

La datation des météorites

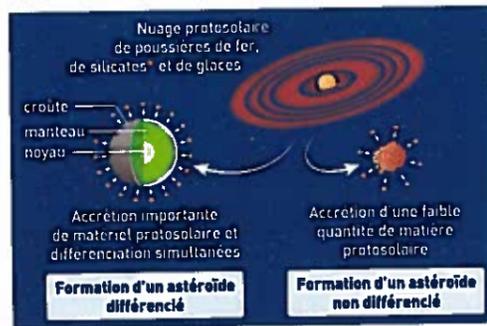
La radiochronologie constitue un outil de datation fiable, mais il est difficile de retrouver les premières roches formées sur Terre. Dans la seconde moitié du XX^e siècle, les chercheurs se tournent vers les météorites pour enfin obtenir l'âge de la Terre.

Comment dater la Terre à partir de météorites ?

DOC 1

L'origine des météorites

Parfois, des fragments d'astéroïdes entrent dans l'atmosphère terrestre et s'écrasent sur le sol : on les appelle alors « météorites ». Pour la plupart, ces fragments proviennent de la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter. Comme tous les objets du Système solaire, ils se sont formés par accréation* à partir du nuage de gaz et de poussières en rotation autour de notre étoile en formation (a). Contrairement aux planètes, ces astéroïdes n'ont plus connu de changements géologiques depuis leur formation.



a Formation et différenciation des astéroïdes.



b Une sidérite de 50 mètres de diamètre est à l'origine de ce cratère formé il y a 50 000 ans (Meteor Crater, Arizona, États-Unis). Ci-dessus, un fragment du bolide.

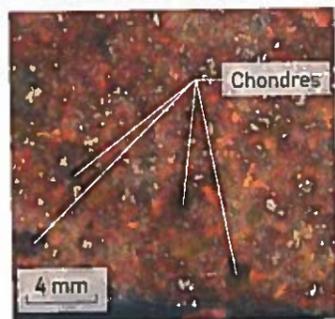
On distingue plusieurs catégories de météorites selon le type d'astéroïde dont elles sont issues :

- les chondrites sont issues d'astéroïdes non différenciés ;
- les achondrites sont issues du manteau ou de la croûte d'astéroïdes différenciés alors que les sidérites (a) sont issues de leur noyau.

DOC 2

La composition chimique des météorites et de la Terre

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



a Une chondrite.

	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 %

(1) Le noyau comporte également environ 20 % de Ni, de Si et d'O.

b Composition chimique de la Terre et des chondrites.

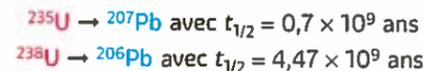
DOC 3

Patterson donne un âge aux météorites et à la Terre



a Clair Patterson (1922-1995).

En 1955, Clair Patterson (a), un géochimiste, applique la méthode plomb-plomb développée par Nier (b) sur cinq météorites. Cette méthode exploite les deux géochronomètres suivants :



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 (c).

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 Pb/ ²⁰⁴ Pb	9,55	9,46	50,28	19,27	19,48	19,00
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	10,38	10,34	34,86	15,95	15,76	15,80

b Rapports isotopiques mesurés sur les échantillons de Patterson.

Comment dater une roche ? On mesure, pour quelques-uns de ses minéraux, les concentrations actuelles en ²⁰⁴Pb (isotope stable), ²⁰⁶Pb et ²⁰⁷Pb. Les rapports ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb et ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb de chaque minéral sont les coordonnées d'un point dans le graphique ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb en fonction de ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb. La quantité de plomb radiogénique (²⁰⁶Pb et ²⁰⁷Pb) dépend de la quantité initiale d'uranium enfermée dans chacun des minéraux. Cette quantité étant variable d'un minéral à l'autre, on obtient un ensemble de points.

Le physicien Alfred Nier montre, à l'aide des lois de la radioactivité, que si les échantillons ont le même âge, alors ces différents points se regroupent sur une droite, d'équation $Y = aX + b$. Cette droite est appelée « isochrone », car elle relie tous les points représentatifs des échantillons ayant le même âge. Or le coefficient directeur de la droite isochrone (noté a) dépend de l'âge de la roche (voir graphique ci-contre). Dans le cas de la détermination de l'âge de la Terre, la droite obtenue s'appelle une géochrone (du grec *géo*, « Terre » et *chronos*, « temps ») parce que tous les points de cette droite correspondent à des échantillons du même âge : l'âge de la Terre.



c La méthode plomb-plomb appliquée au cas de la Terre et des météorites.

Pistes de travail

Pour comprendre comment l'étude des météorites a permis de préciser l'âge de la Terre :

- 1 Rechercher les arguments justifiant l'étude des météorites pour la détermination de l'âge de la Terre (DOC. 1 ET 2).
- 2 Démontrer que les échantillons choisis par Patterson sont du même âge (DOC. 3).
- 3 Donner une estimation de l'âge de la Terre (DOC. 3).

* Lexique > p. 301

Des clés pour réussir

- Tracer un graphique à partir des données du DOC. 3B.
- La pente d'une droite se calcule à partir des coordonnées de deux points A et B, et vaut $(Y_B - Y_A) / (X_B - X_A)$.