

Les échantillons de roches anciennes présentant une aimantation rémanente permettent d'obtenir des informations sur le champ magnétique présent au moment de son enregistrement dans les minéraux de la roche. L'âge de la roche peut être déterminé par datation radiométrique, ou radiodation. Cette méthode de datation absolue exploite la variation régulière au cours du temps de la proportion de radio-isotopes des éléments (par exemple l'argon, l'uranium ou le thorium) qui contiennent les minéraux d'une roche. Une fois l'âge déterminé, il s'agit de remonter au champ magnétique présent au moment de l'aimantation de la roche. Pour ce faire, l'aimantation rémanente est tout d'abord mesurée avec un magnétomètre de précision. On soumet en-

suite l'échantillon à une succession de désaimantations, par exemple par chauffage, et d'aimantations contrôlées sous champ constant afin de construire un abaque – une courbe de référence – de l'aimantation rémanente en fonction du champ magnétique externe imposé. Le report sur cet abaque de l'aimantation initiale fournit alors une mesure du champ magnétique passé.

Si le principe de la mesure est simple, sa mise en application soulève un grand nombre de difficultés. Il faut en particulier s'affranchir des aimantations parasites de l'environnement pour aboutir à une mesure précise et fiable. En outre, l'échantillon peut résulter d'une histoire géologique complexe ou avoir subi des aimantations successives, par choc ou par chauffage.



NASA/Johnson Space Center photograph S73-19456

Cet échantillon de roche lunaire a été rapporté par la mission *Apollo 17* en 1972. Il a été analysé entre autres par I. Garrick-Bethell et ses collègues en 2009. De façon surprenante, cet échantillon a révélé qu'un champ magnétique intense régnait sur la Lune il y a 4,2 milliards d'années.

■ LES AUTEURS

David CÉBRON est postdoctorant à l'École polytechnique fédérale de Zurich, en Suisse.

Michael LE BARS est chargé de recherche au CNRS à l'Institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre de Marseille.

Mark WIECZOREK est directeur de recherche au CNRS à l'Institut de physique du globe de Paris.

les mouvements fluides pouvant donner lieu à une dynamo, et le moteur de ces écoulements (voir l'encadré page 39).

Ainsi, sur Terre, le champ magnétique global est produit par la convection dite thermosolutale, liée à la fois au refroidissement de la Terre et à la solidification progressive de la partie interne du noyau, la « graine ». Ce champ est surtout dipolaire, avec des pôles magnétiques Nord et Sud reliés par des lignes de champ selon lesquelles s'alignent les boussoles, par exemple. Mais il présente aussi des fluctuations spatiales et temporelles : il peut parfois s'inverser, le pôle Nord magnétique devenant le pôle Sud, et inversement. La première preuve de l'origine convective de la dynamo terrestre et des renversements associés du champ magnétique a été apportée en 1995 par les simulations numériques des géophysiciens américains Gary Glatzmaier et Paul Roberts. Leur étude a ouvert la voie à de nombreux travaux et modèles de plus en plus élaborés, qui cherchent à reproduire les particularités du champ terrestre ou à expliquer, par un même mécanisme de dynamo convective, les champs magnétiques actuels de Mercure et de Ganymède (une lune de Jupiter), ou ceux de Mars et de la Lune, aujourd'hui disparus.

L'une des particularités de ce mécanisme est le renversement du champ magnétique. Certains minéraux ferromagnétiques, présents au sein des roches terrestres, mettent en évidence ce phénomène. Ces matériaux s'aimantent dans le sens du champ magnétique ambiant et conservent cette aimanta-

tion même après la disparition du champ extérieur. On parle d'aimantation rémanente. Ces aimants permanents peuvent acquérir leur aimantation de différentes façons : sur Terre, la plus commune est l'aimantation thermorémanente, acquise lors du refroidissement après un chauffage intense. Une partie du champ magnétique ambiant est enregistrée dans la roche lorsque la température de celle-ci redescend au-dessous d'un certain seuil, la température de Curie.

La roche : témoin d'un champ magnétique

Ce phénomène est à l'origine de l'aimantation des roches volcaniques sur les flancs des volcans ou au niveau des dorsales océaniques. D'ailleurs, en 1963, Lawrence Morley, Frederick Vine et Drummond Matthews ont utilisé l'alternance d'orientation du champ rémanent des roches du plancher océanique atlantique – associé au renversement des pôles – et leur symétrie par rapport à l'axe de la dorsale pour prouver le phénomène d'expansion océanique, un élément clef dans le modèle de la tectonique des plaques.

L'aimantation rémanente est aussi utile en archéologie. Les matériaux ferromagnétiques contenus dans les argiles travaillées au feu (céramiques, fours, etc.) enregistrent l'orientation du champ magnétique lors de leur dernier chauffage. En mesurant ce champ rémanent, on parvient alors à dater ces vestiges.

À l'échelle d'une planète, les roches réparties à sa surface et présentant une