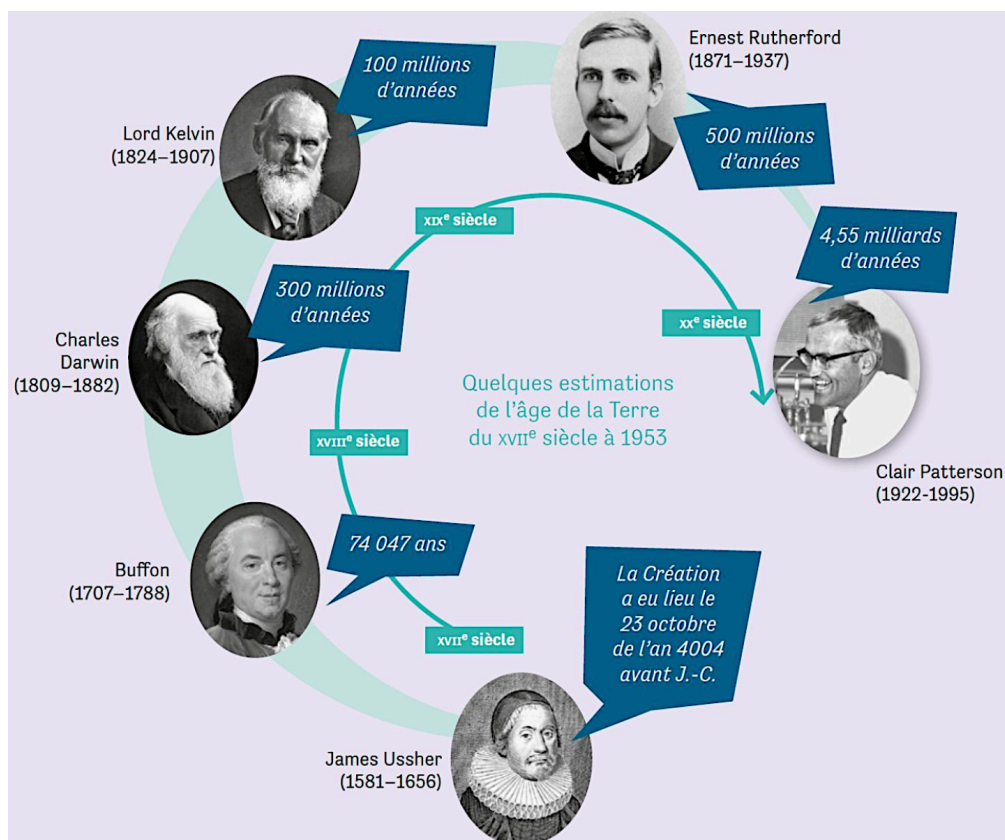


## Thème 3 Chapitre 9 - L'Histoire de l'âge de la Terre

Presque autant que la forme de la Terre, son âge a été l'objet de controverses, notamment parce qu'il est lié à la conception que l'on a de la formation de la Terre et à la place particulière de la vie et de l'espèce humaine sur la planète qu'il habite. Nous allons retracer quelques grandes étapes de la controverse sur l'âge de la Terre puis détailler la méthode qui a permis l'estimation actuelle de l'âge de la Terre.

### 1. Trouver l'âge de la terre : une histoire mouvementée

Au cours de l'histoire des sciences, plusieurs méthodes ont été utilisées pour aboutir à la connaissance actuelle de l'âge de la Terre : temps de refroidissement, empilements sédimentaires, évolution biologique, radioactivité.



Un résumé de ces méthodes (à connaître) est présenté dans un document annexe qui vous sera remis.

Chacune en son temps, ces méthodes ont marqué des progrès en respectant les principes de construction du savoir scientifique:

- Rechercher un âge **objectif, chiffré en années**, plus précis qu'une impression et ne dépendant pas de la personne qui fait le calcul, obtenu par un **calcul vérifiable** (Ussher)
- Utiliser un **modèle analogique** pour reproduire au mieux l'effet des lois physiques (Buffon)
- Dédire ses conclusions **directement du réel** et non d'une source indirecte (texte, témoignage...) (Darwin)
- **Critiquer** les modèles pour les rendre plus fiables à l'aide de données sur le réel (Lord Kelvin)
- Préférer les thèses qui **intègrent le plus large ensemble de faits** possible (Rutherford, Patterson)

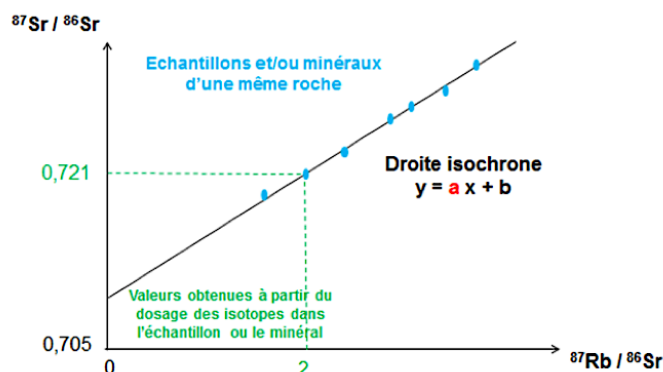
## 2. La détermination de l'âge de la Terre par radiochronologie

La **radiochronologie** permet d'estimer l'âge d'un objet à partir de la quantité d'éléments radioactifs qu'il contient. En effet, au cours du temps, un élément radioactif (**élément père**) se désintègre spontanément en faisant apparaître un **élément fils**. La quantité d'élément père dans l'objet diminue et la quantité d'élément fils augmente. En principe, (et pour simplifier) la mesure des quantités d'éléments père et fils permettent le calcul de l'âge de l'objet. Mais le résultat sera faux si par exemple l'objet est **contaminé** par des atomes d'élément fils qui proviennent de son environnement.

On pense aujourd'hui que la Terre primitive s'est formée en même temps que les **météorites** du système solaire. Or il est relativement facile de dater ces météorites par la radiochronologie car elles n'ont pas échangé d'atomes avec leur environnement depuis leur formation et n'ont donc pas été contaminées. Ainsi, en utilisant l'accumulation de certains éléments fils et la disparition de certains éléments pères dans ces météorites, on peut déterminer leur **âge absolu** grâce à la méthode de l'**isochrone**. Cet âge, **4,57.10<sup>9</sup>** ans, serait donc aussi celui de la Terre.

Méthode de l'isochrone :

- Dans cette méthode, pour dater une roche magmatique, on utilise le **couple rubidium-strontium (Rb-Sr)** dans lequel l'élément père rubidium  $^{87}\text{Rb}$  se désintègre spontanément au cours du temps en élément fils strontium  $^{87}\text{Sr}$ . L'élément  $^{86}\text{Sr}$  est un isotope stable non-radioactif du strontium qui n'a aucune influence sur la vitesse de désintégration du rubidium, mais qui est utilisé pour faire les mesures.
- La méthode consiste d'abord à extraire **plusieurs cristaux différents** de la roche. Au moment de la formation de la roche par refroidissement du magma, chaque cristal, en se formant, a emprisonné dans son réseau une certaine quantité de  $^{87}\text{Rb}$ , mais aussi une certaine quantité de  $^{87}\text{Sr}$  et de  $^{86}\text{Sr}$ . Puis, la quantité de  $^{87}\text{Sr}$  a augmenté au fur et à mesure que le  $^{87}\text{Rb}$  se désintègrait. La quantité de  $^{86}\text{Sr}$  est restée constante. Pour chaque cristal, on mesure les **rapports**  $y = \frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$  et  $x = \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$
- En faisant cette mesure au même moment pour plusieurs cristaux, on obtient une série de couples (x,y) :  
Pour le cristal 1,  $x_1$  et  $y_1$   
Pour le cristal 2,  $x_2$  et  $y_2$   
Pour le cristal 3,  $x_3$  et  $y_3$ , etc.
- On prépare ensuite un **repère graphique x,y** avec en ordonnée le rapport  $\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$  et en abscisse le rapport  $\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$
- On place les points correspondant aux différents cristaux et on constate qu'ils sont à (peu près) alignés sur une droite. Cette droite est appelée l'**isochrone** de la roche : elle relie les couples (x,y) de plusieurs cristaux contemporains (iso : même, chronos : le temps).



Un exemple de droite isochrone

- On calcule ensuite le **coefficient directeur** de la droite en prenant deux points A ( $x_A, y_A$ ) et B ( $x_B, y_B$ )

situés sur la droite isochrone. Le coefficient directeur  $a$  est donné par l'équation bien connue  $a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$

- L'âge  $t$  de la roche (en années) est ensuite facile à calculer grâce à l'équation  $t = \frac{\ln(a+1)}{\lambda}$
- Avec  $\lambda$ , constante de désintégration du couple rubidium-strontium (cette constante, déterminée au laboratoire, est fournie dans les exercices)
- Cette méthode donne un résultat en années, qui est fiable à condition que la roche soit ce qu'on appelle un **système fermé**, c'est-à-dire qu'il n'y ait pas eu d'échanges d'atomes de rubidium ou de strontium avec l'environnement au cours du temps.

L'étude de la manière dont l'âge de la Terre a été précisé permet de comprendre comment s'élabore une démarche scientifique, qui a permis de passer d'un âge biblique de 4000 ans à l'âge actuel de **4,57 milliards d'années**. Elle permet aussi de comprendre dans quelles conditions il est possible de connaître avec une grande confiance une valeur impossible à mesurer directement grâce à un modèle et à des théories. Par ailleurs, elle est un élément indispensable pour rendre compte la complexité et la diversité du monde vivant actuel, qu'il est impossible d'expliquer sans une très longue évolution.

#### Mots clés du chapitre

Principes de construction du savoir scientifique, radiochronologie, élément père, élément fils, contamination, système fermé, couple (Rb-Sr), isochrone, coefficient directeur, constante de désintégration  $\lambda$ , météorite, âge absolu.

Il faut aussi connaître les principaux « savants », la méthode proposée par chacun et ses points faibles (sur quelles hypothèses elle repose) : tout cela est résumé dans un document annexe qui vous sera remis.