

Astéroïdes et comètes : des tas de cailloux

ERIK ASPHAUG

Les astéroïdes menacent la Terre, mais ils détiennent des informations précieuses sur l'origine des planètes.

Au début de la conquête spatiale, personne n'avait entendu parler des astéroïdes. Les astronomes connaissaient mal ces petits corps célestes. Aujourd'hui, on commence tout juste à comprendre de quoi ils sont faits et comment ils se sont formés. Cependant, leur comportement reste énigmatique.

Bien qu'aucune sonde n'ait observé un astéroïde de près, on pense que les plus gros sont des versions miniatures et cabossées de la Lune. La pesanteur y est réduite : quand le diamètre est inférieur à quelques dizaines de kilomètres, elle est trop faible pour leur donner une forme sphérique, et ils ressemblent alors à un haricot sec, à une molaire, à une cacahuète... En raison de cette irrégularité, les objets peuvent même être attirés vers d'autres directions que celle du centre de masse. De surcroît, leur rotation parfois complexe contribue à produire des effets contraires à l'expérience quotidienne : sur certains astéroïdes, le bas n'est plus le bas, on y «tomberait» parfois vers le sommet d'une montagne, et des sauts trop vigoureux conduiraient soit dans l'espace infini, soit sur une orbite chaotique qui, après plusieurs jours, ramène en un endroit complètement imprévisible de la surface. Un caillou que l'on jette devant soi peut retomber sur la tête. Un petit saut conduit parfois à 100 mètres de la position initiale, voire modifie la forme de l'astéroïde. Le plus discret des visiteurs laisserait sur son passage un nuage de poussière qui subsisterait pendant plusieurs jours, voire plusieurs semaines.

Des sondes spatiales, telle NEAR (*Near Earth Asteroid Rendezvous*, soit «rendez-vous avec un astéroïde proche

de la Terre»), mise en orbite autour d'un astéroïde, améliorent notre compréhension de ces objets déroutants. Toutefois, malgré quelques observations lors du passage occasionnel de tels objets à proximité de la Terre, nous connaissons moins bien les astéroïdes (et les comètes, leurs cousines) que nous ne connaissons la Lune à l'aube de l'exploration spatiale. Ces petits corps sont le théâtre d'interactions subtiles entre des forces mineures, dont aucune n'est négligeable ni facile à simuler sur la Terre. Sont-ils solides ou constitués de cailloux agglomérés? Quelle est leur composition? Comment survivent-ils aux collisions avec les autres corps de petite taille? Une sonde ou un astronaute pourraient-ils s'y poser?

Des gâteaux mal cuits

À la fin des années 1980, les astéroïdes n'étaient encore que des points lumineux (environ un millier) formant une ceinture entre Mars et Jupiter ; on en connaissait quelques-uns plus près de la Terre et l'on savait leur parenté avec les comètes, venues des confins du Système solaire. Comme leur couleur et leur luminosité variaient périodiquement, on avait déduit que ces corps avaient des formes irrégulières et une taille comprise entre celle d'une maison et celle d'un pays, avec une période de quelques heures à quelques jours.

Les analyses et observations des dernières décennies ont précisé les idées. En général, les astéroïdes proches de Mars et de la Terre sont faits de roches et de fer, tandis que les astéroïdes proches de Jupiter, sombres et rouges, semblent avoir une composition plus «primitive», c'est-à-dire ana-

logue à celle de la nébuleuse à partir de laquelle les planètes se sont formées, il y a 4,56 milliards d'années. La date de cette coalescence des planètes, naguère incertaine, a été précisée par l'analyse des isotopes du plomb (les produits de la désintégration radioactive de l'uranium) dans les plus vieilles météorites. En fait, on a longtemps pensé que ces roches tombées du ciel étaient des fragments d'astéroïdes ; la comparaison du spectre lumineux émis par les météorites et les astéroïdes a confirmé cette intuition.

De ce fait, de nombreux astronomes ont pensé que l'on éluciderait l'histoire du Système solaire si l'on observait les astéroïdes au télescope et si l'on analysait les météorites. La mise en œuvre de ce programme a été difficile, mais elle a conduit à une théorie bien acceptée de l'histoire du Soleil et de son cortège de corps. La formation des planètes à partir d'une nébuleuse de gaz et de poussières a commencé avec l'aggrégation de grains minuscules en «planétésimaux», les briques élémentaires des planètes. Au-delà de Mars, l'attraction exercée par Jupiter a bloqué la croissance de ces corps, dont le diamètre est resté inférieur à 1 000 kilomètres. Les fragments qui ne se sont pas agglomérés sont devenus les astéroïdes.

Les plus grosses de ces planètes «ratées» ont accumulé suffisamment de chaleur interne pour se «différencier» : les métaux, plus denses que les roches, ont été attirés vers l'intérieur, formant peut-être un noyau, dans certains cas. Des roches ont fondu, et des éruptions volcaniques se sont produites sur certains corps. Aucun astéroïde n'est assez gros pour retenir une atmosphère, mais les minéraux



1. AVEC SON GROS CRATÈRE (*en bas*), l'astéroïde Éros mesure 33 kilomètres de longueur. Sur la face opposée, la dépression en forme de selle de cheval (*en haut, à gauche*) présente de nombreuses marques

inexpliquées. Grâce à des images comme celles-ci, les astéroïdes, qui étaient autrefois des points lumineux mystérieux, sont aujourd'hui des mondes que l'on explore.

hydratés de certaines météorites révèlent qu'ils ont porté de l'eau liquide.

Puis Jupiter perturba les trajectoires des planétésimaux, modifiant à la fois l'ellipticité et l'orientation du grand axe

de l'orbite ; les collisions entre planétésimaux sont devenues de plus en plus violentes, de sorte que ces corps ont cessé de grossir (ils perdaient des morceaux ou volaient en éclats). Souvent,

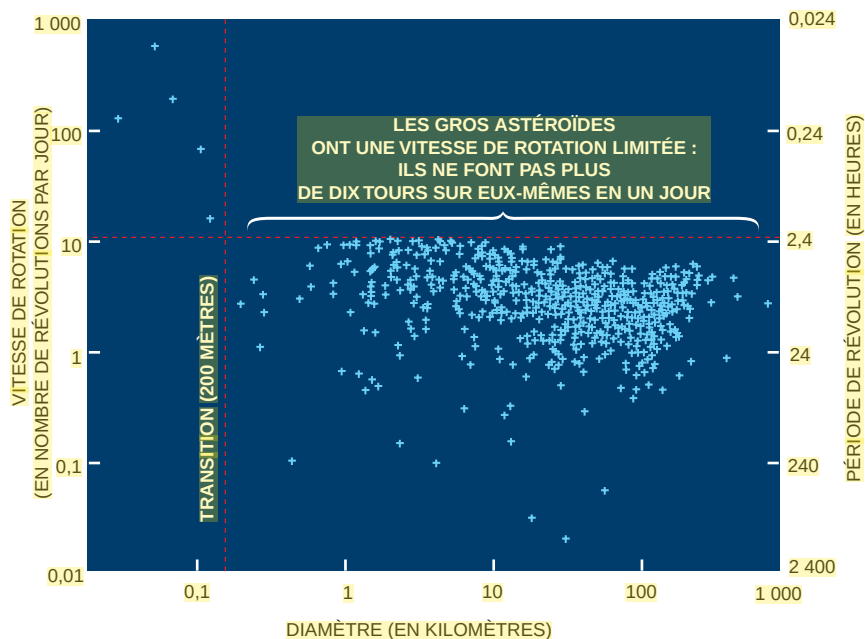
les débris ont continué à tourner autour du Soleil, formant des familles aux orbites voisines et aux spectres semblables. La plupart des astéroïdes et des météorites sont des morceaux rocheux ou métalliques de planétésimaux disloqués. D'autres – la plupart des comètes – sont des corps plus primitifs, qui ne se sont jamais différenciés, des reliques de la préhistoire des planètes.

Le ciel nous tombe sur la tête

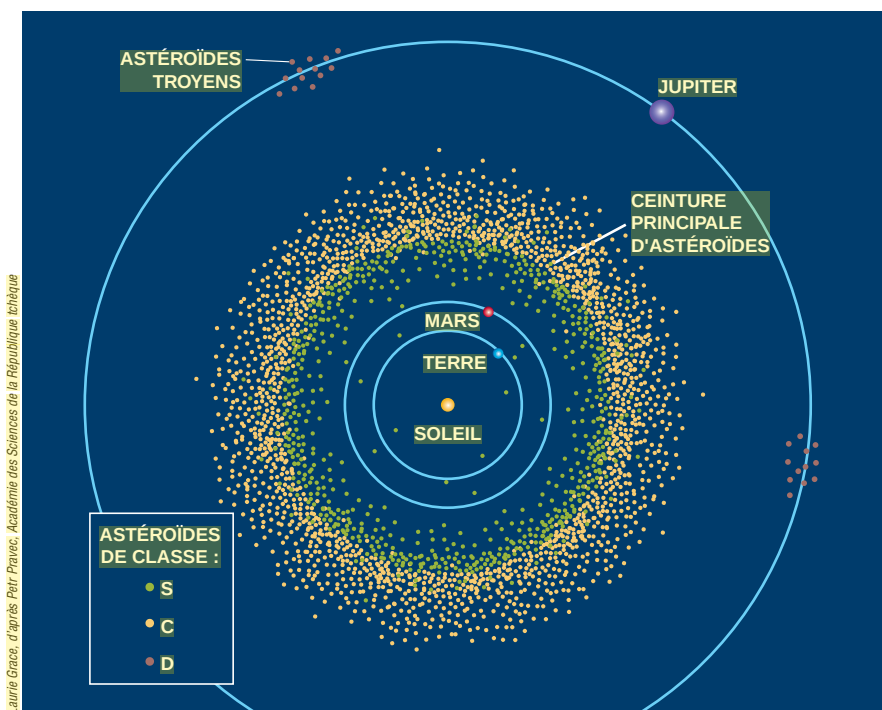
Il y a dix ans seulement, la spectroscopie des astéroïdes avait progressé, mais les astronomes n'avaient encore aucune image détaillée d'un astéroïde. Les premiers de ceux qui avaient été découverts, au début du XIX^e siècle, avaient reçu des noms mythologiques, conformément à la tradition astronomique, mais le panthéon est rapidement devenu insuffisant : quand on a commencé à repérer les astéroïdes en grand nombre, on a dû se rabattre sur les noms de leurs découvreurs, puis sur ceux de leurs femmes, bienfaiteurs, collègues... Oubliés pendant presque un siècle, ils passionnent aujourd'hui, car les sondes spatiales nous en ont rapporté des images : ils apparaissent non plus comme de faibles scintillements dans le ciel, mais comme des objets aux reliefs stupéfiants.

Cette renaissance est due en partie à Daniel Goldin, administrateur de la NASA, qui a voulu faire «plus vite, mieux, moins cher». Quelle aubaine pour les spécialistes des astéroïdes : ces corps sont plus accessibles que les planètes majeures du Système solaire. De surcroît, les planétologues et les paléontologues se sont beaucoup intéressés aux astéroïdes, car l'un d'entre eux semble avoir exterminé les dinosaures, il y a 65 millions d'années (voir *Un impact d'origine extraterrestre?*, par Walter Alvarez et Frank Asaro, *Pour la Science*, décembre 1990).

Un tel impact se reproduira certainement un jour, mais quand ? Tant que nous n'aurons pas recensé les gros astéroïdes qui frôlent la Terre, nous n'en saurons rien. Quand aux comètes potentiellement dangereuses, nous ne les recenserons jamais toutes non plus, car leur passage dans le Système solaire est extrêmement rare. La probabilité que la chute d'un corps céleste provoque une catastrophe naturelle qui perturbe l'ensemble du Globe, au cours d'une année donnée, reste extrêmement



2. LES ASTÉROÏDES semblent être de deux types. Ceux dont le diamètre est supérieur à 200 mètres, avec une rotation sur eux-mêmes en plus de deux heures, sont des tas de cailloux. Ils se disloqueraient s'ils tournaient plus vite. Les plus petits, qui tournent sur eux-mêmes en quelques minutes, sont des blocs rocheux. Les tas de cailloux étaient probablement des blocs rocheux qui se sont fragmentés lors de collisions et ont de nouveau agrégé une partie de leurs morceaux.



3. LA CEINTURE PRINCIPALE D'ASTÉROÏDES du Système solaire est à l'extérieur de l'orbite de Mars. Quelques astéroïdes solitaires traversent l'orbite de la Terre (qu'ils percutent parfois). D'autres, connus sous le nom d'astéroïdes troyens et répartis en deux groupes, sont en orbite synchrone avec Jupiter. Dans la ceinture principale, les astéroïdes sont essentiellement composés de roches et de fer (les astéroïdes de classe S). Plus loin, des astéroïdes rouges et sombres sont plus riches en carbone (les astéroïdes de classes C et D).