



THÈME : LA TERRE, UN ASTRE SINGULIER
Chapitre : L'histoire de l'âge de la Terre

2
1 ES

L'âge de la Terre par radiochronologie

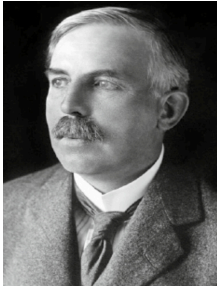
➤ **Objectif** Déterminer l'âge de la Terre en datant les météorites par désintégration radioactive.

➤ Compétence et capacité travaillée	Fragile	Intermédiaire	Avancé	Expert
PRATIQUER DES DÉMARCHES SCIENTIFIQUES	1 critère sur 3	2 critères sur 3	3 critères sur 3 (avec aide)	3 critères sur 3 (sans aide)
3. Raisonner, argumenter conclure en exerçant des démarches scientifiques et un sens critique	<ul style="list-style-type: none"> - Des faits (informations / connaissances) sont identifiés mais n'ont pas été transformés en arguments. - Réponse explicative absente ou incohérente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quelques arguments sont construits à partir des faits (informations / connaissances). - Absence de réponse ou réponse non cohérente avec le problème posé. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des arguments sont construits à partir des faits (informations / connaissances). - Réponse explicative cohérente avec le problème posé.. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suffisamment d'arguments sont construits à partir des faits (informations / connaissances), pour répondre à la question posée. - Réponse explicative cohérente avec le problème scientifique et complète.

Mise en situation : La découverte de la radioactivité en 1896 par Henri Becquerel puis la formulation en 1903 par Ernest Rutherford de la loi de décroissance radioactive permettent à la communauté scientifique d'accéder à des nouvelles méthodes de datation des roches appelé radiochronologie.

Question scientifique : Comment la radiochronologie permet-elle de dater la Terre ?

PARTIE 1: LA RADIOCHRONOLOGIE DES ROCHES TERRESTRES



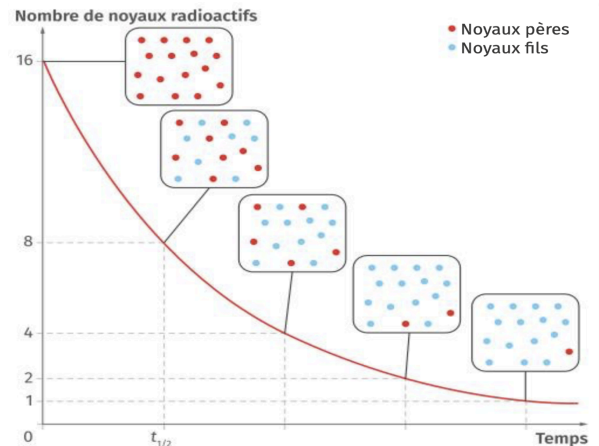
En 1904, Ernest Rutherford découvre que certains atomes radioactifs se désintègrent au cours du temps et que leur désintégration s'accompagne d'un rayonnement et d'un dégagement de chaleur. Voici comment Rutherford annonça sa découverte lors d'une conférence sur le radium : " Lord Kelvin a donné une 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 ! Kelvin me gratifia d'un sourire. "

Document 1 : La radioactivité du radium invalide la théorie de Kelvin.

1. Expliquer en quoi la découverte de la radioactivité invalide les travaux de Kelvin.

Au cours du temps, les noyaux pères se désintègrent : ils sont dits radioactifs. Les noyaux fils formés par désintégration de noyaux pères sont dits radiogéniques. Le nombre de noyaux pères diminue selon une loi exponentielle. La demie-vie $t_{1/2}$ correspond à la durée écoulée lorsque la moitié des noyaux pères est désintégrée. Comme la désintégration ne dépend que du temps et de la quantité initiale d'éléments père, ce phénomène peut être ainsi utilisé comme une horloge.

Document 2 : Le principe de la radiochronologie.

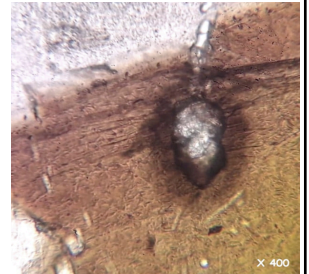


Géochronomètre Isotope père → Isotope fils	Demi-vie $t_{1/2}$ (en années)	Remarques
$^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N}$	5 730	S'utilise sur des fossiles.
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	$1,25 \times 10^9$	Difficile à utiliser sur des roches magmatiques refroidies en profondeur.
$^{235}\text{U}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

Les roches contiennent naturellement des isotopes radioactifs tels que ceux présentés dans le tableau ci-contre. Ces géochronomètres ne peuvent être utilisés que sur des roches ayant conservé depuis leur formation l'ensemble des isotopes étudiés.

Document 3 : Les différents géochronomètres

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. Cependant, certains minéraux présents dans les roches comme les zircons sont particulièrement résistants, susceptibles d'endurer de nombreux cycles d'érosion et de transport. Ceux des roches des Jack Hills, en Australie, se seraient formés au sein de granites continentaux peu de temps après la formation de la Terre.



Document 4 : Cristal de zircon dans une biotite (microscope polarisant).

2. Après avoir identifié un minéral de zircon sur votre lame de granite, expliquer pourquoi le zircon est utilisé pour estimer l'âge de la Terre.

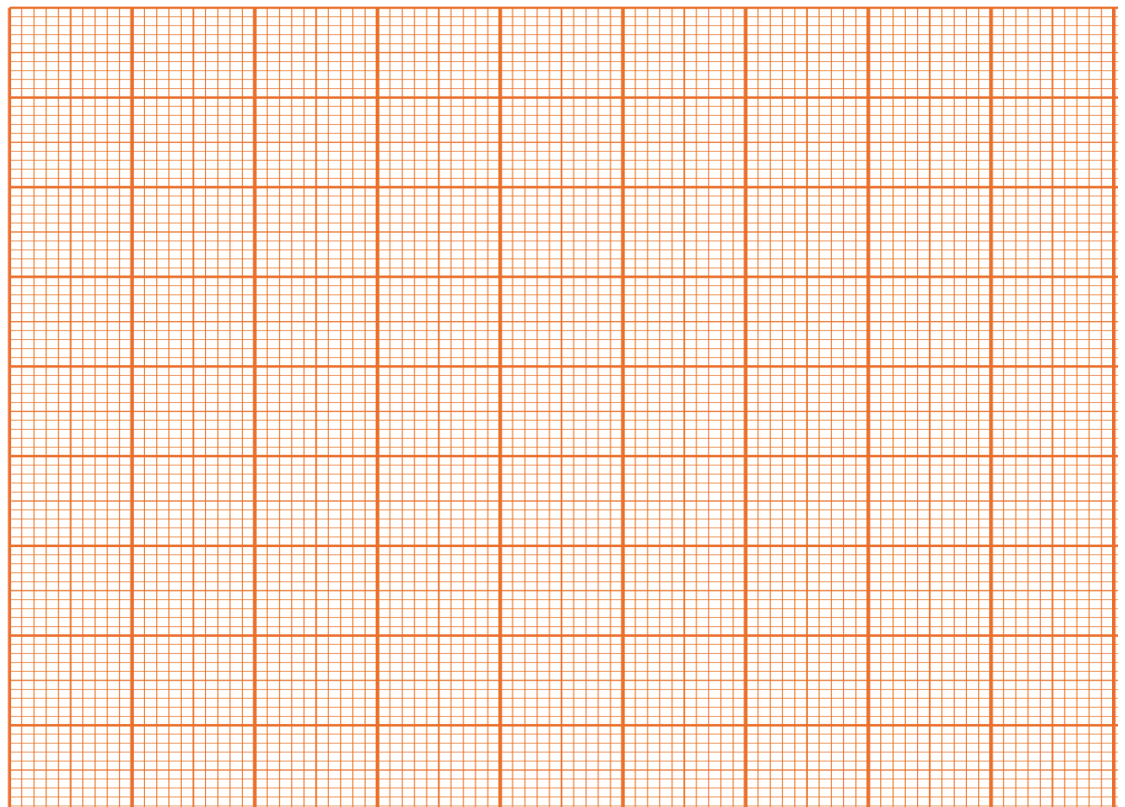
Les zircons sont des minéraux dénués de plomb au moment de leur formation. La quantité actuelle de plomb mesurée est égale à la quantité d'uranium désintégré : on en déduit donc le temps qu'il a fallu, donc l'âge de la roche.

Graphiquement, il est possible de construire une courbe théorique qui exprime l'évolution du rapport entre les quantités de ^{206}Pb et ^{238}U ou en fonction de l'âge de la roche.

Document 5 : Principe de la datation des zircons de Jack Hills (Australie)

Âge (en Ga)	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$
1	0,2
3	0,6
4	0,85
6	1,5

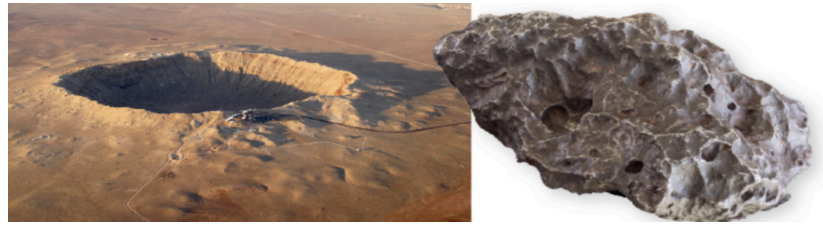
Les premières analyse radiogénique sur les zircons ont eu lieu à Canberra en 1986 et donne un rapport isotopique $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ de **0,965**.



3. À partir du tableau de données, estimer par lecture graphique l'âge de la Terre.

PARTIE 2 : LA RADIOCHRONOLOGIE DES ROCHES EXTRATERRESTRES

Parfois, des fragments d'astéroïdes entrent dans l'atmosphère terrestre et s'écrasent sur le sol : on les appelle alors « météorites ». Pour la plupart, ils proviennent de la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter.



Comme tous les objets du Système Solaire, ils se sont formés par accrétion à partir du nuage de gaz et de poussières en rotation autour de notre étoile en formation. Contrairement aux planètes, les astéroïdes n'ont plus connu de changements géologiques depuis leur formation.

Document 6 : L'origine des météorites.

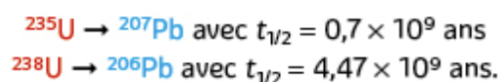
	Croûte		Manteau	Noyau ⁽¹⁾	Terre globale	Chondrite
	continentale	océanique				
Masse	≈ 1	≈ 0,3	≈ 65	≈ 33		
SiO ₂	≈ 65	≈ 50	≈ 45	0	≈ 31	≈ 35
Fe + FeS	0	0	0	≈ 80	≈ 26,4	≈ 32
FeO	≈ 4	≈ 11	≈ 10	0	≈ 6,6	
MgO	≈ 3	≈ 12	≈ 36	0	≈ 24	≈ 22
Al ₂ O ₃	≈ 15	≈ 14	≈ 3,5	0	≈ 2,5	≈ 2
CaO	≈ 5	≈ 9	≈ 3	0	≈ 2	≈ 1
Na ₂ O + K ₂ O	≈ 6	≈ 2,5	≈ 0,3	0	≈ 0,3	≈ 0,7

Les chondrites sont des météorites qui présentent des petites billes rocheuses appelées chondres. Le tableau compare leur composition chimique à celle de la Terre.

Document 7 : Composition chimique de la Terre et des chondrites. Valeurs exprimées en % de la masse totale.

4. Rechercher des arguments justifiant l'étude des chondrites pour déterminer l'âge de la Terre.

En 1955, Clair Patterson, un géochimiste, applique la méthode Plomb-Plomb sur cinq météorites. Cette méthode exploite les deux géochronomètres suivants :



En partant des équations de désintégration radioactive pour chacun de ces deux systèmes, on peut montrer que la valeur du rapport isotopique ($^{206}\text{Pb} / ^{207}\text{Pb}$) radiogénique donne une estimation directe du temps de la roche. Il complète son analyse avec celle de sédiments océaniques dont il considère que les teneurs en plomb reflètent celle de la Terre. Les résultats de ses mesures sont présentés dans le tableau suivant :

Objets étudiés	Météorite Henbury, sidérite (Australie)	Météorite CanyonDiablo, sidérite (Arizona, USA)	Météorite Nuevo Laredo, achondrite (Nouveau Mexique, USA)	Météorite Forest City, chondrite (Iowa, USA)	Météorite Modoc, chondrite (Kansas, USA)	Certains minéraux de sédiments marins Terre
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	9,55	9,46	50,28	19,27	19,48	19,00
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	10,38	10,34	34,86	15,95	15,76	15,80

Document 8 : Rapports isotopiques mesurés sur les échantillons.

5. Réaliser le protocole expérimental pour dater l'âge de la Terre à partir des météorites.