

car plus une surface planétaire est jeune, moins elle est constellée de cratères. Ce dénombrement nous a révélé des surfaces d'âges très variés, qui vont de sols très cratérisés vieux de plus de 4 milliards d'années, à des zones d'âge moyen variant entre 100 millions et 1 milliard d'années, en passant finalement par la plaine Spoutnik, dépourvue de cratère identifiable et qui date de moins de 30 millions d'années, voire encore bien moins. Un tel éventail d'âges était inattendu : en raison de la petite taille de Pluton, les chercheurs pensaient que cette planète s'était refroidie tôt dans son histoire. Or en se refroidissant, elle aurait dû perdre sa capacité à former de nouvelles couches en surface. Ce qui était admis s'est donc révélé faux : même si nous ignorons quelles sont les sources d'énergie à l'œuvre, Pluton est géologiquement active.

Autre surprise : nos géologues ont découvert sur Pluton des tours de glace de méthane de plus de 300 mètres de haut, qui forment un système organisé de centaines de kilomètres de long. Comme si tout cela ne suffisait pas pour une seule modeste planète, nous avons observé ce qui ressemble à de grands volcans de glace. Leurs âges, 100 à 300 mil-

Autre surprise : des tours de glace de méthane de plus de 300 mètres de haut.

lions d'années, suggèrent qu'ils auraient été actifs dans un passé récent. Certains membres de notre équipe, dont je suis, ont aussi vu en certains endroits des indices de l'existence de réseaux de canaux de drainage et d'un lac gelé, qui subsisteraient depuis des époques reculées au cours desquelles la pression atmosphérique était assez élevée (plus que sur Mars aujourd'hui sans doute) pour que des fluides s'écoulent et forment même des étendues liquides en surface.

Pour le dire simplement, les caractéristiques de l'atmosphère et de la surface de Pluton ont abasourdi les planétologues. Elles illustrent le fait que les petites planètes peuvent rivaliser en complexité avec la Terre ou avec Mars.

Comme Pluton elle-même, ses cinq lunes étaient largement inconnues avant la mission *New Horizons*. Le plus gros de ces objets est Charon, dont le diamètre est d'exactement la moitié de celui de Pluton. Cette grosse lune fut découverte en 1978 par les planétologues Jim Christy et Robert Harrington à l'aide de télescopes au sol. Avant *New Horizons*, on savait qu'elle était recouverte de glace d'eau inerte, qu'elle avait peu, voire pas d'atmosphère et qu'elle était bien moins colorée et réfléchissante que Pluton. Les quatre petites autres lunes – Styx, Nix, Kerberos et Hydra – ont toutes été découvertes entre 2005 et 2012 à l'aide du télescope spatial *Hubble* par des membres notre équipe. Les chercheurs savaient peu de chose de ces lunes à part leurs propriétés orbitales et leurs couleurs assez neutres, comme celle de Charon. Même leurs tailles n'étaient que grossièrement estimées. Aucune image précise n'en avait été obtenue à l'aide d'un télescope : il ne s'agissait que de simples points lumineux en orbite autour de Pluton.

CHARON ET LES AUTRES LUNES

New Horizons nous a permis de dresser des cartes détaillées de la géologie, de la couleur, de la composition et du relief de Charon, d'y rechercher avec une bien meilleure sensibilité une atmosphère, de mesurer sa réflectivité dans l'ultraviolet et de préciser sa taille et sa forme. La sonde n'a pas été en mesure de s'approcher autant des quatre autres lunes que de Charon. Les informations recueillies à propos de ces petits satellites sont donc moins détaillées. Toutefois, la sonde a pu révéler leurs tailles, leurs périodes de rotation et leurs formes. *New Horizons* a aussi établi de grossières cartes en noir et blanc de chacune d'entre elles. Dans le cas de Nix et d'Hydra, elle a aussi produit des cartes en couleur de la surface, mesuré sa composition et estimé son âge.

Grâce à toutes ces découvertes, nous avons désormais une description de Charon qui rivalise avec celles des grands satellites glacés des planètes géantes recueillies par les missions *Voyager*, *Galileo* et *Cassini*. Charon n'a ni atmosphère ni composés volatils à sa surface, bien que nous ayons trouvé d'exotiques affleurements de glace d'ammonium et d'ammoniac. D'après le décompte des cratères, sa surface semble avoir plus de 4 milliards d'années. Peu de variations d'âge y sont perceptibles, ce qui signifie que son moteur géologique a dû fonctionner très peu de temps. Toutefois, pendant ce court laps de temps, Charon a créé dans son hémisphère sud de vastes plaines inondées de glace, une large ceinture de canyons jusqu'à 5 fois plus profonds que le Grand Canyon du Colorado, >

des montagnes et une sorte de calotte polaire rouge qui ne ressemble à aucune autre structure du Système solaire. Ce pôle rouge semble constitué de méthane et d'azote qui se seraient échappés de l'atmosphère de Pluton au fil du temps et se seraient redéposés aux pôles froids de Charon, où le rayonnement ultraviolet les aurait transformés en sous-produits d'hydrocarbures de couleur rouge. La ceinture de canyons de Charon semble être le résultat de contraintes mécaniques titanesques engendrées par la congélation et la dilatation de l'eau interne à la lune au cours du refroidissement qui a suivi sa formation.

Nous avons constaté que les quatre petits satellites plutoniens sont tous à peu près aussi réfléchissants que Pluton lui-même, qui est environ 2 fois plus réfléchissant que Charon; ce fait, alors que leur surface semble constituée du même matériau que Charon, est énigmatique. Aucun n'est assez gros pour garder une atmosphère. Des cratères sont présents à leurs surfaces. Il est probable que la matière éjectée lors de la formation de ces cratères ait donné naissance à des anneaux autour de Pluton, même si aucun n'est observable aujourd'hui autour de la planète.

Les orbites de Nix et d'Hydra suggèrent qu'elles se sont formées à la suite de l'impact massif sur Pluton qui a créé Charon. Nos cartes de ces lunes ont une résolution suffisante pour repérer toute une variété de cratères. La datation qu'ils rendent possible montre que leurs surfaces ont 4 milliards d'années environ, soit l'âge de Charon. Ce résultat prouve que l'impact qui a formé ces satellites s'est produit très tôt dans l'histoire du Système solaire et ne peut être à l'origine de l'énergie qui alimente l'activité géologique de Pluton aujourd'hui.

Nous avons aussi appris que les périodes de rotation sur elles-mêmes des quatre petites lunes de Pluton sont rapides comparées à leurs périodes de révolution. Une observation surprenante, qui montre qu'aucune de ces lunes n'a synchronisé sa rotation avec son orbite autour de Pluton. En d'autres termes, on n'observe pas dans leur cas le verrouillage gravitationnel entre rotation et révolution si répandu parmi les satellites des planètes géantes. Quelque chose affecte leurs rotations. Les tiraillements gravitationnels dus au système Pluton-Charon?

Bien que *New Horizons* ait désormais transmis toutes les données issues de son survol du système plutonien, nous sommes très loin de les avoir exploitées toutes. Des années de travail attendent notre équipe scientifique et d'autres. Elles devraient nous apporter encore de nombreuses découvertes sur la surface, l'intérieur, l'origine, l'atmosphère de Pluton ainsi que sur ses lunes.

L'exploration du système plutonien par *New Horizons* étant achevée, la mission de cette sonde se poursuit ailleurs. En 2016, la Nasa a approuvé une prolongation qui devrait nous emmener jusqu'à la mi-2021. Pendant ces cinq ans, *New Horizons* explorera la ceinture de Kuiper, ce vaste anneau de petits corps et de petites planètes en orbite autour du Soleil, très loin au-delà de Neptune. Le temps fort de cette exploration sera un survol rapproché du corps KBO 2014 MU₆₉ (noté ainsi d'après l'anglais *Kuiper belt object*) prévu pour le 1^{er} janvier 2019.

SERRER DE PRÈS LA CEINTURE DE KUIPER

Ce très vieux caillou rougeâtre, préservé depuis plus de 4 milliards d'années par une congélation cosmique très loin du Soleil, sera le vestige de la formation du Système solaire le plus intact jamais étudié. Il ne mesure qu'une trentaine de kilomètres de diamètre, mais pourrait avoir ses propres lunes. On pense qu'il s'agit d'un représentant typique des matériaux à partir desquels Pluton et les nombreux petits corps de la ceinture de Kuiper se sont formés.

New Horizons rencontrera MU₆₉ quand sa distance au Soleil sera environ 44 fois la distance Terre-Soleil. Au cours du survol, la sonde mettra en œuvre toute sa panoplie d'instruments pour étudier la composition et

En plus du survol rapproché de MU₆₉, *New Horizons* étudiera de près une vingtaine d'autres corps

la géologie de l'objet. Elle cherchera des signes d'activité et des traces d'atmosphère, des lunes et des anneaux, et mesurera sa température. Entre 2019 et 2021, en plus du survol rapproché de MU₆₉, *New Horizons* étudiera de près au moins une vingtaine d'autres corps de la ceinture de Kuiper. Ces observations nous aideront à interpréter les données recueillies sur MU₆₉. Nous rechercherons aussi des