

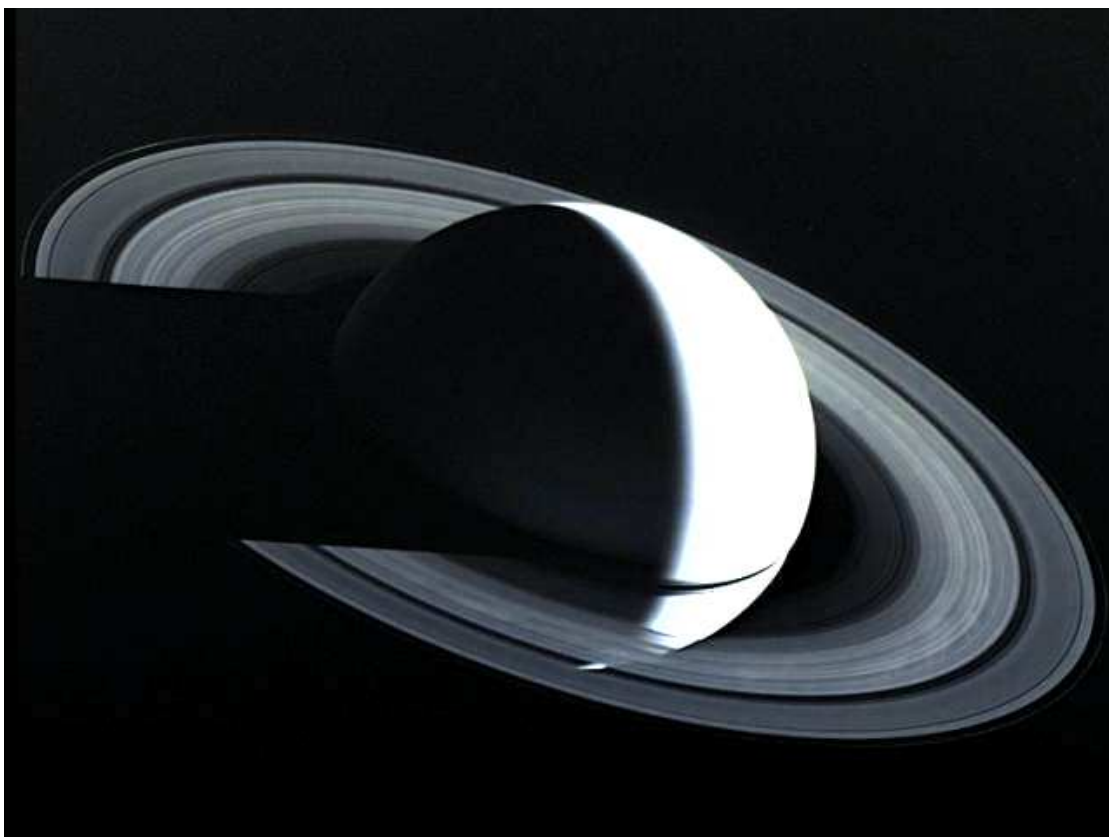
## Le seigneur des anneaux : Saturne

Connue depuis l'antiquité, Saturne porte le nom du Dieu du Temps (Chronos chez les Grecs), probablement à cause de sa lente révolution.

Observée par Galilée avec sa lunette, il remarqua deux protubérances, pensant qu'il s'agissait de satellites. Mais deux plus tard il constat qu'ils avaient disparu (il venait en fait d'observer les anneaux de Saturne par la tranche).

En 1655, Christian Huygens, grâce à un instrument plus performant comprit que Saturne était en fait entouré d'un système d'anneaux. En 1675, Jean-Dominique Cassini mit en évidence la division sombre qui sépare les anneaux de Saturne et qui depuis porte le nom de division de Cassini.

En 1758, Pierre-Simon de Laplace, établit que les anneaux ne pouvaient être formés de disques solides, car le champ de gravité de la planète les auraient détruits.



Saturne vue par Voyager I en 1981

### Caractéristiques de Saturne

Deuxième plus grande planète du système solaire après Jupiter, Saturne possède une masse imposante : 95 fois celle de la Terre. Elle ressemble en bien des points à Jupiter ; elle possède

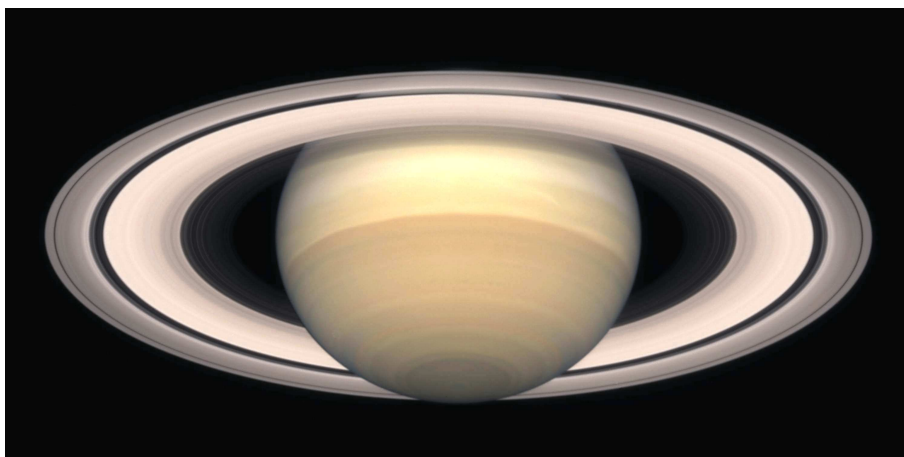
probablement un noyau de glaces et de roches formé par accréation de petits corps au sein de la nébuleuse primitive. Puis ce noyau a acquis une masse suffisante pour retenir les molécules de gaz environnante. Sa densité (0.69 fois celle de l'eau) en fait la planète la plus "légère" du système solaire ; s'il existait un océan suffisamment vaste pour la contenir, elle flotterait dessus.

Grâce aux analyses des mesures relevées par les sondes spatiales Pioneer 11, Voyager 1 et Voyager 2, le Dr Hubbard considère que Saturne est constituée de 4 parties : un noyau de roche ou de glace de 15000 km de rayon ; un noyau externe composé d'hydrogène métallique (les électrons circulent librement entre les noyaux d'hydrogène, ce qui est très bon conducteur d'électricité), d'un rayon de 20000 km ; un manteau liquide composé d'hydrogène moléculaire et d'hélium qui s'étend sur 25000 km et enfin une zone de transition jusqu'à l'atmosphère nuageuse qui s'étend sur 1300 km.

L'atmosphère supérieure de Saturne est principalement constituée de cristaux de méthane et d'ammoniac, auxquels s'ajoutent en plus faible proportion des éléments organiques tels que l'éthane, l'acétylène ou la phosphine, donnant à Saturne une coloration jaunâtre marquée de zones rouges et brunes.

Ses bandes sont plus pâles que celles de Jupiter et sont également plus larges au niveau de l'équateur. A l'inverse de Jupiter, très peu de détails atmosphériques n'apparaissent depuis la Terre. Aussi l'arrivée des sondes Voyager près de Saturne fut très appréciée par la communauté scientifique qui put enfin étudier la circulation atmosphérique de Saturne en détails.

Au sommet de la couche nuageuse, la sonde spatiale Voyager 2 a relevé une température de  $-160^{\circ}\text{C}$ , soit  $30^{\circ}$  plus chaude que la température d'équilibre à cette distance du Soleil. Cela signifie que Saturne, comme Jupiter, émet 3 fois plus d'énergie qu'elle n'en reçoit du Soleil. Ce phénomène pour le moins original pour une planète s'explique par le mécanisme de Kelvin-Helmholtz et est lié à la libération d'énergie du noyau. En traversant le manteau d'hydrogène moléculaire, l'hélium se transforme en hydrogène métallique, en libérant de la chaleur.



Cette énergie porte le noyau de Saturne à une température de 12000 K légèrement inférieure à celle de Jupiter (20000 K). Ce mécanisme compresse gravitationnellement la planète mais ne pourra jamais provoquer une fusion nucléaire car sa masse et sa température sont bien trop faibles. Mais la compression gravitationnelle du noyau ne peut seule expliquer la chaleur

interne de Saturne. Il est probable que les "pluies" d'hélium en interaction près du noyau jouent ici un second rôle important.

D'apparence très calme, l'atmosphère de Saturne est pourtant plus perturbée que celle de Jupiter. Les vents les plus violents apparaissent non pas à l'intersection des bandes et des zones mais au milieu de celles-ci. Les courants atmosphériques circulent horizontalement dans une direction est-ouest et de sens contraire, à une vitesse trois fois plus importante que sur Jupiter (450 m/s, 1600 km/h contre 150 m/s).

La couche nuageuse s'étend sur une épaisseur de 300 km environ, dans laquelle la température diminue régulièrement. D'un maximum de 20°C dans les couches les plus profondes jusqu'à -160°C au sommet des nuages

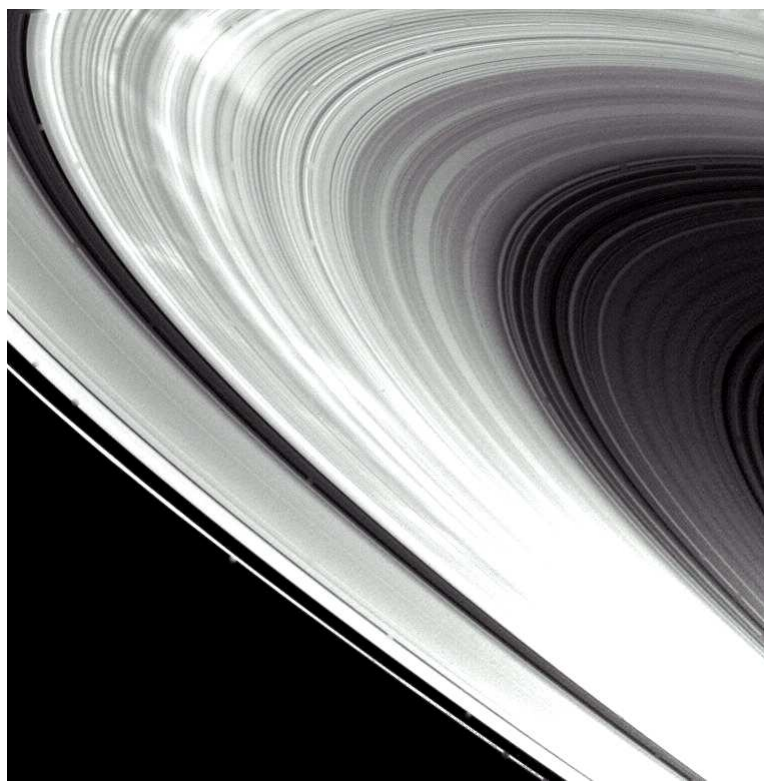
Les gros plans de l'atmosphère de Saturne révèlent une série de petits vortex clairs, de tourbillons et de taches dont la coloration varie avec la profondeur, passant d'une teinte rouge ou blanche en altitude, au brun puis au bleu à mesure que l'on s'enfonce dans les nuages.

Aucun éclair n'a été détecté dans l'hémisphère plongée dans la nuit, comme ce fut le cas sur Jupiter. Mais les détecteurs ont malgré tout enregistré des décharges électriques dont l'origine n'a pu être établie, peut-être proviennent-ils des anneaux de Saturne. A l'inverse de Jupiter, l'activité des aurores polaires est plus intense. Elles apparaissent de façon continue aux alentours de 80° de latitude, sans lien avec l'activité solaire. Des émissions ultraviolettes naissent aussi près du limbe et se propagent vers l'équateur. L'origine de ces phénomènes n'est pas encore établie.

Enfin, Voyager 1 a détecté autour de Saturne un immense nuage d'hydrogène neutre qui s'étend jusqu'à peu de distance de l'orbite de Titan (800000 km), probablement alimenté par les particules qui se libèrent de la haute atmosphère du satellite.

### **Les anneaux de Saturne et ses satellites**

Présent autour des 4 planètes gazeuses, Saturne présente les anneaux les plus vastes et les plus spectaculaires. Situés dans le plan équatorial de Saturne, ils s'étendent jusqu'à plus de 300000 km du centre de la planète, alors que leur épaisseur n'est que de quelques centaines de mètres. On en dénombre pas moins de 7 principaux, dénommés A, B, C, D, E, F et G, séparés par des divisions sombres correspondant à des vides plus ou moins relatifs.

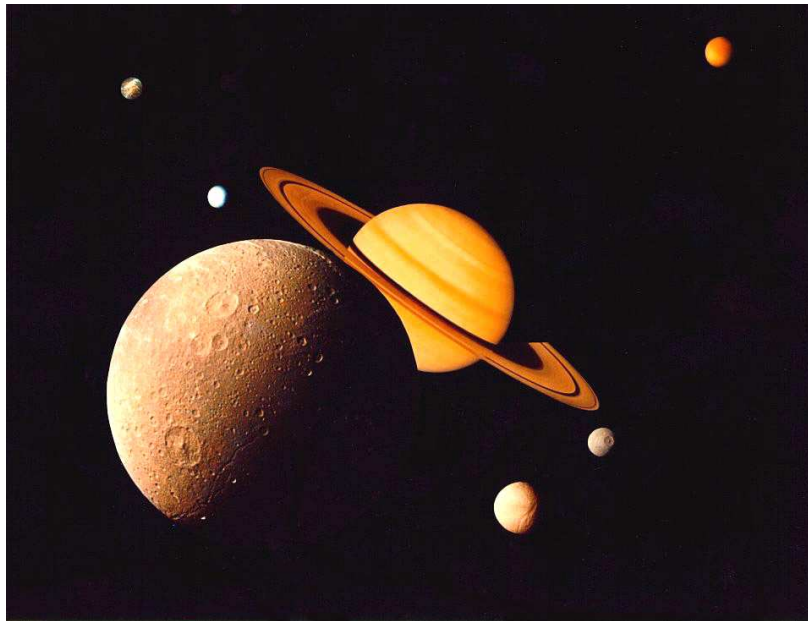


Chaque anneau principal est en réalité constitué de milliers d'annelets, en évolution permanente.

Ces anneaux sont constitués de blocs de glaces mêlés de débris rocheux, dont la taille varie de quelques millimètres à un kilomètre.

De plus des satellites, qualifiés de satellites bergers, circulent dans les anneaux, dont ils confinent la matière.

Saturne compte à ce jour près de 50 satellites. Les plus petits mesurent quelques km et le plus gros, Titan, mesure plus de 5150 km de diamètre. Ils présentent quasiment tous une surface cratérisée et sont constitués de roches ou de glace, voir les deux.



## **Titan**

Titan est un objet fascinant. C'est un des plus gros satellite du système solaire ; plus grand que Mercure et Pluton, ce satellite fut survolé par la sonde spatiale Voyager 1 en 1980 parce qu'il est le seul dans tout le système solaire à disposer d'une épaisse atmosphère. Survolé à moins de 4000 km de distance, ces quelques minutes de survol ont toutefois laissés les astronomes sur leur fin. La couche de nuages qui recouvre Titan est opaque et ne laisse rien deviner de sa surface.

Ce satellite encore mystérieux présente un noyau rocheux large de 3400 km entouré d'un manteau constitué de différentes glaces cristallines mais on ignore s'il est structuré comme Ganymède ou homogène comme Callisto. On sait peu de chose de sa surface. Depuis 1989 les planétologues pensent toutefois qu'elle est recouverte ci et là de lacs de méthane ou d'un mélange d'éthane/méthane formé par la précipitation d'éthane liquide et profonds de 1000m.

Analysant la surface de Titan dans le proche infrarouge où son atmosphère devient plus transparente, le Télescope Spatial Hubble révéla en 1995 des effets de marées, des indices supplémentaires appuyant l'existence de continents et d'étendues liquides. Ces dernières ne formeraient pas un océan mais plutôt des lacs séparés les uns des autres par des terres permafrost. Au milieu de ces lacs s'élève également un vaste continent grand comme

l'Australie. La pression au sol est de 1600 mb, légèrement supérieure à celle qui règne à la surface de la Terre (1013 mb).

Malgré sa taille, la présence d'un noyau et d'un manteau probablement fluide Titan ne présente pas de champ magnétique et gravite occasionnellement en-dehors de la magnétosphère de Saturne. Il est donc exposé périodiquement au vent solaire dont les particules de forte énergie sont à même d'ioniser les molécules situées au sommet de son atmosphère.

Les nuages de Titan présentent une coloration orangée très prononcée qui se stratifie en haute altitude. Il existe probablement deux couches nuageuses à environ 200 et 300 km d'altitude. Avec une température au-dessus de la couche nuageuse proche de  $-100^{\circ}\text{C}$  et de  $-179^{\circ}\text{C}$  au sol, Titan reste un monde glacé. A de si basse température, l'eau glacée présente sur le sol ne peut pas se sublimer dans son atmosphère qui ne contient pratiquement pas de vapeur d'eau. Mais elle est par contre chimiquement très riche.

Son atmosphère, plus dense que celle de la Terre, a conservé ses composants primitifs et est principalement constituée d'azote (80%), d'argon (12%) et de méthane (6%), ce dernier dominant la haute atmosphère. Fait intéressant, le rayonnement solaire dégrade ces molécules, les transformant en composés hydrocarbonés (acide cyanhydrique, éthane, éthylène, propane, dioxyde de carbone, etc). On trouve également de l'hydrogène moléculaire à l'état de trace (0.2%). Dans les basses couches l'atmosphère doit être assez similaire au "smog" qui stagne au-dessus de nos grandes villes mais il est beaucoup plus épais.

Par bien des facettes Titan reste un lieu de prédilection pour les futures explorations spatiales car son atmosphère rassemble les composés prébiotiques qui donnèrent naissance à la vie sur Terre. Mis à part l'absence d'eau et une température très hostile, Titan reste un laboratoire où les signes précurseurs de la vie ont pu apparaître.

Depuis le passage de la sonde Voyager I en 1980, on sait que sont fabriqués dans son atmosphère des composés organiques à base d'azote, de carbone et d'hydrogène, que l'on appelle les nitriles et qui sur Terre ont aboutis à la formation de certains constituants de la vie.

Titan est donc un objet fascinant pour tous ceux qui s'intéressent à la chimie prébiotique. On attend donc avec impatience les données que devrait recueillir la sonde Cassini et surtout son module Huygens, chargé de plonger dans l'atmosphère de Titan.

<b>Caractéristiques</b>	<b>Saturne</b>
<i>Distance moyenne au Soleil</i>	1.4 milliards de km
<i>Diamètre équatorial</i>	120536 km
<i>Durée de la rotation</i>	10h14
<i>Durée de la révolution</i>	29 ans
<i>Température moyenne</i>	$-180^{\circ}\text{C}$
<i>Nombre de satellites connus</i>	49