

L'histoire géologique des chondrites

Comme le souligne Alan Rubin, les météorites sont des objets fascinants. Ils permettent aux planétologues de toucher au quotidien un monde qui peut paraître éloigné et abstrait. En particulier, les chondrites, morceaux d'astéroïdes formés il y a 4,567 milliards d'années et peu modifiés depuis, sont une fenêtre sur la naissance et les premiers instants du Système solaire. Mais le message qu'elles nous délivrent est parfois complexe à déchiffrer.

En effet, certaines chondrites ont connu des modifications lors de l'histoire géologique des astéroïdes. La décroissance radioactive d'éléments tel l'aluminium 26 a abouti à des températures de quelques dizaines ou cen-

taines de degrés Celsius pendant plusieurs milliers d'années. Cet épisode thermique a pu, par exemple, modifier la composition de la matière carbonée et des minéraux, mais aussi estomper le contour des chondres. De la glace d'eau était initialement présente au sein de certains astéroïdes. Sous l'effet de la température, elle a fondu quelques millions d'années après l'accrétion des astéroïdes. Les fluides aqueux résultants ont alors interagi avec la roche, aboutissant notamment à la production de phases minérales hydratées (par exemple des phyllosilicates ou des carbonates). Ces épisodes d'altérations aqueuse et thermique ont ainsi plus ou moins modifié la composition chimique, la pétrogra-

phie et la minéralogie initiales des chondrites : ils brouillent les pistes !

Les chondrites sont au cœur de nombreux débats, concernant notamment l'origine de la matière carbonée et de l'eau qu'elles contiennent, les implications potentielles pour la planète Terre, les liens entre astéroïdes et comètes, et entre le Système solaire et le milieu interstellaire environnant. Il est donc indispensable d'étudier l'histoire géologique des astéroïdes avant de pouvoir interpréter les caractéristiques actuelles des chondrites en termes de propriétés de la nébuleuse solaire.

De nouvelles météorites, telles Tagish Lake, Paris, Sutter's Mill, ont intégré nos collections. Aucune ne satis-

fait les caractéristiques des groupes jusqu'à maintenant définis et décrits par Alan Rubin. Nous attendons beaucoup de l'étude de ces objets particuliers, mais aussi des futurs échantillons d'astéroïdes rapportés sur Terre par des missions spatiales telles Hayabusa-2, OSIRIS-REx, et des futures météorites collectées lors des campagnes annuelles organisées par la NASA en Antarctique par exemple. Nous espérons découvrir de nouvelles informations sur la formation du Système solaire et sur les astéroïdes peuplant la ceinture située entre Mars et Jupiter.

Lydie Bonal

Observatoire des sciences de l'Univers de Grenoble, IPAG, Université Joseph Fourier, CNRS

Mars, ce qui est nettement plus proche du Soleil que les distances estimées pour les autres groupes de chondrites.

Une deuxième classe, celle des chondrites « ordinaires », comporte trois groupes distincts, mais proches, étiquetés H, L et LL, qui s'identifient par l'abondance de fer qu'elles contiennent et aussi par la forme chimique sous laquelle le fer est présent. Le qualificatif « ordinaire » se rapporte à la prévalence de ces chondrites : elles constituent 74 pour cent des météorites récupérées sur Terre. Ces trois groupes étant surreprésentés, cela indique que les météorites correspondantes viennent d'une région du Système solaire où les forces gravitationnelles sont favorables à leur propulsion vers la Terre.

Propulsion par Jupiter

John Wasson, de l'Université de Californie à Los Angeles, a proposé que les chondrites ordinaires proviennent d'une région légèrement plus proche du Soleil que le centre de la ceinture d'astéroïdes, située entre les orbites de Mars et de Jupiter. Les astéroïdes, situés à 2,5 fois la distance Terre-Soleil (2,5 unités astronomiques), décrivent trois orbites autour du Soleil en 12 ans ; c'est le temps que met Jupiter, à 5,2 unités astronomiques, pour faire une seule révolution. Le rapport entier de ces périodes conduit à un phénomène de résonance qui peut déstabiliser l'orbite des astéroïdes sous l'influence du champ gravitationnel de la planète. Certaines sont alors

dirigées vers la partie interne du Système solaire, où se trouve la Terre.

Les chondrites de Rumuruti (du nom de la localité du Kenya où la seule chute observée s'est produite) forment la troisième classe. Ces chondrites, dites R, sont rares et ressemblent aux chondrites ordinaires par beaucoup de leurs propriétés chimiques. Mais leur matrice est plus abondante, et le rapport de l'oxygène 17 sur l'isotope plus léger, l'oxygène 16, y est supérieur. De hautes températures dans la nébuleuse ont tendance à égaliser les concentrations des différents isotopes. Ainsi, plus un objet se forme loin du Soleil, plus sa composition a des chances de conserver les différences d'abondance isotopiques de l'oxygène. Le déséquilibre mesuré suggère que les chondrites R se seraient formées plus loin du Soleil que les chondrites ordinaires.

Des températures élevées ont aussi pour effet de casser les liaisons moléculaires des composés organiques, qui se trouvent en plus grande concentration dans la quatrième classe, celle des « chondrites carbonées », que dans les autres classes de chondrites. Les chondrites carbonées étaient presque certainement en orbite à des distances encore plus grandes du Soleil que les chondrites R. Les chondrites carbonées elles-mêmes se subdivisent en six groupes principaux, à chacun desquels on peut attribuer une position plus spécifique dans la nébuleuse

Le disque de poussières reconstitué à partir de l'étude des chondrites est très similaire à celui des disques protoplanétaires autour des étoiles T Tauri.