



HAL
open science

Cassini-Huygens – Les merveilles de Saturne

Vincent Boudon

► **To cite this version:**

Vincent Boudon. Cassini-Huygens – Les merveilles de Saturne. Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon, 2023, 150 (années 2017-2019), pp.257-269. hal-04402013

HAL Id: hal-04402013

<https://hal.science/hal-04402013>

Submitted on 22 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Cassini-Huygens – Les merveilles de Saturne

par Vincent BOUDON*

Introduction

En 1686, Fontenelle écrivait « Nous serions bien étonnés, si nous étions dans Saturne, de voir sur nos têtes pendant la nuit ce grand anneau qui irait en forme de demi-cercle d'un bout à l'autre de l'horizon. »¹ Depuis les observations de Galilée à l'aide des toutes premières lunettes astronomiques, la planète Saturne fascine. Au fil des décennies et de l'amélioration des instruments, ce monde lointain et mystérieux se révélera de plus en plus riche et complexe : une planète gazeuse agitée de violentes tempêtes, entourée d'innombrables anneaux et d'étranges satellites. Dès les débuts de l'ère spatiale, la tentation fut donc grande d'envoyer des robots explorer ce système. Mais sa grande distance au Soleil rendait l'entreprise difficile. C'est au milieu des années 1980, après le succès des rapides survols des sondes *Pioneer* et *Voyager* qu'il fut décidé d'y consacrer une mission lourde, destinée à explorer ce système très exotique durant plusieurs années. Nous allons conter ici l'histoire de cette magnifique mission, qui restera comme l'un des plus grands succès de l'exploration du Système Solaire, et résumer brièvement ses principaux résultats.

Portrait du Seigneur des Anneaux

¹ Bernard LE BOUYER DE FONTENELLE, *Entretiens sur la pluralité des mondes*, Paris, Vve C. Blageard, 1686.

*Directeur de recherches, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, UMR 6303 CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, 9 Av. A. Savary, BP 47870, 20178 Dijon Cedex & Société Astronomique de Bourgogne, 79 Bd. des Bourroches, 21000 Dijon

Mémoires de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon, tome 150, 2017-2019, p. 257-269.

La célèbre planète aux anneaux est une géante gazeuse. Elle ne possède pas de surface solide. Si en son centre se cache probablement un noyau de roches et de glaces, celui-ci est entouré d'une énorme couche d'hydrogène et d'hélium. En profondeur, du fait de l'énorme pression, l'hydrogène se trouve dans un état dit « métallique » (conducteur), à l'origine du champ magnétique de la planète. Autour, se trouve l'immense atmosphère de Saturne, qui contient également différents gaz (méthane, ammoniac, vapeur d'eau, ...) qui donnent les couleurs variées observées dans ses nuages.

Il s'agit d'un monde froid, car situé loin du Soleil : la distance moyenne de la planète (1 421 180 000 km) vaut presque dix fois la distance Terre-Soleil. De ce fait, les années saturniennes sont longues, puisqu'elle décrit son orbite en 29 ans et 165 jours. Les journées y sont par contre particulièrement courtes, sa période de rotation étant de seulement 10 heures et 47 minutes. Saturne est entourée de nombreux anneaux très spectaculaires (fig. 1). Si l'ensemble des planètes géantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) en possède, seuls ceux de Saturne sont aussi étendus et visibles. Aperçus par Galilée en 1610, puis confirmés et compris pour Huygens, ils s'observent facilement de nos jours avec un petit instrument d'amateur. Ils restent un objet de fascination et le déclencheur de nombreuses vocations d'astronomes. On connaît de plus, actuellement, 146 satellites naturels de Saturne, mais d'autres petits satellites restent certainement à découvrir.

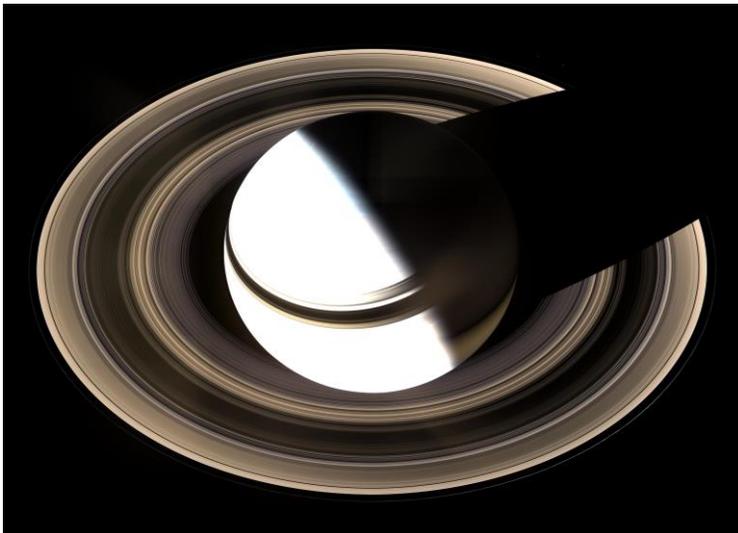


Fig. 1 : une vue de Saturne impossible à obtenir depuis la Terre, prise par la sonde Cassini au-dessus du plan orbital ; on voit l'ombre de la planète sur les anneaux (à

droite) et l'ombre des anneaux sur la planète (à gauche sur la partie surexposée du disque). Source : NASA/JPL/Space Science Institute (PIA08362).

Il s'agit donc d'un système riche et complexe, que les astronomes ont très vite souhaité explorer de près, dès les débuts de l'ère spatiale. Cependant, le voyage vers Saturne est long et complexe. Le premier survol aura lieu le 1^{er} septembre 1979, par la sonde américaine Pioneer 11 qui avait auparavant survolé Jupiter ; cet engin encore rudimentaire apportera toutefois des informations totalement inédites et ouvrira la voie pour les engins suivants, les sondes américaines Voyager, elles aussi passées par Jupiter. C'est seulement 14 mois plus tard que Voyager 1 survolera Saturne, Titan et de nombreux satellites, le 9 novembre 1980. Cet engin extrêmement sophistiqué pour l'époque apportera une quantité d'informations phénoménales sur lesquelles certains scientifiques travaillent encore aujourd'hui. Le 21 août 1981, suivra Voyager 2 qui complètera cette première étude rapprochée, avant de filer vers Uranus et Neptune. Cependant, les survols des Pioneer et Voyager furent rapides et donnèrent aux scientifiques l'envie d'en savoir plus, à l'aide d'un engin se mettant en orbite autour de la planète, afin de l'étudier des années durant.

La mission Cassini-Huygens

Le concept d'un orbiteur saturnien est ainsi étudié à la NASA (agence spatiale américaine) dès le début des années 1980. A la même époque, l'ESA (agence spatiale européenne) lance l'idée d'une collaboration internationale sur le sujet. Le projet sera définitivement mis sur les rails à partir de 1988. Les USA devront réaliser l'orbiteur (Cassini) et l'Europe un atterrisseur (Huygens) destiné au satellite Titan. Les noms de ces deux engins ont été choisis afin de rendre hommage à deux grands astronomes ayant contribué à la connaissance de Saturne : le franco-italien Jean-Dominique Cassini (1625-1712), qui étudia les anneaux et découvrit plusieurs satellites et le hollandais Christiaan Huygens (1629-1695) qui découvrit, entre autres, le satellite Titan.

Cassini-Huygens est un engin extrêmement complexe (fig. 2). Il comprend de nombreux instruments scientifiques, incluant des caméras et spectromètres couvrant une large gamme de longueurs d'ondes, des magnétomètres, sans oublier les différentes antennes pour les communications et des générateurs thermoélectriques au plutonium (RTG) pour l'alimentation électrique. Avec ses 6,7 m de long et ses 5820 kg, c'est aussi le vaisseau spatial automatique le plus gros et le plus lourd jamais envoyé vers le Système Solaire externe (au-delà de Mars). De fait, même si la fusée

Titan IVB/Centaur choisie pour le lancer le 15 octobre 1997 est le lanceur le plus puissant de l'époque, celui-ci n'est pas capable de l'envoyer directement vers Saturne. La sonde devra utiliser l'assistance gravitationnelle de différentes planètes, pour se propulser vers son objectif.

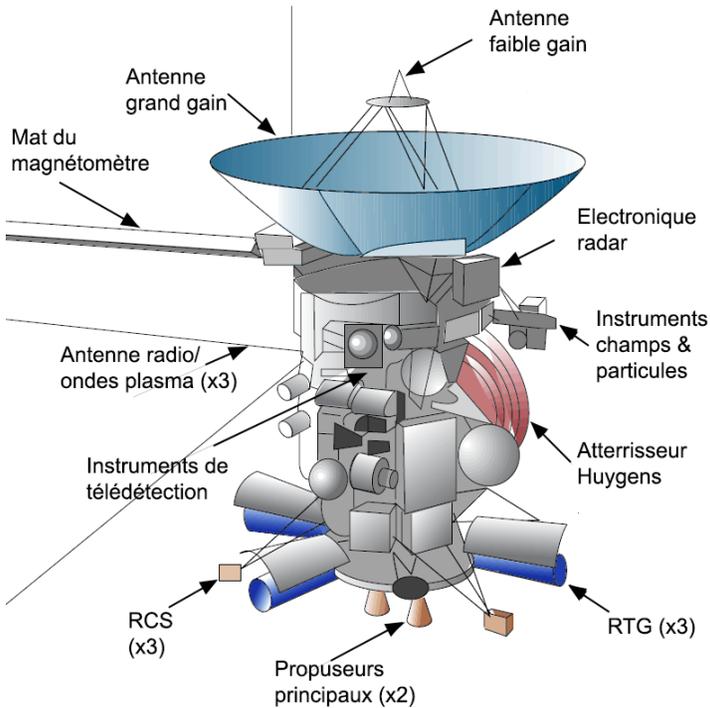


Fig. 2 : schéma de la sonde Cassini-Huygens et des principaux instruments et sous-systèmes. Source : NASA/JPL.

Ajoutons à cela que la mise en orbite autour de Saturne ne permet de toute manière pas une trajectoire directe ; il faut en effet arriver vers la planète à une vitesse modérée, afin de pouvoir freiner avec un petit moteur et permettre la satellisation. Cassini-Huygens effectuera donc un trajet complexe de plus de 3,5 milliards de km, survolant tour à tour deux fois Vénus, la Terre et Jupiter.

Au terme de ce long périple, et non sans avoir renvoyé de très intéressantes données de son survol de Jupiter le 30 décembre 2000, la sonde allumera son moteur de freinage le 1^{er} juillet 2004 et se mettra en orbite en traversant deux fois le plan des anneaux sans encombre. Débutera alors une longue mission de près de 13 ans, au cours de laquelle elle aura parcouru en tout 7,9 milliards de km, effectué 294 orbites autour de Saturne

et réalisé 162 survols rapprochés de satellites (dont 127 de Titan). Cette mission restera longtemps comme l'une des plus fructueuses, avec 453 048 images renvoyées, de très nombreuses autres données scientifiques, la découverte de 6 lunes et, à ce jour, près de 4 000 articles publiés. Elle aura impliqué plus de 5 000 personnes et la coopération de 27 nations, pour un coût total de 3,9 milliards de dollars, ce qui reste modeste sur toute sa durée (cela revient à 0,60 € par citoyen américain et par an).

Tempêtes, anneaux et satellites

La description de l'ensemble des résultats de la mission Cassini-Huygens nécessiterait une très grosse encyclopédie entière ! Nous tentons ici, bien plus modestement, de donner un résumé succinct de quelques points emblématiques.

L'atmosphère de Saturne a pu être étudiée de près et en grand détail pendant une longue période, correspondant presque à une demi-année saturnienne, incluant un solstice et un équinoxe. Il a ainsi été possible de suivre les changements saisonniers, le développement des tempêtes, *etc.* Par exemple, entre fin 2010 et début 2011, une très grosse tempête a pu être suivie dans l'hémisphère nord. De plus, les différentes orbites de Cassini ont offert aux scientifiques des points de vue inédits sur les hautes latitudes, très difficilement observables depuis la Terre. Ainsi il a été possible d'étudier en détail le mystérieux vortex polaire, tempête géante et permanente, de forme hexagonale encore mal comprise et centrée sur le pôle nord de la planète. L'atmosphère de Saturne est assez brumeuse et, tout du moins en lumière visible, moins contrastée que celle de Jupiter. Néanmoins, à l'aide de sa batterie d'instruments dans différentes longueurs d'onde, la sonde a pu réaliser une étude bien plus détaillée que les Voyager, de l'infrarouge (atmosphère profonde) à l'ultraviolet (aurores polaires). Cassini ayant navigué dans une grande partie de la magnétosphère, ses magnétomètres ont pu étudier celle-ci en trois dimensions. Cette magnétosphère, la seconde en taille dans le Système Solaire, après celle de Jupiter, est en effet complexe et interagit avec le plasma émis par le satellite Encelade et le gaz neutre de l'atmosphère du satellite Titan. Les « bruits » radioélectriques produits ont pu être enregistrés.

Les anneaux de Saturne constituent un système impressionnant et très complexe, modelé en permanence par les interactions gravitationnelles avec les nombreux satellites de la planète. D'un diamètre de 300 000 km, pour la partie principale, leur épaisseur moyenne est d'environ 30 m seulement. Ils sont constitués de milliards de blocs de glace, dont la taille varie de quelques micromètres à quelques mètres. Là encore, des données

inédites ont pu être obtenues, y compris des vues très rapprochées, lors de la mise en orbite en 2004 et de la fin de la mission en 2017 (voir plus bas). Des structures dynamiques complexes ont été révélées, comme des ondes de densité dues à des résonances avec différents satellites, ou l'agglomération de structures temporaires de quelques centaines de mètres, surnommées les « hélices », comme par exemple l'hélice « Louis Blériot » du 12 avril 2017. De nombreuses photographies, outre leur grande valeur scientifique, ont également un aspect esthétique indéniable, comme celles montrant des « éclipses », où un petit satellite proche des anneaux projette une ombre rasante juste dans le plan de ceux-ci, à l'équinoxe. Ces mêmes petits satellites interagissent en permanence avec les anneaux, comme par exemple Prométhée ($119 \times 87 \times 61$ km), dont l'orbite légèrement elliptique le fait s'approcher à chaque tour de l'anneau F, auquel il arrache alors des particules. Certains petits satellites, comme Daphnis ou Pan, circulent à l'intérieur de divisions (vides) étroites, créant des ondulations de matière le long des bords de l'anneau autour d'eux.

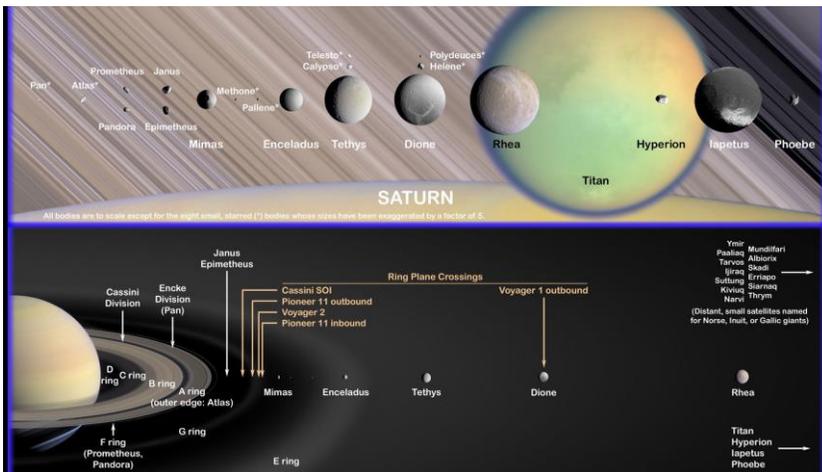


Fig. 3 : Saturne, ses anneaux, et ses 21 plus grosses lunes (en haut). Source : NASA/JPL.

Les satellites naturels de Saturne (fig. 3) constituent un mini système solaire riche et varié. L'extrême diversité des mondes observés est d'ailleurs une des grandes leçons de l'exploration de notre système planétaire, depuis les années 1960. Saturne possède une série de petits satellites (taille de moins de 200 km de large, jusqu'au minuscule \AA gæon de 1,4 km de long seulement) répartis en deux groupes, l'un étant constitué d'objets circulant près ou au sein des anneaux, parfois sur la même orbite que des satellites plus gros, l'autre regroupant des objets circulant très loin de la planète et sur des orbites très excentriques et inclinées. Ces derniers,

hormis Phœbé, survolé lors de l'approche de la sonde en 2004, n'ont pas pu être vus de près, du fait de leur distance. Viennent ensuite une série de satellites de taille « moyenne » (400 à 1500 km de rayon), généralement sphériques (sauf dans le cas d'Hypérion), puis le très gros satellite Titan, dont nous parlerons dans la section suivante. Nous citerons rapidement ici quelques caractéristiques des satellites principaux, qui ont pu être cartographiés en détail :

- *Mimas* (418 × 392 × 382 km) possède une surface très ancienne, saturée de cratères d'impact. On y observe surtout un énorme cratère, Herschel, orné d'un grand pic central et dont le diamètre de 130 km atteint le tiers de celui du satellite. Des fractures parcourent sa surface, montrant que l'impact ayant créé Herschel a bien failli briser Mimas en morceaux.

- *Encelade* (513 × 503 × 497 km) est totalement différent, et sans doute l'un des astres les plus intéressants du Système Solaire. Sa surface, très blanche, présente quelques zones cratérisées, mais, surtout, de grandes zones lisses et géologiquement jeunes, parcourues de failles. Près du pôle sud, on trouve en particulier une série de grandes fractures, surnommées les « Griffes du Tigre ». En observant Encelade à contre-jour, depuis le côté nuit, Cassini a pu observer des éruptions permanentes de geysers d'eau issus de ces failles. Ces geysers alimentent l'anneau E en glace. Surtout, ils signifient la présence au moins de poches, si ce n'est d'un océan global d'eau liquide, sous la banquise de surface. Ceci implique donc l'existence d'une source de chaleur interne (effets de marée dus à Saturne et/ou présence d'éléments radioactifs). En infrarouge, la chaleur dégagée par les failles a d'ailleurs pu être mesurée. On soupçonne ainsi la présence de sources hydrothermales chaudes au niveau du plancher « océanique » rocheux souterrain. Cassini a pu, à plusieurs reprises, traverser les panaches des geysers et y détecter la présence de différentes molécules organiques, à l'aide de son spectromètre de masse. Encelade est donc un endroit de choix pour les exobiologistes, à la recherche de vie extraterrestre. Il faudra cependant pour cela d'autres missions spécifiques et aller explorer sous la banquise, mais ceci est une autre histoire ...

- *Téthys* (1072 × 1056 × 1052 km) et Dioné (1118 km de diamètre) sont deux satellites plus classiques, couverts de cratères, mais aussi de failles, comme le grand cañon *Ithaca Chasma* sur Téthys.

- *Hélène* (36 × 32 × 30 km) est un petit satellite à la surface étrange et lisse, qui circule sur la même orbite que Dioné, au point d'équilibre de Lagrange L4.

- *Rhée* (1527,6 km de diamètre) possède une surface très ancienne, saturée de cratères, signe d'une absence totale d'activité géologique récente.

- *Hypériorion* (370 × 280 × 226 km) est très particulier. D'une forme très allongée pour un satellite de cette taille, il possède un nombre incalculable de cratères (lui donnant l'aspect d'une grosse éponge), dont le fond est rempli d'un matériau organique mal connu, sorte de « goudron » très noir, le reste de la surface étant blanche. Surtout, *Hypériorion* possède un mouvement de rotation sur lui-même totalement chaotique et donc imprévisible, son axe de rotation changeant régulièrement. Il s'agit d'un cas unique dans le Système Solaire, la plupart des gros satellites ayant au contraire un mouvement très régulier, synchrone, présentant toujours la même face à leur planète (comme la Lune autour de la Terre). Cette particularité est due à la fois à la forme d'*Hypériorion* et à son interaction avec Titan et Japet, dont les orbites sont relativement proches.

Au palmarès des mondes les plus étranges du système saturnien, *Japet* (1492 × 1492 × 1424 km) mérite une médaille ! Il fut découvert en 1671 par Jean-Dominique Cassini. Celui-ci remarque cependant qu'il n'arrivait à l'observer que du côté ouest de la planète, mais pas du côté ouest (plus tard, il l'observa effectivement du côté est, avec un instrument plus puissant, mais avec une luminosité très faible de ce côté). Cassini en conclut que *Japet* devait posséder une rotation synchrone et qu'un de ses hémisphères devait être très brillant et l'autre très sombre. *Voyager 1* lui donna raison en 1981 et la sonde Cassini put l'étudier en détail. L'un de ses hémisphères est effectivement très blanc, alors que l'autre est aussi noir que du charbon. Il semble s'y être déposé un matériau organique sombre, d'origine inconnue. La limite entre les deux régions est très tranchée. Par ailleurs, *Japet* possède d'immenses cratères et une chaîne de montagnes linéaire, courant, côté sombre, sur la moitié de son équateur et de 20 km de haut.

- *Phobé* (219 × 2016 × 204 km), enfin, est le seul des satellites lointains de Saturne à avoir été survolé par Cassini. Couvert de cratères, il possède lui aussi une surface particulièrement sombre.

Titan

À tout seigneur, tout honneur, nous terminons ce tour des mondes de Saturne, par le plus gros et le plus fascinant, à tous points de vue, de ses satellites, *Titan*. Avec un diamètre de 5151 km, il est le second plus gros satellite du Système Solaire, après Ganymède, satellite de Jupiter, et il est plus gros que la planète Mercure. Surtout, cet astre de taille planétaire est connu pour posséder une épaisse atmosphère.

En 1980, les caméras en lumière visible de Voyager 1 n'avaient pas pu percer l'épaisse brume orangée de Titan. Ce sont les caméras infrarouges de la sonde Cassini qui ont pu, enfin, percer le mystère (bien au-delà de quelques aperçus lointains, obtenus depuis l'orbite terrestre par le télescope spatial Hubble) et révéler la topographie de la surface de la lune géante. Celle-ci s'avère complexe, constituée de zones sombres et brillantes.

Titan est un monde froid, avec une température moyenne de $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une pression au sol de 1,5 atmosphère. Son enveloppe gazeuse est constituée à 96 % de diazote (N_2), d'environ 4 % de méthane (CH_4) et de traces de très nombreuses molécules organiques. Dans ces conditions de température et de pression, l'eau est bien évidemment gelée et elle constitue même l'essentiel de la croûte de Titan et de ses reliefs. Le méthane, par contre, peut y être gazeux, solide, ou liquide. Il existe ainsi sur Titan des nuages de méthane, des pluies de méthane, des rivières de méthane et des lacs de méthane (et d'éthane, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$) liquide qui peut alors s'évaporer et retourner dans l'atmosphère, alimentant ainsi un véritable cycle du méthane, à l'instar du cycle de l'eau sur Terre. Cependant, le méthane est une molécule chimiquement réactive. Ainsi, dans la haute atmosphère, sous l'action des rayons UV du Soleil, les molécules de CH_4 et de N_2 sont cassées et les fragments se recombinent, formant de nombreuses autres espèces organiques. Titan est, après la Terre, le laboratoire de chimie naturelle le plus complexe du Système Solaire. On pense même qu'il ressemble à l'atmosphère terrestre à ses débuts, en version froide. D'où l'immense intérêt pour les planétologues et exobiologistes d'étudier cet environnement exotique. L'aspect orangé de Titan est dû à des polymères complexes, surnommés « tholins », qui forment des aérosols se déposant petit à petit à la surface.

Outre ses caméras infrarouge, Cassini possédait une autre arme de choix pour percer les brumes titaniennes : sa grande antenne parabolique de communication pouvait servir de radar à synthèse d'ouverture. En envoyant des signaux radios à travers l'atmosphère du satellite, et en captant l'écho réfléchi par la surface, il est en effet possible de reconstituer le relief de celle-ci et d'en obtenir une cartographie très précise. Au fil des nombreux survols de Titan, il a ainsi été possible, bande de terrain après bande de terrain, de reconstituer une mappemonde globale. La région autour du pôle nord du satellite s'est ainsi avérée étonnante, couverte de grands lacs de méthane et d'éthane liquides, alimentés par des rivières, et avec des îles et des fjords. Titan est le seul astre du Système Solaire, avec la Terre, à posséder des étendues liquides en surface. La plus grande, *Karcken Mare*, mesure à peu près la surface de la Mer Caspienne. On trouve

également d'autres lacs, plus petits, dans la région polaire sud, tel *Ontario Lacus*. Le radar de Cassini a par ailleurs identifié des reliefs « karstiques », façonnés par les précipitations de méthane. Les caméras ont pu enregistrer le reflet du Soleil sur *Kraken Mare*, cette réflexion spéculaire confirmant la nature liquide de la surface à cet endroit. Vers la fin de la mission, d'étranges structures temporaires furent observées à la surface de certains lacs. Il s'agit très vraisemblablement de remontées de bulles d'azote en surface. Les lacs de Titan seraient effervescents !

Mais le point d'orgue de la mission fut, incontestablement, l'atterrissage de la sonde européenne Huygens. D'une masse de 348 kg, l'engin cylindrique fut largué en direction de Titan le 25 décembre 2004. Il pénétra dans l'atmosphère de Titan le 14 janvier 2005. Au terme d'une longue et fascinante descente en parachute, au cours de laquelle il put pendre des photos aériennes panoramiques et de nombreuses mesures spectroscopiques de l'atmosphère, il se posa à la limite de la région sombre *Shangri-La* et de la région claire *Adiri*.

Il s'agit du plus lointain atterrissage réalisé à ce jour. Les vues aériennes montrent une région de collines basses, avec des rivières « asséchées » se déversant dans une plaine plus sombre. Au loin, de grandes dunes sont visibles. La sonde survécut quelques heures à la surface, jusqu'à épuisement de ses batteries. Les images du sol (fig. 4) montrent une plaine orangée, couverte de « galets » de glace, vraisemblablement façonnés par des courants de méthane liquide. La sonde Huygens a même pu filmer le passage de l'ombre de son parachute devant sa caméra ! Durant sa descente, elle a pu enregistrer, à l'aide d'un micro, le son du vent sur Titan. Les données de Huygens ont

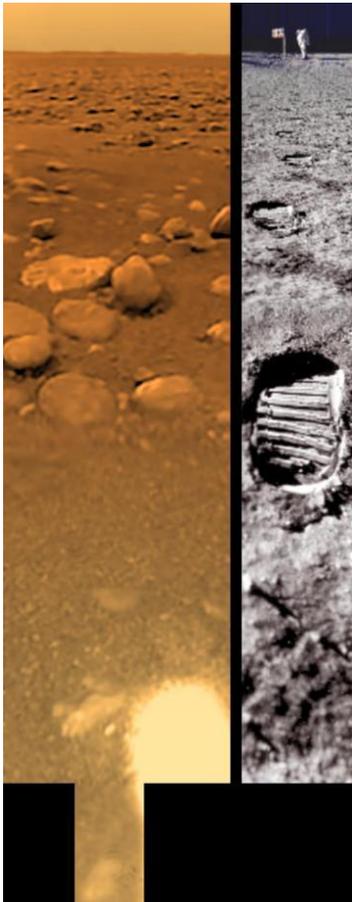


Fig. 4 : vue du sol de Titan par la sonde Huygens. À droite : vue de la surface de la Lune à la même échelle. Source : ESA/NASA/JPL/University of Arizona (PIA08115).

fourni une grande quantité de données fascinantes qui vont encore occuper les scientifiques pendant de nombreuses années, mais qui leur donnent aussi, déjà, l'envie d'y retourner avec des engins et instruments plus sophistiqués. Qui sait, peut-être y aura-t-il un jour encore lointain, un rover, des drones ou même un dirigeable sur Titan, voire un bateau flottant sur une mer de méthane liquide ?

Un final spectaculaire

Mais toutes les bonnes choses ayant, malheureusement, une fin, Cassini ne pouvait pas fonctionner éternellement autour de Saturne. En 2017, elle arriva au bout de son stock de gaz propulseur permettant de la diriger, au terme d'une mission déjà incroyablement longue. Pour arriver à cette étonnante longévité, les ingénieurs de la NASA avaient déployé, au fil des années, des trésors d'ingéniosité pour calculer des trajectoires très économes en carburant, tout en permettant de très nombreux changements d'orbite. Pour cela, l'assistance gravitationnelle de Titan était utilisée à chaque survol de ce satellite, afin de modifier l'orbite de la sonde à moindre frais. Il fallut cependant prendre une décision, concernant la fin de la mission.

Plutôt que de laisser l'engin devenir incontrôlable, au risque qu'il ne s'écrase un jour sur un satellite pouvant éventuellement abriter des formes de vie comme Encelade ou Titan, au risque de la contaminer (les engins spatiaux ne peuvent jamais être totalement stérilisés), il fut choisi de détruire la sonde en la précipitant dans l'atmosphère de Saturne. Cependant, cette destruction n'interviendra qu'après une toute dernière mission : une série d'orbites s'approchant très près de la planète et de ses anneaux (fig. 5), afin d'obtenir de nouvelles données inédites. Ceci n'avait pas pu être effectué auparavant, en raison du risque élevé de collision avec des particules. Mais, au terme de la mission, était venu le temps de prendre plus de risques.

Cassini effectua donc une première série de 20 orbites (dites « Orbites de l'Anneau F » sur la fig. 5), passant très près du bord externe des anneaux visibles (en fait entre l'anneau A et le très fin anneau F). Cette série fut à la fois l'occasion d'effectuer quelques derniers survols de satellites déjà observés (Epiméthée, Titan, ...), mais aussi et surtout de recueillir des vues très rapprochées des anneaux (qui n'avaient pas été vus d'aussi près depuis la mise en orbite en 2004) et des petits satellites y circulant. Les images révélèrent ainsi la forme étonnante d'Atlas, Daphnis et Pan : ceux-ci, d'une taille de l'ordre de 30 km, possèdent un bourrelet équatorial constitué de particules des anneaux s'accumulant sur leur équateur. De multiples vues très rapprochées des anneaux et de leur structures (incluant les « hélices »,

voir plus haut) furent obtenues et les bruits électromagnétiques issus de l'interaction avec la magnétosphère furent enregistrés.

Enfin, la dernière série de 22 orbites (dites « Orbites proximales » sur la fig. 5) furent les plus osées. Ces orbites survolaient les pôles de Saturne et passaient entre la planète et ses anneaux, plus précisément dans un intervalle de 2400 km de large, entre l'anneau D et la haute atmosphère. Le but était de pouvoir mesurer de manière très précise le champ de gravité de Saturne, de préciser la masse de ses anneaux, d'étudier la structure de l'anneau D, très sombre et difficile à observer par d'autres moyens, et de collecter des données sur l'atmosphère et les ceintures de radiation. Ces orbites se déroulèrent sans encombre. La zone traversée se révéla finalement libre de grosses particules et la sonde ne subit pas de collision destructrice. Lors de chaque passage au plus près de la planète, des images extrêmement détaillées de ses structures nuageuses furent recueillies.

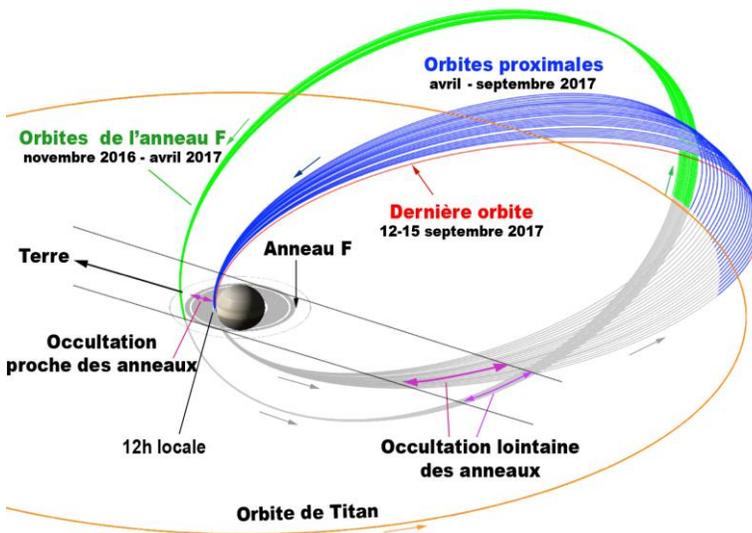


Fig. 5 : les dernières orbites de la sonde Cassini autour de Saturne, en 2017. Source : NASA/JPL-Caltech.

Enfin, le 15 septembre 2017, l'orbite finale précipita Cassini dans l'atmosphère de Saturne. La sonde devait maintenir son antenne pointée vers la Terre le plus longtemps possible, afin de transmettre des données (bien entendu pas des images, beaucoup trop lourdes à envoyer en temps réel, mais différentes données physiques) jusqu'au dernier moment. Puis la sonde fut détruite par l'intense chaleur produite par sa pénétration dans

les hautes couches atmosphériques à 110 000 km/h. Le signal fut perdu à 12 h 31, heure de Paris. Cassini fait désormais partie de Saturne elle-même, pendant que Huygens repose à tout jamais sur la plaine glacée d'*Adiri*, sur Titan.

Cette destruction, inévitable et nécessaire, fut un moment très émouvant pour les très nombreux scientifiques et ingénieurs qui avaient travaillé, pour certains depuis des dizaines d'années, sur cette magnifique mission. Mais il leur reste maintenant la quantité considérable et toute la richesse des données recueillies, sur lesquelles ils vont maintenant pouvoir continuer à travailler pendant très longtemps. Et, qui sait, peut-être qu'un jour, dans les années 2030 ou 2040, une nouvelle mission, encore plus ambitieuse, retournera explorer les mondes mystérieux de Saturne.

Pour aller plus loin

Les sites suivants permettent de consulter les résultats et les images de la mission Cassini-Huygens :

- Site du CNES (en français) : <https://cassini-huygens.cnes.fr/fr/>
- Site du JPL/NASA (en anglais) : <http://saturn.jpl.nasa.gov>
- Le film de la descente de Huygens sur Titan : <https://youtu.be/msiLWxDayuA>

Enfin, l'ouvrage récent « Les mondes de Saturne », par Alice Le Gall, Sandrine Guerlet, Sandrine Vinatier et Sébastien Charnoz, Belin (2022) fait un point très complet et détaillé sur les connaissances actuelles concernant le système de Saturne obtenues grâce à la mission Cassini-Huygens.

12 décembre 2018
(mise à jour en juillet 2023)

