

# Vers un âge radiochronologique de la Terre

HISTOIRE DES SCIENCES

Au début du  $XX^e$  siècle, la découverte des isotopes radioactifs va permettre la naissance de la radiochronologie. Dès lors, on cherche à dater les plus anciennes roches connues.

**Quels sont les apports de la radiochronologie à la connaissance de l'âge de la Terre ?**

DOC 1

## Rutherford met fin à la théorie de Kelvin sur l'âge de la Terre



Ernest Rutherford (1871-1937).

En 1904, Ernest Rutherford découvre que certains atomes radioactifs (isotopes pères) se désintègrent au cours du temps en atomes radiogéniques (isotopes fils), et que leur désintégration s'accompagne d'un rayonnement et d'un dégagement de chaleur. Sa découverte mit à mal les conclusions de Kelvin, car elle montre que la Terre possède une source de chaleur que Kelvin n'avait pas envisagé dans son modèle de refroidissement. Voici comment Rutherford annonça sa découverte lors d'une conférence sur le radium :

« J'entrai dans la salle, à moitié sombre, et remarquai immédiatement la présence de Lord Kelvin. Je compris que j'aurais des difficultés avec la dernière partie de ma conférence, où j'abordais l'âge de la Terre, car mes idées contredisaient les siennes [...] J'eus alors une inspiration soudaine et dis : Lord Kelvin a donné une limite supérieure de l'âge de la Terre, sous la condition qu'on ne découvre pas de source de chaleur nouvelle. Cette possibilité prophétiquement annoncée, c'est précisément notre sujet d'aujourd'hui, le radium ! Voyez ! Le vieil homme me gratifia d'un sourire. »

D'après P. Richet dans *L'Âge du monde*, 1999.

DOC 2

## 50 ans de datation des roches terrestres

Rutherford fut le premier à dater des roches par des méthodes de radiochronologie. De nombreux physiciens et géologues suivirent sa voie, et datèrent des roches de plus en plus anciennes.

Les progrès des techniques de datation radiochronologique.

<p><b>Découverte de la radioactivité par Henri Becquerel.</b></p> <p>1896</p>	<p><b>Marie Curie isole le radium dans des uraninites (minerais d'uranium).</b></p> <p>1902</p>	<p><b>Lord Rayleigh est le premier à proposer un âge supérieur au milliard d'années.</b></p> <p>1905</p>	<p><b>Arthur Holmes estime que les plus vieilles roches avoisinent les 1,6 Ga. Il ébauche une échelle des temps géologiques en millions d'années.</b></p> <p>1913</p>	<p><b>Holmes et Fritz Houtermans montrent que la méthode plomb-plomb de Nier donne accès à l'âge de la Terre, qu'ils estiment entre 3 et 3,4 Ga.</b></p> <p>1936</p>	<p><b>Alfred Nier étudie la désintégration en plomb de trois atomes radioactifs : <math>^{238}\text{U}</math>, <math>^{235}\text{U}</math>, <math>^{232}\text{Th}</math>. Il met au point la méthode plomb-plomb et donne un âge de 2,57 Ga.</b></p> <p>1946</p>
<p><b>Pierre Curie, en observant la décroissance radioactive d'un gaz libéré par le radium, déclare : « ainsi, une mesure absolue du temps est possible, car la variation d'abondance d'un élément radioactif mesure un temps écoulé ».</b></p> <p>1904</p>	<p><b>Ernest Rutherford attribue à un minéral riche en uranium un âge de 40 Ma, qu'il révisé en 1906 à 500 Ma.</b></p> <p>1907</p>	<p><b>Bertram Boltwood élabore une méthode de datation basée sur la mesure du rapport uranium/plomb. Il obtient un âge de 410 à 535 Ma.</b></p> <p>1907</p>	<p><b>Frederic Soddy découvre que certains atomes ont plusieurs isotopes.</b></p> <p>1913</p>		

Note : 1 Ga = 1 milliard d'années.

DOC 3

## Les géochronomètres : différents isotopes utilisés en radiochronologie

Les roches contiennent naturellement des isotopes radioactifs tels que ceux présentés dans le tableau ci-contre. Un couple isotope père/isotope fils constitue un géochronomètre. La quantité de l'isotope père diminue au cours du temps (tandis que celle de l'isotope fils augmente) selon une vitesse de désintégration propre à cet isotope. Cette vitesse est caractérisée par la demi-vie, notée  $t_{1/2}$ . En mesurant les quantités d'isotopes père ou fils dans un échantillon, on peut donc déterminer son âge.

On considère que les résultats obtenus par cette méthode de datation sont fiables pour des durées allant du millièème de la demi-vie à dix fois celle-ci. Ces géochronomètres ne peuvent être utilisés que sur des roches ayant conservé depuis leur formation l'ensemble des isotopes étudiés. Il s'agit généralement de roches magmatiques\*.

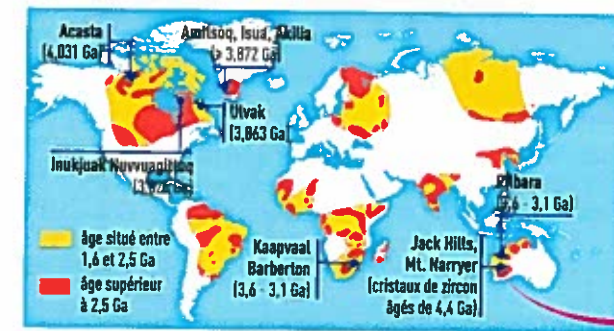
Géochronomètre Isotope père → Isotope fils	Demi-vie $t_{1/2}$ (en années)	Remarques
$^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$	5 730	S'utilise sur des fossiles.
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	$1,25 \times 10^9$	Difficile à utiliser sur des roches magmatiques refroidies en profondeur.
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$	$0,7 \times 10^9$	S'utilise sur des minerais d'uranium et des zircons.
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$	$4,47 \times 10^9$	
$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$	$14 \times 10^9$	
$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$	$48,8 \times 10^9$	S'utilise sur des roches magmatiques.
$^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$	$106 \times 10^9$	S'utilise sur des roches anciennes continentales.

\* Les différents géochronomètres utiles en géologie.

DOC 4

## Les plus vieilles roches formées sur Terre

Les roches continentales sont soumises à l'érosion, ce qui laisse peu de chances de découvrir des roches s'étant formées en même temps que la Terre. Les recherches se portent au niveau des cratons, des régions continentales reconnues comme étant très stables et relativement préservées par l'érosion.



Ce zircon, découvert dans la région des Jack Hills, est âgé de 4,4 Ga.



■ Répartition géographique des plus anciennes roches terrestres connues.

Pistes de travail

**Pour comprendre les progrès réalisés au début du  $XX^e$  siècle dans l'estimation de l'âge de la Terre :**

- Expliquer en quoi la découverte de la radioactivité invalide les travaux de Kelvin (DOC. 1).
- Indiquer l'apport majeur des méthodes radiochronologiques dans l'estimation de l'âge de la Terre (DOC. 2).
- Proposer les géochronomètres les plus adaptés à la datation de la Terre (DOC. 3).
- Présenter les difficultés rencontrées par les géologues pour dater l'âge de la Terre à partir des échantillons terrestres (DOC. 3 ET 4).

\* Lexique > p. 301

Des clés pour réussir

- Revoir le chapitre 1 de la partie 1 : « Un niveau d'organisation : les éléments chimiques ».
- Revoir le principe de la datation au carbone 14 (p. 21).