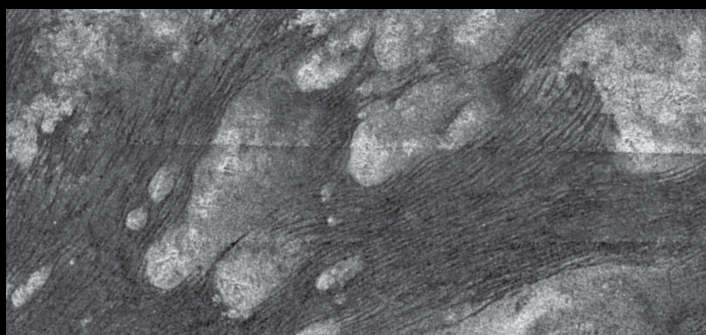
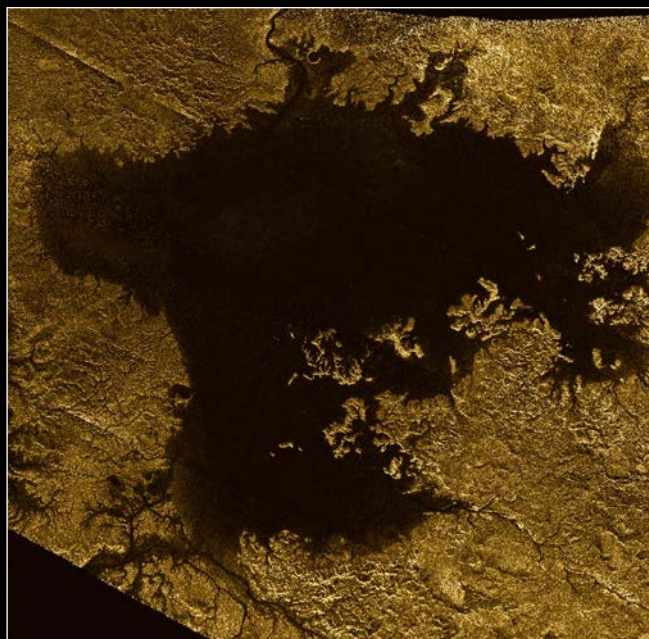


UNE ÎLE MYSTÉRIEUSE DANS UN LAC DE TITAN

Grâce aux conditions de pression et de température régnant à la surface de Titan, le méthane et l'éthane existent à l'état liquide. On observe ainsi des rivières et des mers d'hydrocarbures, comme Ligeia Mare, large de 500 kilomètres. Entre 2013 et 2014, *Cassini* y a détecté l'apparition et la disparition d'une tache brillante, surnommée « île magique ». Selon des études récentes, il s'agissait probablement de bulles à la surface du lac se formant lors du dégazage d'azote dissous dans les hydrocarbures.

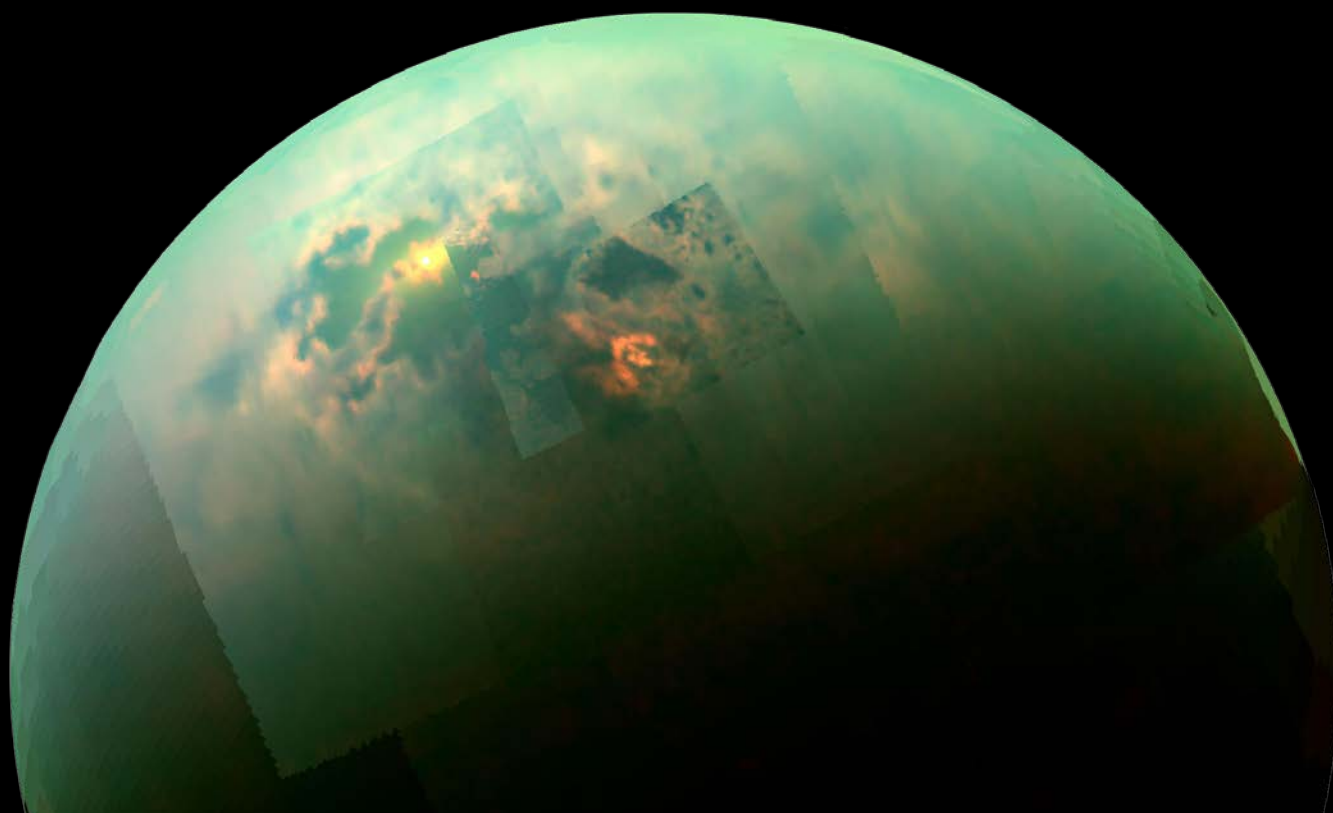


UN CHAMP DE DUNES SUR TITAN

Les stries noires correspondent à des dunes de sable poussées par le vent qui s'insinuent entre les montagnes. Le sable serait constitué de poussière de silice ou de matière carbonée. L'étude des dunes révèle de nombreuses informations sur la topographie, le climat et les vents de Titan.

SOLEIL ET PLUIE SUR TITAN

Sur cette image composite de Titan, la tache lumineuse jaune (à gauche) correspond à la réflexion de la lumière du Soleil sur la plus grande mer d'hydrocarbures de Titan, Kraken Mare. Plus à l'est (en orange), des nuages d'hydrocarbures forment des précipitations qui remplissent une autre mer, Ligeia Mare.





ENTRETIEN AVEC FRANCIS ROCARD

Astrophysicien, Francis Rocard est responsable des programmes d'exploration du Système solaire au Centre national d'études spatiales (Cnes). À ce titre, il a suivi la réalisation de projets tels *Cassini-Huygens* ou *Rosetta*. Depuis 1998,

il coordonne la mise en œuvre du programme d'exploration de Mars à travers les missions *Mars Express* et *Exomars*. Depuis 2004, il coordonne aussi les activités françaises dans le projet *Bepi-Colombo* d'exploration de Mercure.

«Cassini-Huygens lègue un héritage exceptionnel»

PAR SES SURPRENANTES DÉCOUVERTES, LA MISSION CASSINI-HUYGENS MARQUERA DURABLEMENT L'EXPLORATION DU SYSTÈME SOLAIRE. UN FORMIDABLE SUCCÈS QUE COMMENTE L'UN DE SES ACTEURS.

UNE MISSION EN QUELQUES DATES

15 octobre 1997
Décollage de *Cassini-Huygens* de la base américaine de Cap Canaveral à bord d'une fusée Titan IV

1^{er} juillet 2004
Insertion en orbite autour de Saturne

14 janvier 2005
Huygens se pose sur Titan

2008-2010
Première extension de la mission

2010-2017
Seconde extension

Septembre 2017
Fin de la mission, *Cassini* plonge dans l'atmosphère de Saturne

Dans le contexte de l'exploration du Système solaire, comment est née la mission Cassini-Huygens ?

Francis Rocard : L'exploration des planètes a suivi une stratégie qui consistait d'abord à faire des survols. Les sondes *Pioneer 11*, *Voyager 1* et *Voyager 2* sont ainsi passées près de Saturne entre 1979 et 1981, prenant notamment des photos de la planète et de ses lunes. Pour réaliser une étude plus détaillée, il fallait mettre une sonde en orbite. Au début des années 1980, la mission *Galileo* étant bien avancée, avec Jupiter pour objectif, les Américains et les Européens ont alors commencé à réfléchir à un projet équivalent pour Saturne. Rapidement, les premiers se sont orientés sur l'étude d'une sonde, qui sera *Cassini*, et les seconds se sont attelés à la conception d'un atterrisseur pour Titan, *Huygens*. Du point de vue de la collaboration entre les agences spatiales américaine et européenne, la mission commune *Cassini-Huygens* a été exemplaire. Une idée géniale a été de décider que sur *Huygens*, un tiers des collaborateurs seraient américains et que, de la même façon, sur *Cassini*, un tiers des membres de l'équipe seraient européens.

Dans l'ensemble, tout s'est plutôt bien passé. Mais, sur ce genre de projets très complexes, il y a toujours quelques péripéties qui

émaillent l'élaboration de la mission. Par exemple, elle a été plusieurs fois menacée d'annulation, faute de crédits suffisants. Cela a obligé les Américains à revoir la conception de *Cassini* afin de réduire les coûts.

Quel a été le déroulement de la mission ?

F. R. : La mission a décollé en 1997. Sept ans se sont écoulés avant que la sonde n'arrive à destination et se mette en orbite autour de Saturne. La mission était initialement programmée pour durer quatre ans. Cependant, en 2008, la Nasa a décidé de la prolonger de deux ans, car les réserves de propergols étaient encore élevées. Mais, rapidement, au vu des découvertes et des observations réalisées par la sonde, les Américains ont dégagé un budget de 60 millions de dollars par an pour de multiples extensions, ce qui a prolongé la mission jusqu'en septembre 2017. L'idée était d'observer Saturne pendant deux saisons presque complètes. Une saison y dure environ 7,5 ans. Notamment, nous avons ainsi pu voir l'hexagone du pôle nord de Saturne changer de couleur. Initialement, quand *Cassini* est arrivée, la région du pôle nord et le complexe de vents qui l'entourent (voir la photographie ci-dessous) étaient plongés dans l'obscurité. Mais avec le changement de saison, la lumière du Soleil a éclairé ➤



➤ cette région. Des réactions photochimiques ont formé des aérosols, les tholins, dans cette région qui, de bleue, est devenue rougeâtre.

Revenons au début de la mission. Quel a été l'apport de *Huygens* ?

F. R. : La première grande opération a été la séparation de *Cassini* et de *Huygens*. Ce dernier s'est posé sur Titan le 14 janvier 2005. Le module a récolté de nombreuses informations au cours de la descente : vitesse des vents, température, contenu en particules de l'atmosphère, photographies du sol. Les résultats ne paraissent pas spectaculaires, mais ils sont essentiels. De nombreuses incertitudes entachaient les modèles de l'atmosphère que l'on savait épaisse de 1200 kilomètres, surtout composée d'azote et de méthane gazeux avec une brume de particules solides en suspension. Les données de *Huygens* ont précisé les modèles et ont aidé à comprendre tous les processus observés sur Titan. Un détail qui surprend souvent est que la prise de données de *Huygens* n'a duré qu'un peu plus de deux heures. En effet, l'appareil ne pouvait transmettre ses informations que par l'intermédiaire de *Cassini* qui devait être dans le champ de vision de l'atterrisseur.

Lors de ses nombreux survols de Titan, *Cassini* a aussi contribué à mieux comprendre les phénomènes qui se produisent sur cette lune, notamment le cycle du méthane et de

l'éthane qui peuvent être liquides aux pressions et températures ($-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ environ) qui règnent à la surface. Ils forment des rivières et des lacs alimentés de façon saisonnière par des précipitations.

D'après les mesures de *Huygens*, d'autres molécules carbonées, plus lourdes, sont présentes à la surface. Malheureusement, les instruments de l'atterrisseur étaient insuffisants pour effectuer une analyse exhaustive et les molécules les plus complexes présentes nous ont probablement échappé.

En outre, Titan cachait aussi de l'eau liquide. Des observations nous ont permis d'inférer de façon indirecte que sous la surface, très profondément, se cache un océan d'eau liquide. Ce monde a encore beaucoup de choses à nous révéler.

Et Titan n'est pas le seul monde à héberger un océan d'eau liquide...

F. R. : Tout à fait. Et c'était l'une des plus grandes surprises de la mission *Cassini*. Lors du survol d'Encelade, une lune couverte de glace, nous avons réalisé une photographie en contre-jour (une procédure ordinaire) et nous avons vu des jets extraordinaires : des geysers de particules d'eau et de glace, émis uniquement depuis la région du pôle sud. La présence de grandes quantités d'ions sodium et potassium dans ces jets suggérait que de l'eau liquide était présente sous la glace et en contact direct avec un noyau

UNE PELOTE D'ORBITES

La mission *Cassini* a connu plusieurs phases qui ont mis en jeu différentes trajectoires. Toutes les orbites depuis 2010 sont représentées ici (en bleu). La phase finale a débuté en novembre 2016 avec 20 orbites frôlant l'anneau F (en jaune), puis 22 orbites passant entre la planète et les anneaux (en orange).

