

**L**es missions *Apollo* sont bien connues pour avoir introduit l'humanité sur la Lune. Cependant, leur apport scientifique le plus significatif consiste en 382 kilogrammes de pierres et de régolite, la couche de poussière et de débris créée par les incessants impacts météoritiques sur la surface lunaire. Ce que nous ont apporté ces échantillons de roche et de poussière est incomparable. Ils ont permis de jeter les bases de la planétologie moderne et ils nous ont donné un aperçu crucial sur les processus géologiques à l'œuvre sur tous les corps planétaires.

Je suis née trop tard pour assister à la mission *Apollo 11*, lors de laquelle des hommes ont foulé la Lune pour la première fois, mais les échantillons de roche rapportés des six missions incluant un alunissage ont directement influencé ma carrière de planétologue. Ainsi, pour mener des recherches sur les dépôts des explosions volcaniques à la surface lunaire, j'ai exploité des données obtenues sur des échantillons prélevés directement sur la surface lunaire lors des missions *Apollo 15* et *17*. Et d'autres résultats ont été recueillis par des sondes en orbite autour de la Lune, construites et lancées grâce aux connaissances scientifiques et techniques acquises pendant le programme *Apollo*.

## 8 000 ÉCHANTILLONS LUNAIRES EN COURS D'ANALYSE

Du reste, Ryan Zeigler, le conservateur des échantillons *Apollo* de la Nasa, explique qu'au cours des 50 dernières années, plus de 500 chercheurs de plus de 15 pays ont demandé, à 3190 reprises, des échantillons lunaires. Au fil des décennies, confie-t-il, l'agence a distribué plus de 50 000 échantillons lunaires; actuellement, 145 astronomes, biologistes, chimistes, physiciens du solide ou encore géologues étudient plus de 8 000 échantillons. Pour impressionnant que soient ces chiffres, les résultats qu'ils ont apportés le sont encore davantage: les roches lunaires ont bouleversé notre vision de la surface de la Lune, de son origine et de l'évolution du Système solaire.

Avant l'envoi d'engins spatiaux et d'astronautes, nos connaissances sur la Lune étaient spéculatives et limitées aux observations possibles depuis la Terre. Elles suggéraient un très grand âge de la surface lunaire, puisque, manifestement, des cratères d'impact s'y étaient accumulés pendant des milliards d'années. Une hypothèse que les géochimistes purent confirmer quand les premiers astronautes sont revenus de notre satellite: grâce aux isotopes (des versions d'atomes d'un même élément chimique différant par le nombre des neutrons) se désintégrant à diverses échelles de

temps présents dans les roches lunaires, ils prouvèrent que celles rapportées de la Lune étaient bien plus anciennes que la plupart des roches terrestres: leurs âges varient entre 3 à 4,5 milliards d'années.

Les planétologues établirent alors un lien, qui influa sur toutes les recherches ultérieures relatives à la Lune et aux autres corps planétaires: ils comparèrent les premiers âges mesurés, ceux des échantillons rapportés du site d'alunissage d'*Apollo 11*, avec le nombre de cratères d'impact des environs de l'endroit où chacun avait été recueilli. Ils utilisèrent les données ainsi produites pour modéliser l'accumulation des cratères à la surface de la Lune. Le modèle obtenu fait des sites d'échantillonnage d'*Apollo* une sorte de pierre de Rosette de la planétologie, qui fournit une méthode d'estimation de l'âge de n'importe quel endroit de la Lune, voire d'autres corps planétaires.

Vieux d'environ 4,5 milliards d'années, le plus ancien échantillon a essentiellement le même âge que la Lune elle-même. La plupart des roches terrestres ont en revanche bien moins de 4 milliards d'années, car sur Terre la tectonique des plaques recycle en permanence la croûte de notre planète. Ce n'est pas le cas sur la Lune, de sorte que les roches lunaires nous renseignent sur les roches des débuts du Système solaire. Il se pourrait même qu'elles nous renseignent sur la Terre jeune.

En mars dernier, des chercheurs ont ainsi publié l'analyse d'une brèche rapportée par *Apollo 14*, c'est-à-dire de l'un de ces conglomérats de débris divers de roche soudés entre eux par quelque liant. Ils avancent que l'un des composants de cette brèche pourrait être d'origine terrestre: il s'agirait d'une roche éjectée de la Terre il y a quelque 4 milliards d'années. Cette météorite d'origine terrestre serait tombée sur la Lune où, plusieurs milliards d'années plus tard, l'astronaute Alan Shepard l'a ramassée et ramenée sur Terre.

Avant les missions *Apollo*, les chercheurs spéculaient sur la formation de la Lune et



**Selon la théorie actuelle, la Lune s'est formée à la suite d'une collision géante avec la Terre**



Ces quatre échantillons ont été prélevés lors des missions *Apollo 15* (près du Mont Hadley dans les Monts Apennins au sud-ouest de la mer des Pluies), *Apollo 16* (sur un haut plateau lunaire région du cratère Descartes) et *Apollo 17* (dans la vallée Taurus-Littrow, dans une région de hauts plateaux lunaires). Ces trois missions ont été les dernières au cours desquelles des astronautes ont foulé le sol de la Lune.

d'autres satellites planétaires. Certains pensaient que la Terre avait capturé un corps passant à proximité; d'autres, que la jeune Terre tournait si vite qu'une sorte d'énorme «goutte de roche» s'en serait détachée; d'autres encore, que la Terre et la Lune se seraient formées simultanément et en même temps que toutes les planètes du Système solaire à partir du «disque protoplanétaire» originel. Les missions *Apollo* nous ont fait basculer vers de nouvelles conceptions.

## LE MODÈLE D'IMPACT GÉANT ET SES FONDEMENTS

Aujourd'hui, la théorie de l'origine de la Lune la mieux acceptée est celle de sa formation à la suite d'un impact géant. Dans cette conception fondée sur les indices recueillis lors du programme *Apollo*, un corps de la taille de Mars, nommé Théia, aurait percuté la Terre il y a quelque 4,5 milliards d'années. Le choc l'aurait fragmenté et aurait éjecté dans l'espace une partie de la croûte et du manteau terrestre (on nomme ainsi les quelque 3600 kilomètres sous la croûte). Les matériaux éjectés se seraient ensuite agglomérés aux restes de Théia, avant de se refroidir pour former notre satellite.

Ce modèle se nourrit de plusieurs faits constatés sur les échantillons lunaires d'*Apollo* ou pendant les expériences de surface réalisées pendant les missions. Passons en revue les principaux d'entre eux.

**PEU DE FER.** La Lune contient étonnamment peu de fer. Les expériences de géophysique de surface menées durant les missions *Apollo* ont montré que, par rapport aux planètes

telluriques (Mars, la Terre et Vénus, soit les planètes de roches et de métaux), le noyau de la Lune ne représente qu'une petite partie de son volume: son rayon n'est que de l'ordre de 25% seulement de son rayon total (sur la Terre et Mars, de l'ordre de 50%). Ce manque relatif de fer suggère que lors du grand impact, la Terre avait déjà constitué son propre noyau de fer, de sorte qu'il n'est resté que peu de ce métal lorsque la Lune s'est formée.

**FORTE SÉCHERESSE.** Les échantillons lunaires rapportés par *Apollo* sont extrêmement secs et presque totalement dénués de molécules s'évaporant facilement comme l'eau, le dioxyde de carbone, l'azote ou encore l'hydrogène. Les planétologues expliquent ce fait en avançant que l'énorme quantité d'énergie et de chaleur libérée par l'impact géant aurait chassé les composés volatils des fragments de la proto-Lune.

**UN OCÉAN DE MAGMA.** L'une des idées les plus fortes provenant des échantillons lunaires est l'idée qu'il y avait un océan de magma sur la Lune à ses débuts. Des échantillons d'*Apollo 11* montrent que les hautes terres lunaires (les régions visibles de couleur claire qui se distinguent nettement des basses terres sombres constituant les «mers» lunaires) contiennent de fortes concentrations de plagioclase, c'est-à-dire du constituant majeur des roches magmatiques. La texture des roches des hautes terres suggère qu'elles se sont formées à partir d'un grand volume de roche en fusion: lors de son refroidissement, les cristaux de plagioclase, relativement légers, ont migré vers le haut par flottaison. Comme on avait trouvé en d'autres endroits des roches similaires au cours de missions robotisées antérieures et que les hautes terres lunaires sont très étendues, la couche de magma a dû couvrir la plus grande partie ou la totalité de la Lune. Dès 1970, quelque six mois seulement ➤