

> une trajectoire différente, au cas où des débris dangereux nous obligeraient à dévier *New Horizons*. Nous avons aussi dû concevoir un logiciel de bord capable de gérer plus de 150 défaillances possibles de la sonde ou de ses instruments. Et il nous a fallu définir des procédures de contrôle des dizaines de dysfonctionnements potentiels trop complexes pour qu'ils puissent être pris en charge par le logiciel de la sonde.

UNE NOUVELLE PLANÈTE

Avant son survol par *New Horizons*, Pluton était largement inconnue. Étant donné son orbite lointaine et sa petite taille, même le puissant télescope spatial *Hubble* parvenait à peine à en révéler le disque. Pour l'essentiel, nous croyions savoir que cette petite planète mesurait environ 2300 kilomètres de diamètre, qu'elle avait cinq lunes, une atmosphère ténue et une surface rougeâtre incorporant de la glace de méthane, d'azote et de monoxyde de carbone. On disposait d'indices montrant la présence d'une calotte polaire de glace ainsi que d'autres grandes taches de surface. Tout cela suggérait une planète plus intéressante et plus compliquée que la plupart des objets glacés du Système solaire externe.

En fait, *New Horizons* a révélé une planète bien plus complexe, bien plus diversifiée géologiquement et bien plus active que ne l'avaient anticipé les spécialistes.

Nous avons notamment découvert que l'atmosphère de Pluton a une épaisseur de plusieurs centaines de kilomètres et qu'elle comporte des dizaines de couches concentriques de brume, mais peu ou pas de nuages. Pour la première fois, *New Horizons* a pu mesurer la pression atmosphérique à la surface de la planète : 11 microbars seulement, ce qui est à peu près la pression du sommet de la mésosphère terrestre, à quelque 80 kilomètres au-dessus de nos têtes, à la lisière du milieu spatial.

Autre résultat, l'atmosphère de Pluton s'échappe 500 à 1000 fois moins vite qu'attendu. En cela, elle s'apparente davantage aux atmosphères martienne ou terrestre qu'à la nébulosité d'une comète, au contraire de ce que prédisaient les modèles antérieurs au survol. Nous avons aussi constaté avec surprise que les brumes confèrent à Pluton une teinte bleue, ce qui donne à son ciel une couleur rappelant celle du nôtre.

New Horizons a par ailleurs révélé que le diamètre de Pluton est de 2376 kilomètres ; cela dépasse les estimations qui en avaient été faites. Ce nouveau diamètre fait de Pluton la plus grande des petites planètes de la ceinture de Kuiper. Il s'ensuit, sa masse étant déjà connue, qu'elle est moins dense qu'on ne le pensait. On attribuait à Pluton une fraction rocheuse de l'ordre de 70 % ; il est désormais

clair que cette proportion est plutôt proche de 66 %. Pour la plus grande part, la masse non rocheuse de Pluton est de la glace d'eau, mais des glaces plus exotiques sont présentes en surface. Les modèles de l'intérieur de Pluton fondés sur sa taille, sa masse et sa forme suggèrent que la planète recèle une sorte d'océan interne, une couche d'eau située à des centaines de kilomètres de profondeur, là où règnent des températures et des pressions sous lesquelles l'eau est liquide.

Les planétologues débattaient depuis longtemps de la topographie de Pluton. Comportait-elle des reliefs ? Était-elle tourmentée ? La réponse dépendait de l'épaisseur de la couche supérieure de glace d'azote. Cette glace, qui constitue l'essentiel de la surface de Pluton, s'affaisse facilement sous son propre poids, en dépit de la faible gravité sur cette planète. Une couche épaisse de glace d'azote empêcherait donc la formation de hautes structures géologiques. Or à l'arrivée de *New Horizons* près de Pluton, certaines des toutes premières images en haute résolution faisaient déjà apparaître des montagnes atteignant 4500 mètres d'altitude. Cela suggère que la glace d'azote de la surface de Pluton ne constitue qu'un mince vernis au-dessus de ce que nous avons ultérieurement identifié comme étant une croûte de glace d'eau.

New Horizons nous a aussi révélé l'étonnante diversité géologique de Pluton. Sa surface présente de vastes glaciers, des systèmes de failles s'étendant sur des centaines de kilomètres, des terrains chaotiques et montagneux résultant du morcellement de gigantesques glaciers, des blocs de méthane en voie de récession, des calottes de neige de méthane sur certaines chaînes de montagnes, etc. Très curieux aussi sont les milliers de cratères qui constellent la planète. De 1 à 10 kilomètres de diamètre, on présume qu'ils sont nés de la sublimation de glace d'azote sur les plaines équatoriales de Pluton.

Le plus grand glacier de Pluton est une structure de glace d'azote nommée Sputnik Planitia en l'honneur de la première mission spatiale. Elle couvre plus de 800 000 kilomètres carrés, soit davantage que la France, la Grande-Bretagne et l'Irlande réunies. On ne connaît aucune structure comparable ailleurs dans le Système solaire. La plaine est en outre active géologiquement, puisqu'elle est animée de flux de glace et que certains motifs à sa surface trahissent la présence d'une source de chaleur sous-jacente. Nous avons aussi constaté que sa surface est renouvelée par des glaciers et des avalanches dévalant des chaînes montagneuses qui la surplombent.

Les surprises géologiques de Pluton ne s'arrêtent pas là. En comptant les cratères, nous pouvons estimer l'ancienneté du terrain,



Charon, la plus grosse des lunes de Pluton, présente des canyons très profonds et de vastes plaines glacées.



Lors du survol de Pluton par *New Horizons*, la foule présente au Laboratoire de physique appliquée de l'université Johns-Hopkins était en liesse.

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, ➤