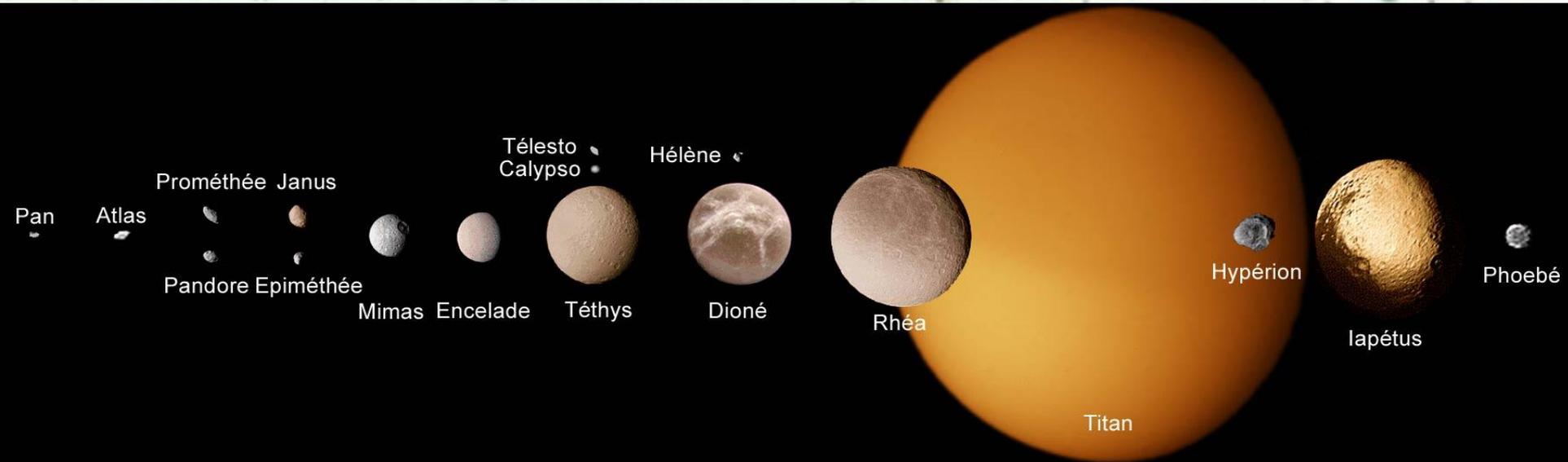


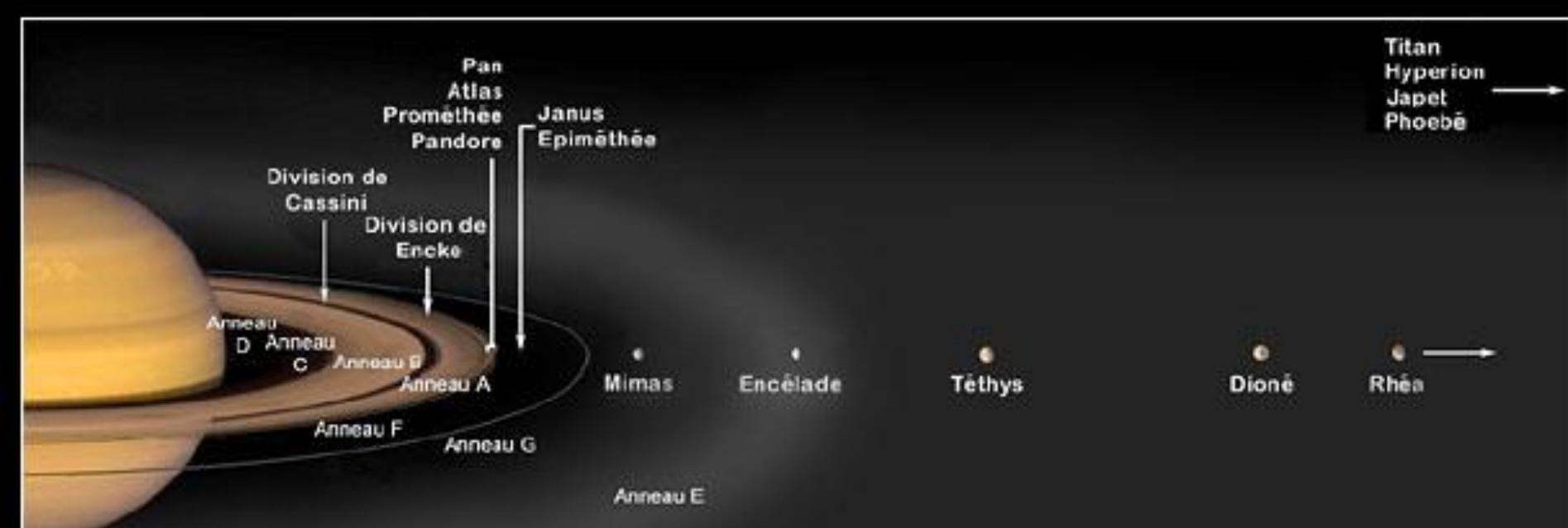
# Les satellites de Saturne



On compte environ 200 corps qui pourraient en être, mais ils ne sont pas sûrs. Environ 62 sont vraiment confirmés mais seulement 53 méritent un nom.

Satellite	Distance (milliers de km)	Rayon (km)	Masse (kg)	Découvert par	Date
<u>Pan</u>	134	10	?	Showalter	1990
<u>Atlas</u>	138	14	?	Terrile	1980
<u>Prométhée</u>	139	46	2.70e17	Collins	1980
<u>Pandore</u>	142	46	2.20e17	Collins	1980
<u>Epiméthée</u>	151	57	5.60e17	Walker	1980
<u>Janus</u>	151	89	2.01e18	Dollfus	1966
<u>Mimas</u>	<b>186</b>	<b>196</b>	<b>3.80e19</b>	<u>Herschel</u>	<b>1789</b>
<u>Encelade</u>	<b>238</b>	<b>260</b>	<b>8.40e19</b>	<u>Herschel</u>	<b>1789</b>
<u>Téthys</u>	<b>295</b>	<b>530</b>	<b>7.55e20</b>	<u>Cassini</u>	<b>1684</b>
<u>Telesto</u>	295	15	?	Reitsema	1980
<u>Calypso</u>	295	13	?	Pascu	1980
<u>Dioné</u>	<b>377</b>	<b>560</b>	<b>1.05e21</b>	<u>Cassini</u>	<b>1684</b>
<u>Hélène</u>	377	16	?	Laques	1980
<u>Rhéa</u>	<b>527</b>	<b>765</b>	<b>2.49e21</b>	<u>Cassini</u>	<b>1672</b>
<u>Titan</u>	<b>1222</b>	<b>2575</b>	<b>1.35e23</b>	<u>Huygens</u>	<b>1655</b>
<u>Hyperion</u>	1481	143	1.77e19	<u>Bond</u>	1848
<u>Japet</u>	<b>3561</b>	<b>730</b>	<b>1.88e21</b>	<u>Cassini</u>	<b>1671</b>
<u>Phobé</u>	12952	110	4.00e18	<u>Pickering</u>	1898

**Vingt-quatre des lunes de Saturne sont des satellites réguliers** (*satellite ayant une orbite quasi circulaire et peu incliné et prograde*). Les satellites réguliers sont généralement nommés suivant le nom des Titans ou d'autres personnages associés au dieu Saturne.



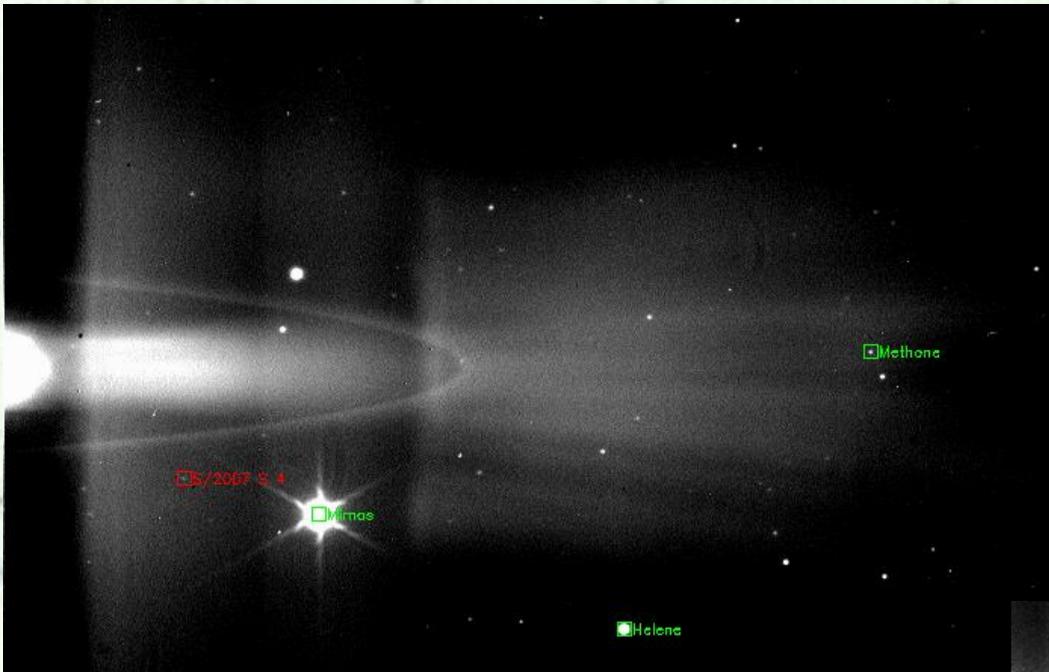
Le système de lunes de Saturne est très inégal : une lune, Titan, comprend plus de 96 % de la masse en orbite autour de la planète. Les six lunes sphériques en représentent environ quatre pour cent, tandis que les autres petites lunes, avec les anneaux, ne représentent que 0,04 %. Il est possible de regrouper les satellites de Saturne en dix groupes.



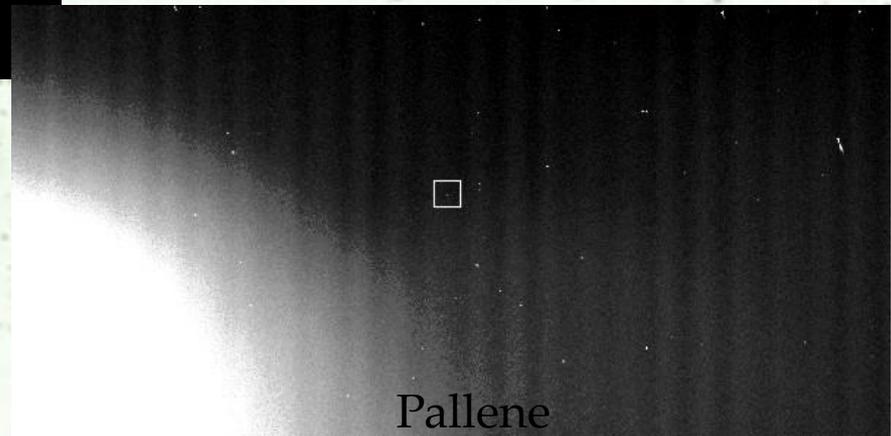
Parmi les satellites réguliers, on trouve :

**les sept satellites majeurs sphériques,**

**les quatre satellites troyens** qui ont une orbite commune à un satellite majeur, Hypérion qui orbite en résonance avec Titan et les trois petites lunes (Méthone, Anthée et Pallène) entre Mimas et Encelade qui constituent le **groupe des Alcyonides**.



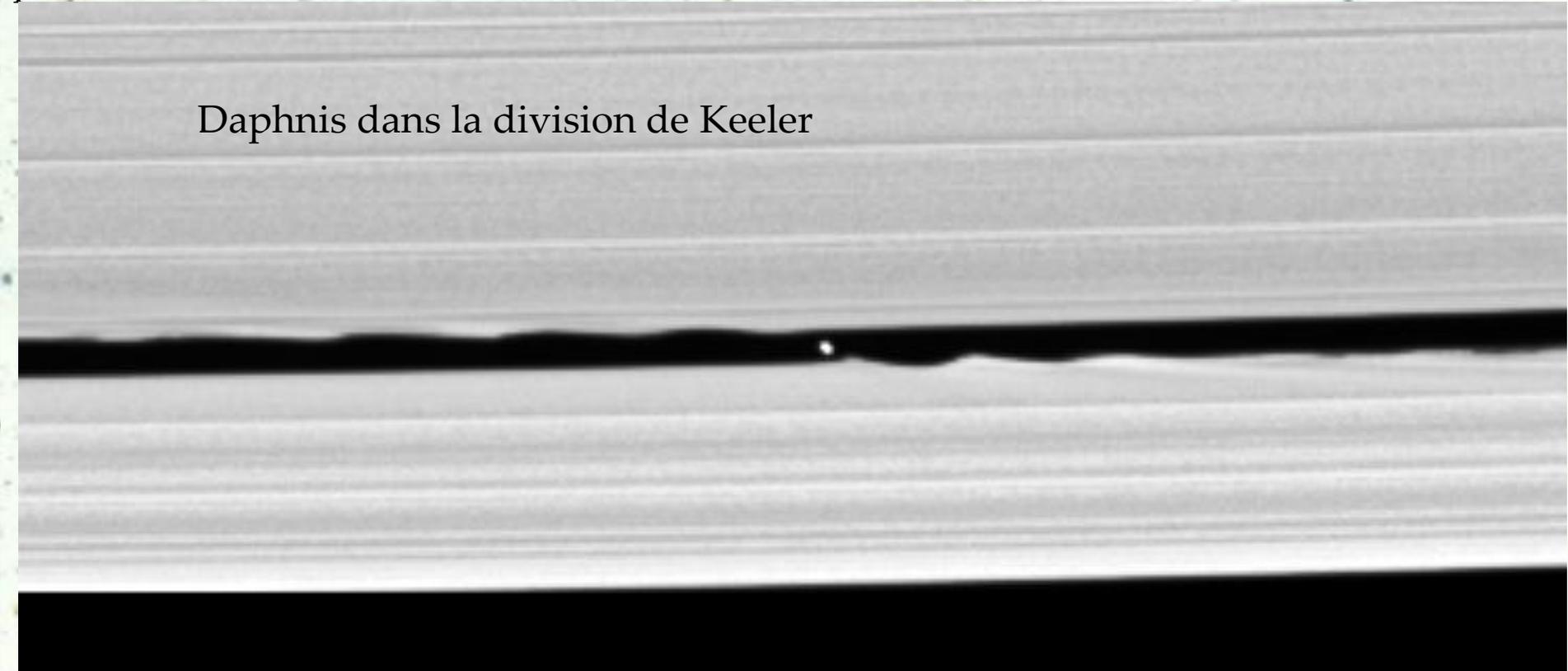
**Les autres satellites réguliers** (S/2009 S1, Pan, Daphnis, Atlas, Prométhée, Pandore, Janus, Épiméthée, Égéon) sont situés dans les anneaux de Saturne, de l'anneau B (S/2009 S 1) à l'anneau G (Égéon).



Parmi eux, **les satellites bergers** sont des lunes qui orbitent à l'intérieur ou juste à la limite d'un système d'anneaux planétaires, en sculptant les bords ou en créant des lacunes entre eux. Les satellites bergers de Saturne sont **Pan** (dans la division d'Encke), **Daphnis** (dans la division de Keeler), **Atlas** (satellite berger externe de l'anneau A), **Prométhée** (satellite berger interne de l'anneau F) et **Pandore** (satellite berger externe de l'anneau F).

Ces lunes se sont probablement formées par accrétion de matériaux de l'anneau sur un cœur massif et dense préexistant. Ce cœur, d'environ la moitié à un tiers de la masse actuelle du satellite, pourrait être lui-même le débris de la désintégration d'un satellite plus ancien.

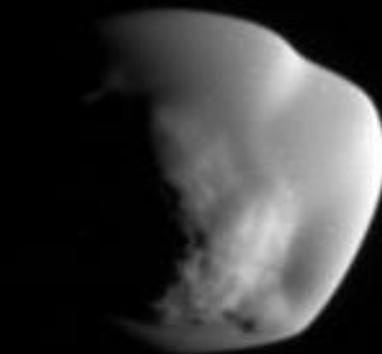
Daphnis dans la division de Keeler



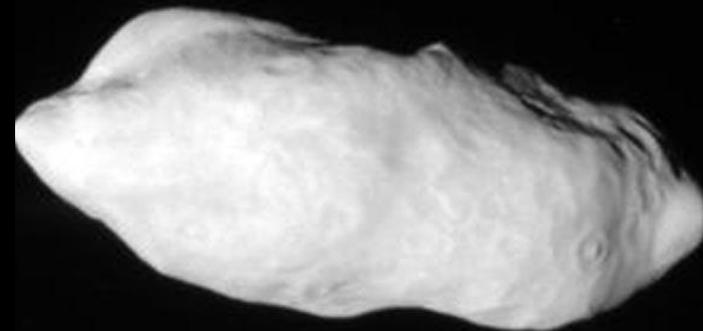


Pan dans la division d'Encke

Atlas berger de l'anneau A



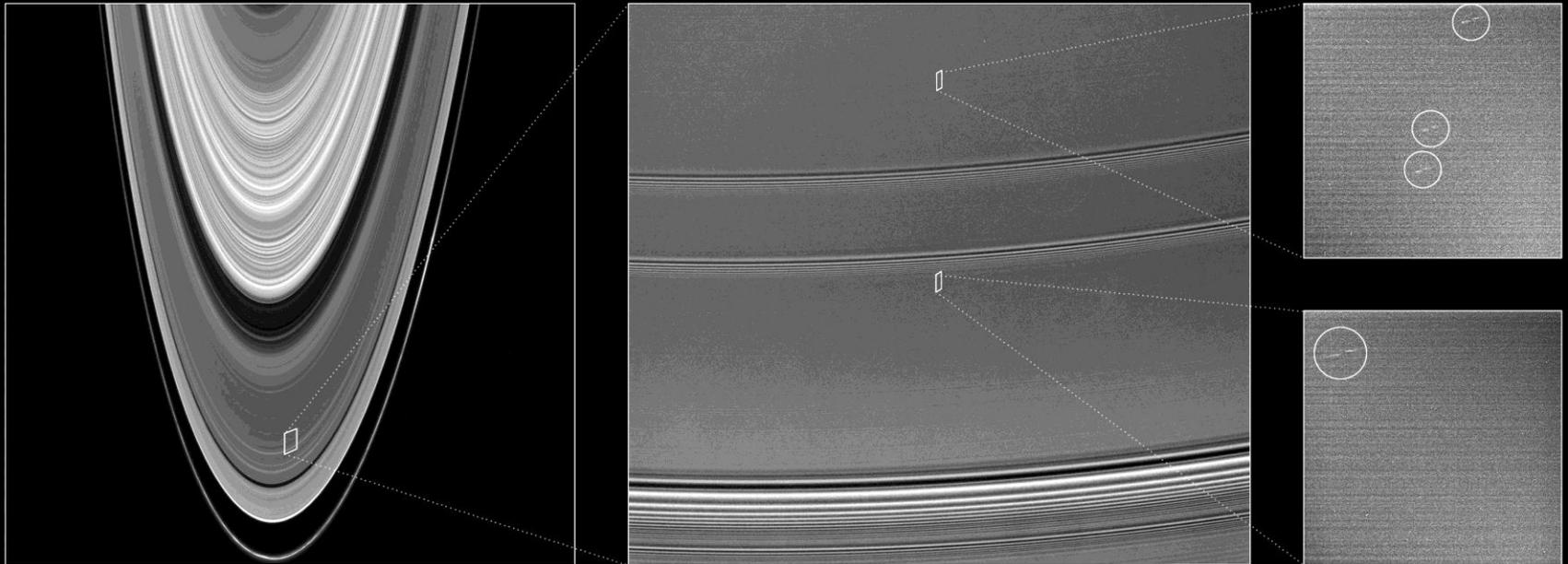
Pandore berger externe de l'anneau F



Prométhée berger interne de l'anneau F

## Les Satellites des anneaux

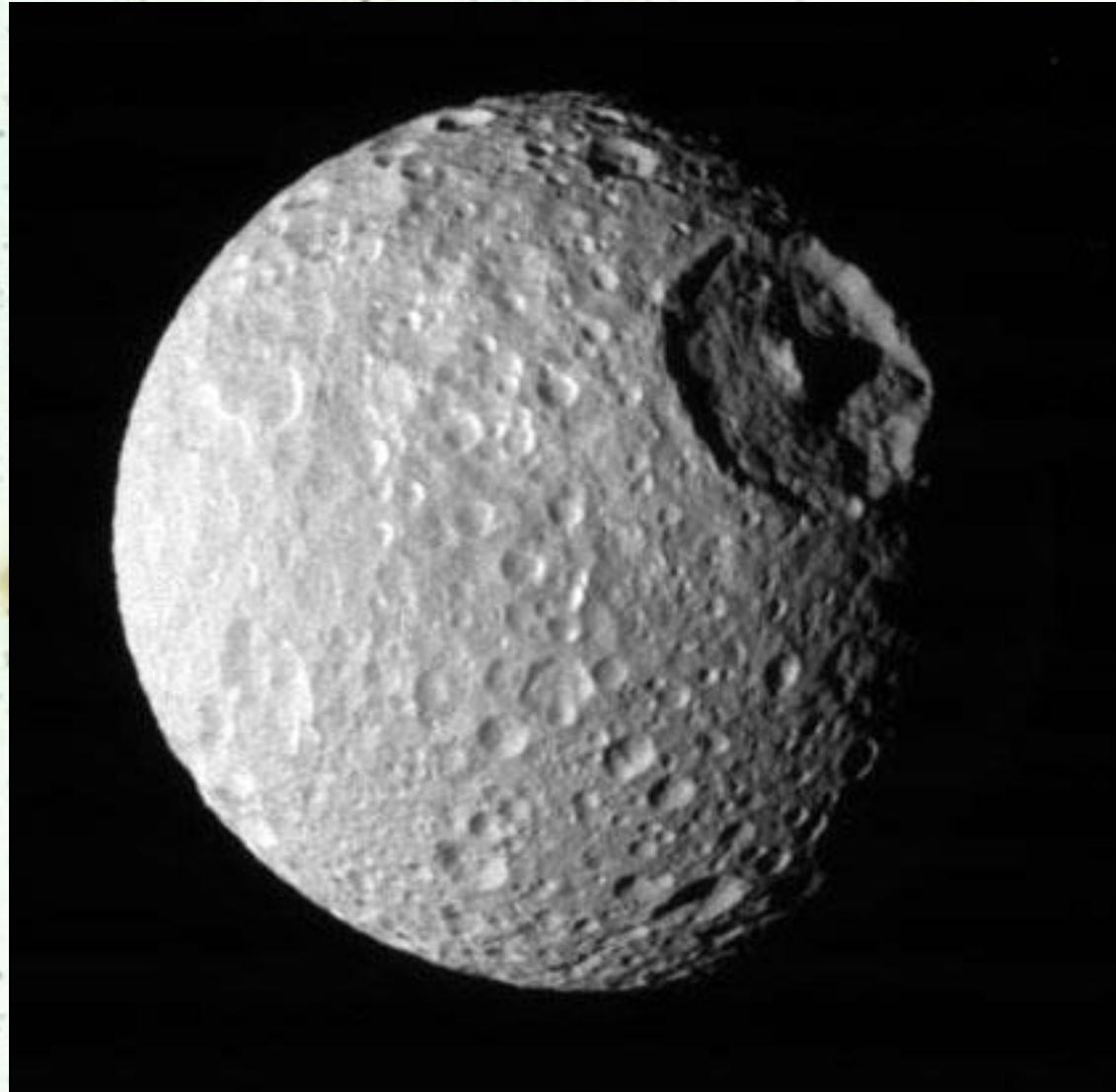
Contrairement à Pan et Daphnis, qui sont assez massifs pour nettoyer l'espace autour d'eux et créer une division, ces minuscule satellites ne perturbent l'anneau que sur une dizaine de kilomètres, créant des structures en forme d'hélices (*propellers* en anglais). Ils apparaissent donc comme deux traits clairs sur la surface de l'anneau. Les hélices mesurent typiquement quelques kilomètres à quelques centaines de kilomètres de long de part et d'autre de ces lunes, lesquelles mesurent elles-mêmes quelques dizaines de mètres à un ou deux kilomètres de long. **En 2007, plus de 150 objets de ce type avaient été observés.** Ils sont tous situés dans 3 bandes étroites de l'anneau A entre 126 750 km et 132 000 km du centre de Saturne.



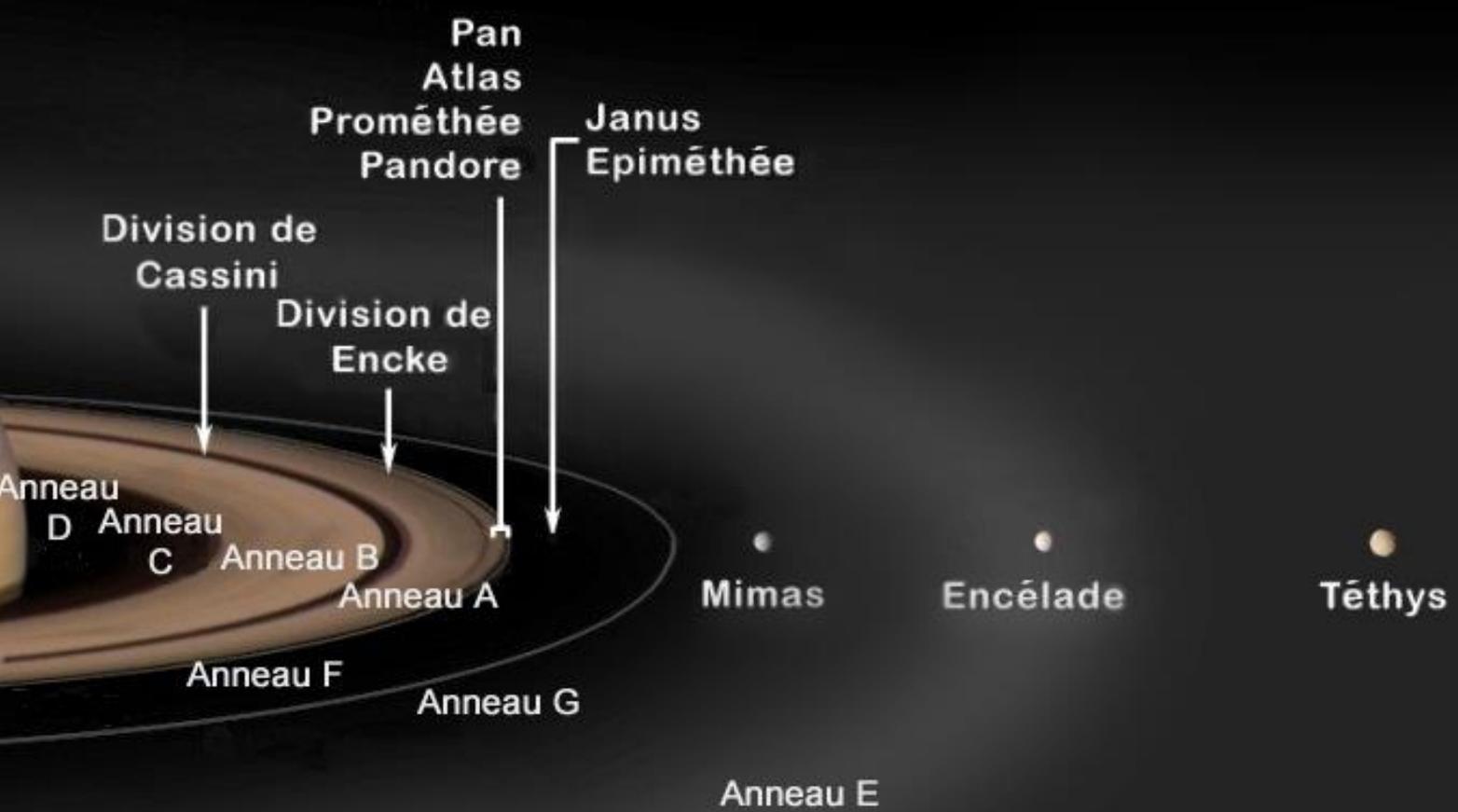
## Satellites majeurs internes

Quatre satellites majeurs internes de Saturne orbitent dans l'anneau E, en compagnie des trois petites lunes du groupe des Alcyonides.

Mimas, avec un diamètre de 396 km, est la plus petite des quatre et l'un des plus petits corps sphéroïde du système solaire. Elle est de forme ovoïde (son diamètre varie de 382km à 418km), légèrement aplatie au niveau des pôles et renflée au niveau de l'équateur. La face avant de Mimas est marquée par un large cratère de 130 kilomètres de diamètre, nommé cratère Herschel (nom de son découvreur). Ses flancs font 5km de haut, on y rencontre des gouffres de 10 km de profondeur et un pic central de 6km de haut. La lune est fracturée jusqu'à la face opposée. Sa surface est dominée par la présence de cratères d'impacts, et ne présente pas de trace d'activité géologique.

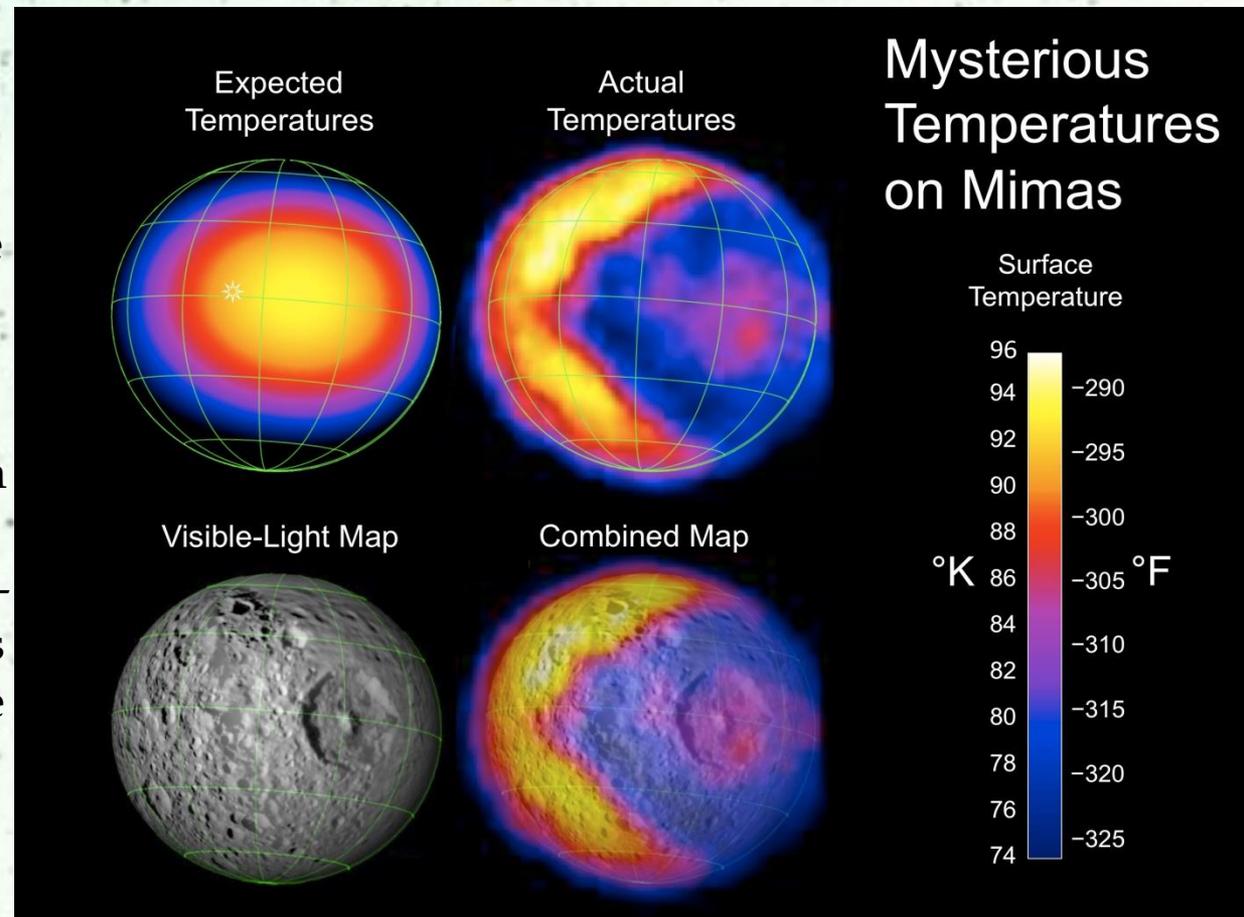


Le rôle gravitationnel de Mimas au sein du système saturnien n'est pas négligeable. Ainsi, l'orbite du satellite se trouvant en résonance avec la division de Cassini, les passages successifs de Mimas maintiendraient la faible densité de particules dans la division qui, contrairement à d'autres divisions plus étroites des anneaux, n'est pas vide de matières. Mimas, par résonance également, maintiendrait la cohésion de l'anneau diffus G qui se situe juste à l'intérieur de son orbite.



En mars 2010, la NASA publie sur le site de la mission Cassini des images présentant la température à la surface de Mimas. La distribution obtenue diffère sensiblement de celle qui était attendue (diminuant graduellement en s'éloignant de l'équateur) avec des limites distinctes formant une image proche d'un Pac-Man gobant une pac-gomme (le cratère Herschel). La température moyenne de la partie *chaude* approche 92 K ( $\approx -181^\circ\text{C}$ ), alors que la température de la partie froide serait aux alentours de 77 K ( $\approx -196^\circ\text{C}$ ).

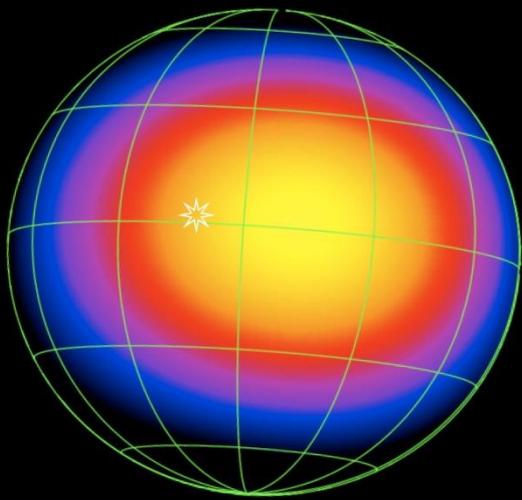
Ils expliquent ces variations de température par la présence de matériaux de conductivités thermiques différentes : la partie froide de la surface serait composée de matériaux de conductivité supérieure, absorbant l'énergie du Soleil en direction des couches inférieures au lieu de chauffer la surface elle-même. Toutefois les variations de conductivité à la surface de Mimas restent mystérieuses.



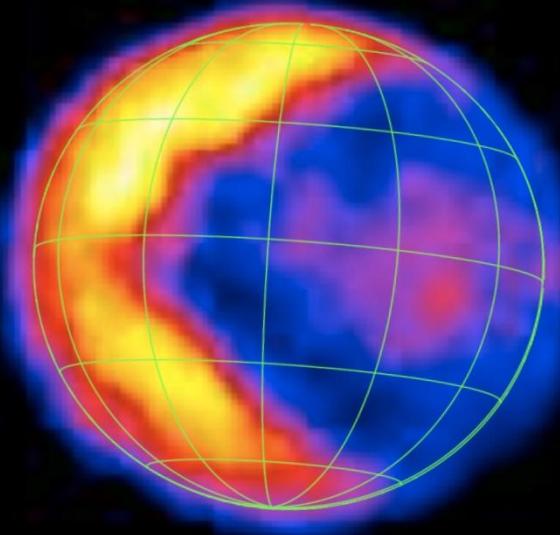
mars 2010

# Mysterious Temperatures on Mimas

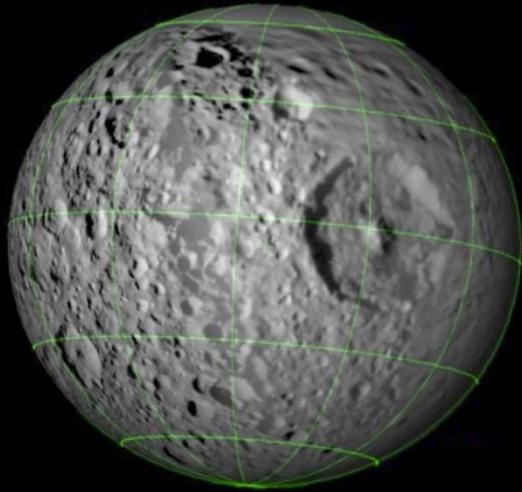
Expected  
Temperatures



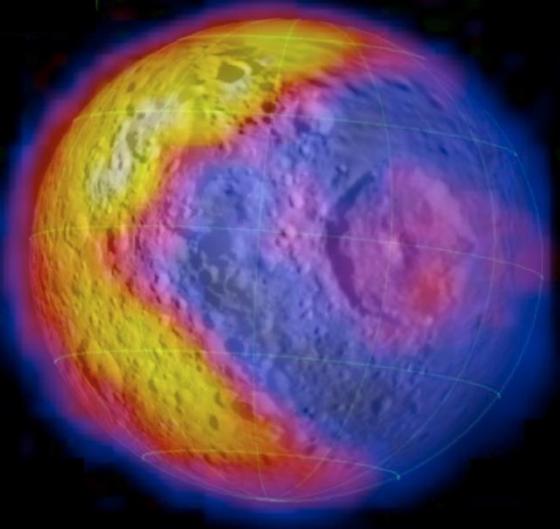
Actual  
Temperatures



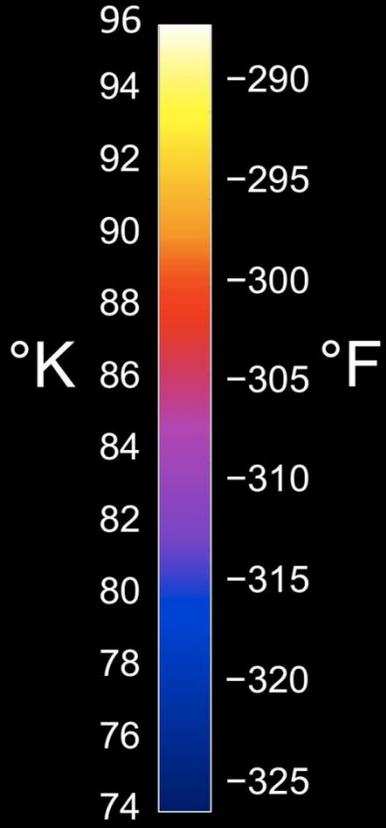
Visible-Light Map



Combined Map

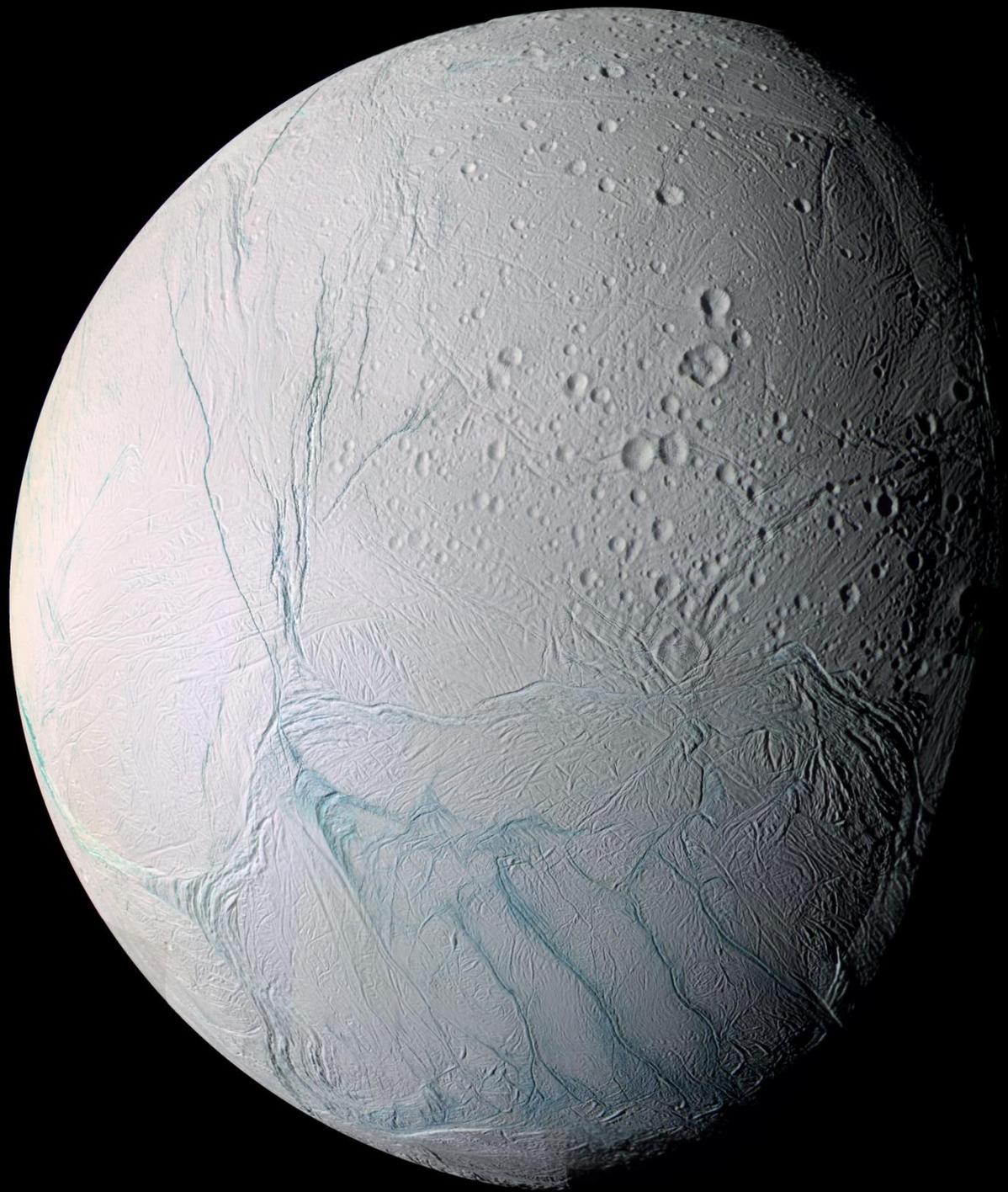


Surface  
Temperature

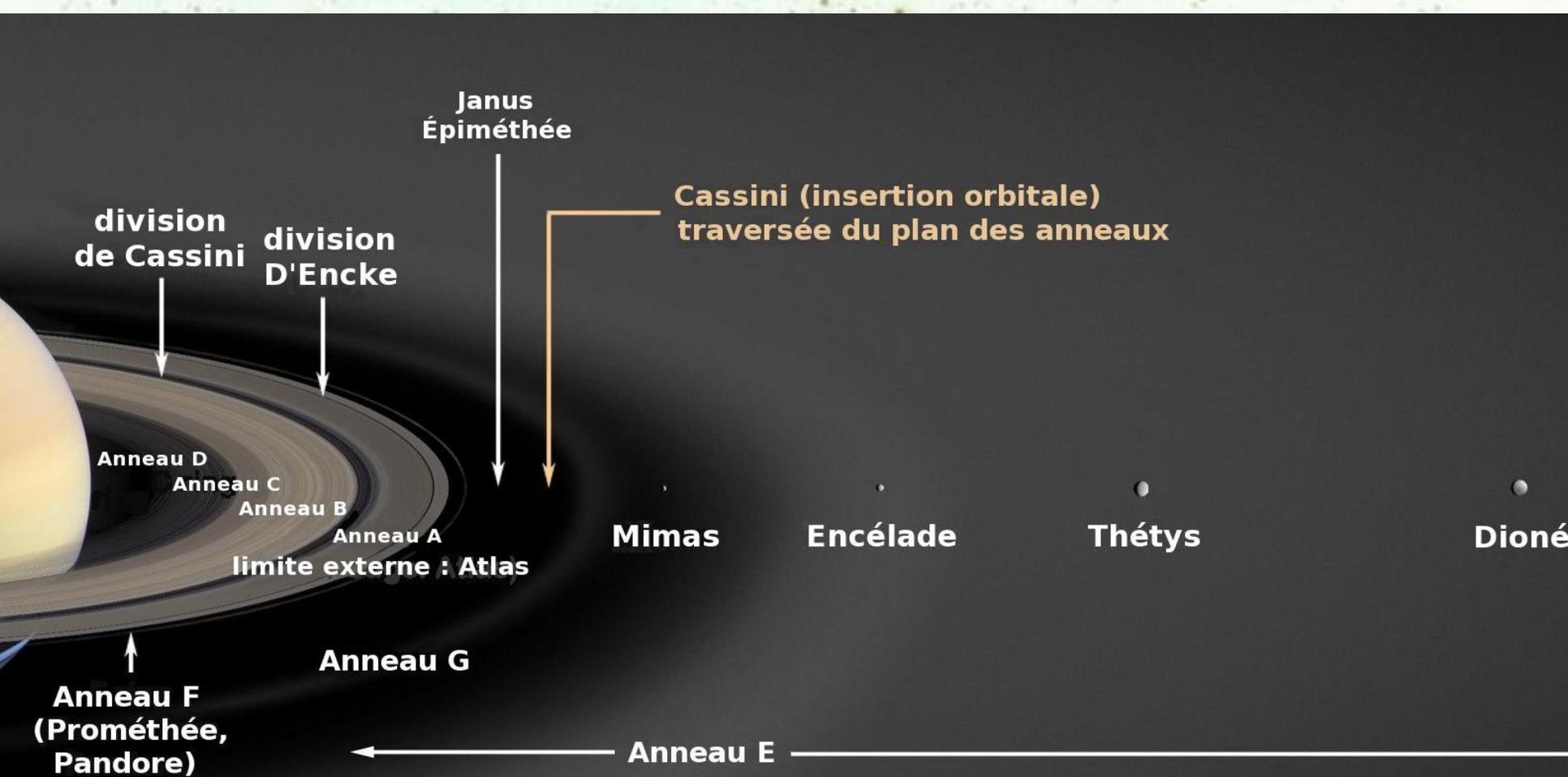


# Encelade

Découvert par William Herschel en 1789. Il s'agit du sixième satellite de Saturne par la taille et du quatorzième par son éloignement.

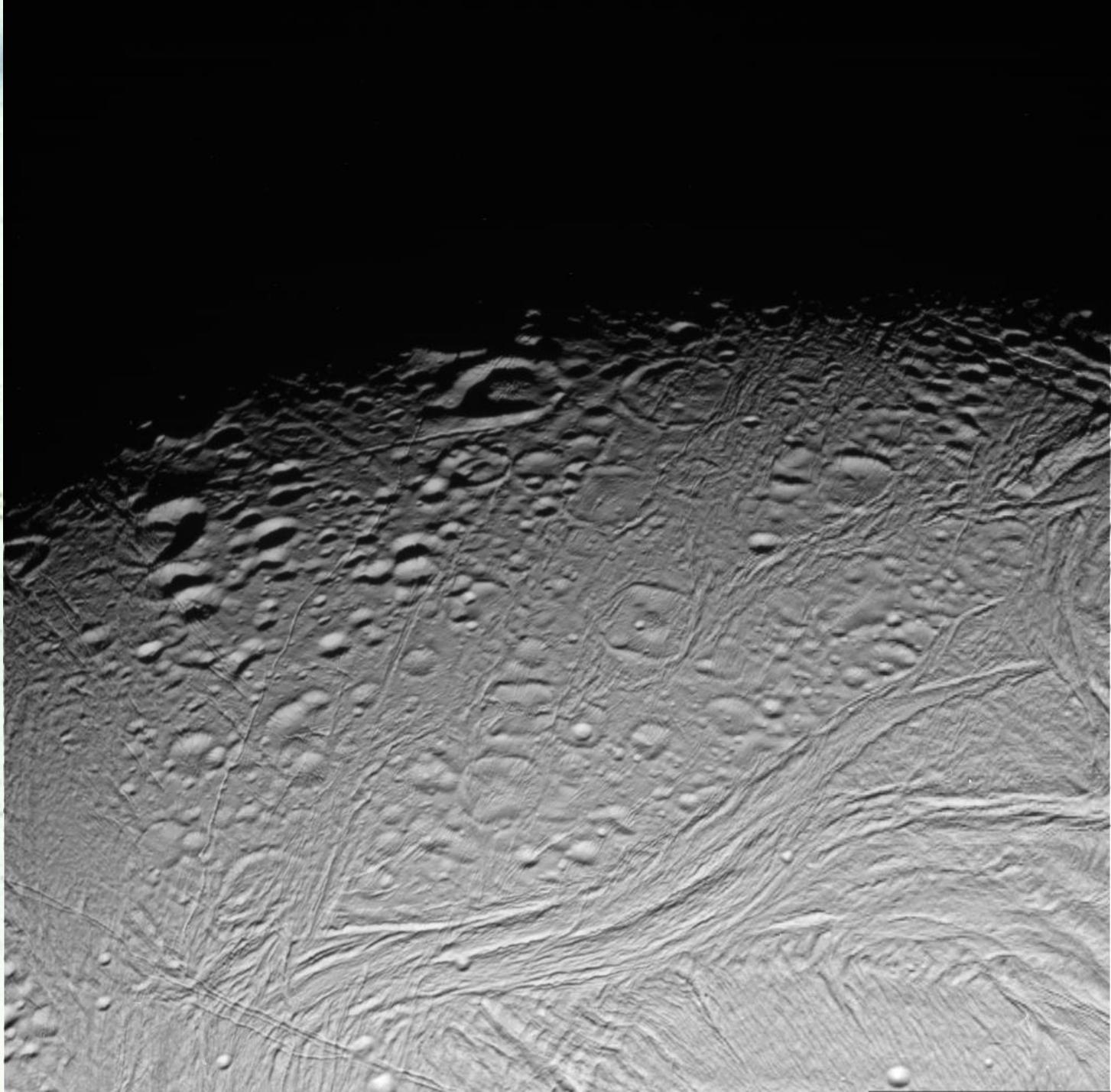


Il tourne à l'intérieur de l'anneau E. il est en résonance 2:1 avec Dioné. Il est à 180 000 km de Saturne, dont il fait le tour en 33h environ, et il est en rotation synchrone sur une orbite quasi circulaire et quasiment dans le plan de l'équateur. Il ne fait que 500 km de diamètre, n'est jamais visible à l'œil nu malgré son albédo de 0,99, du fait que la surface est glacée.



Comme sur tous les corps du système solaire Encelade est couverte de cratères d'impact. Par contre ces cratères d'impact sont dégradés. Ces cratères ne sont pas répartis de la même manière sur toute la surface donc les terrains ne sont pas tous du même âge mais on sait qu'ils sont plus jeunes que sur les autres satellites.

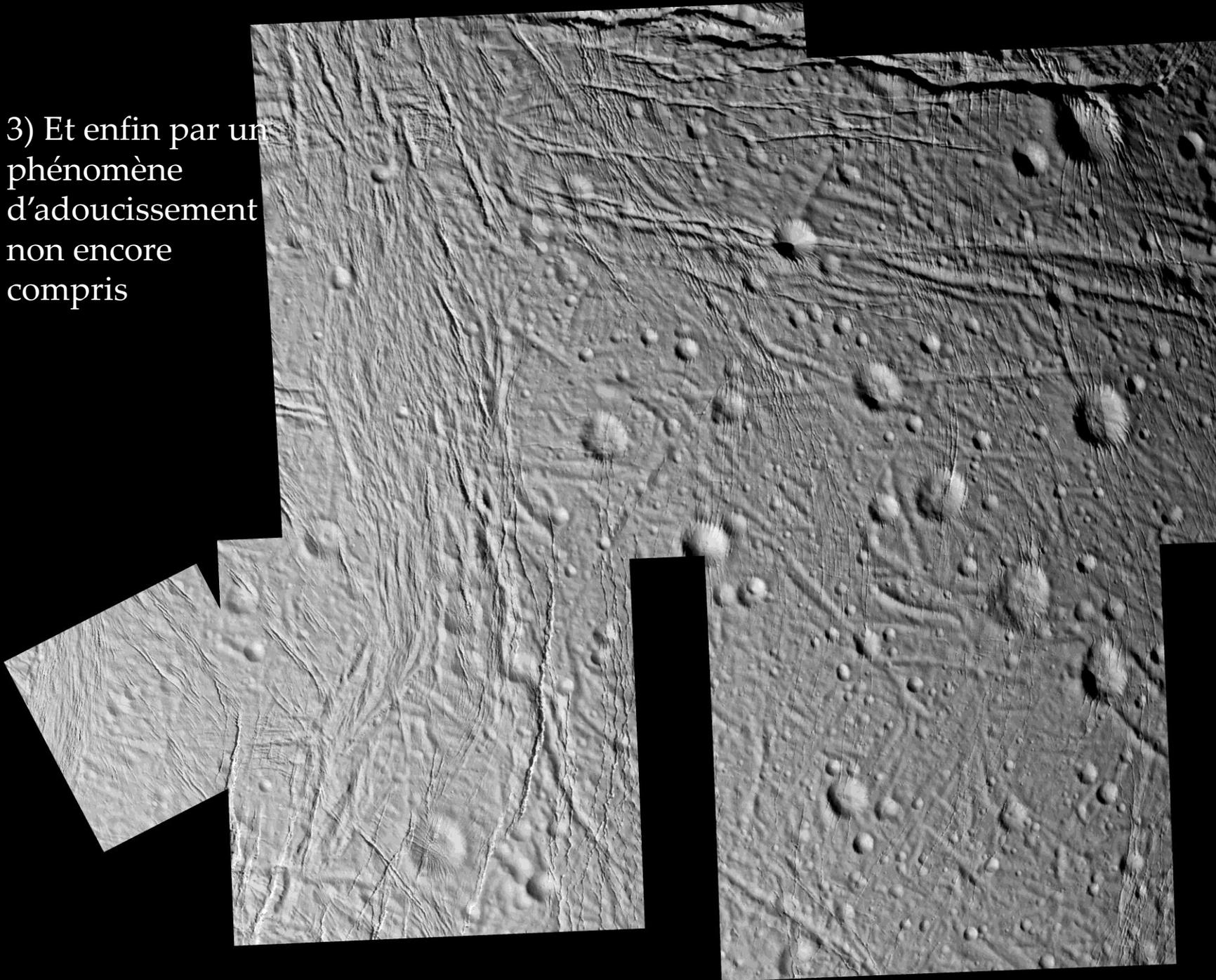
Nous avons trois type de terrain :  
1) Dégradé par la relaxation visqueuse (*déformation due à la glace*).



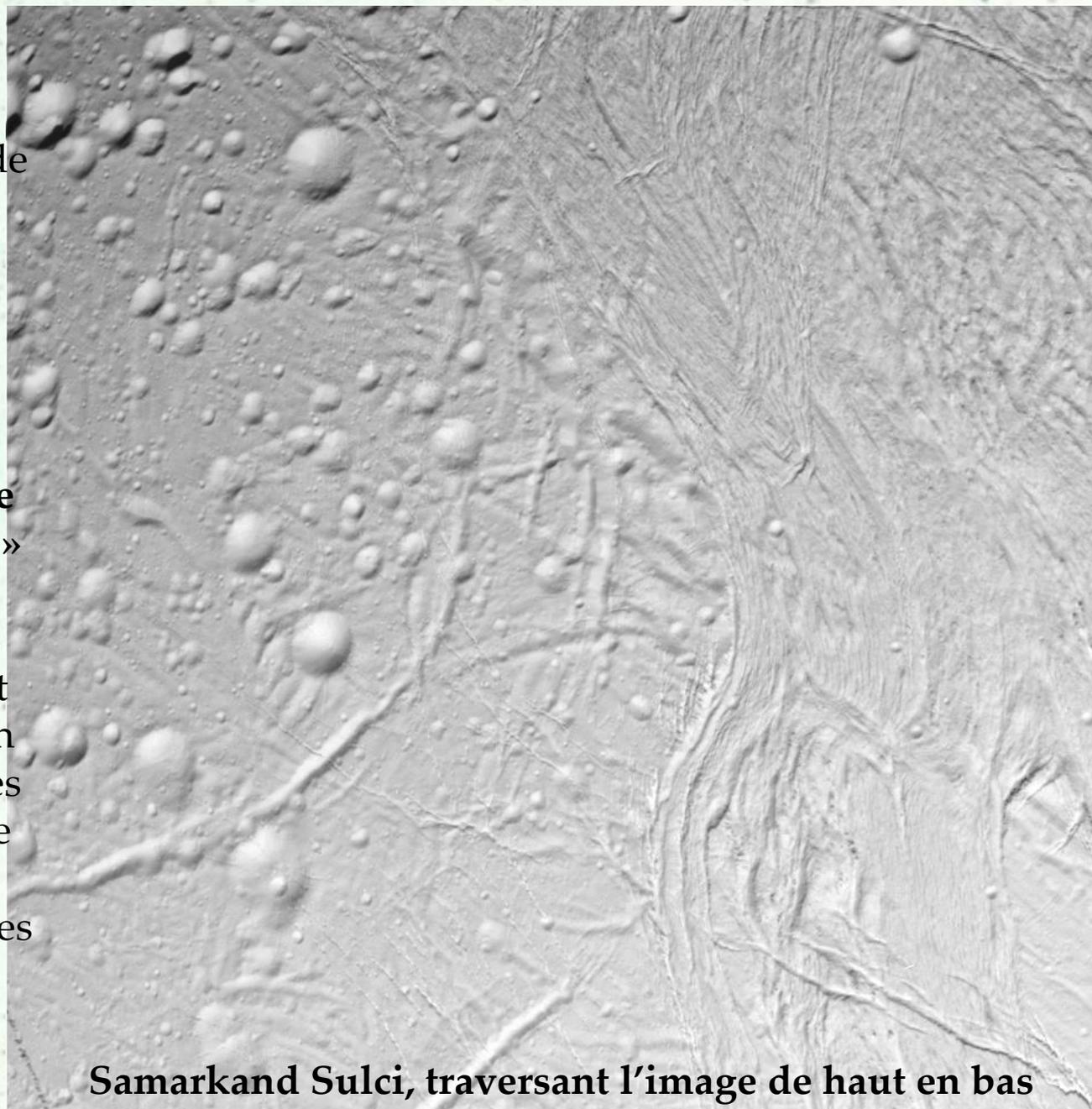
2) Il y a aussi des cratères dégradés par des fractures tectoniques



3) Et enfin par un  
phénomène  
d'adoucissement  
non encore  
compris



*Voyager 2* a permis de découvrir plusieurs types de formations tectoniques sur Encelade, parmi lesquelles des groupes de failles linéaires et de grandes bandes ridées curvilignes. Autre type de déformation tectonique, les *sulci* sont de grandes bandes de « rides » et de « sillons » plus ou moins parallèles. Les rides des *sulci* d'Encelade ne sont pas forcément toujours bien parallèles, et de nombreuses zones présentent une forme en chevron rappelant celle de certains glaciers terrestres



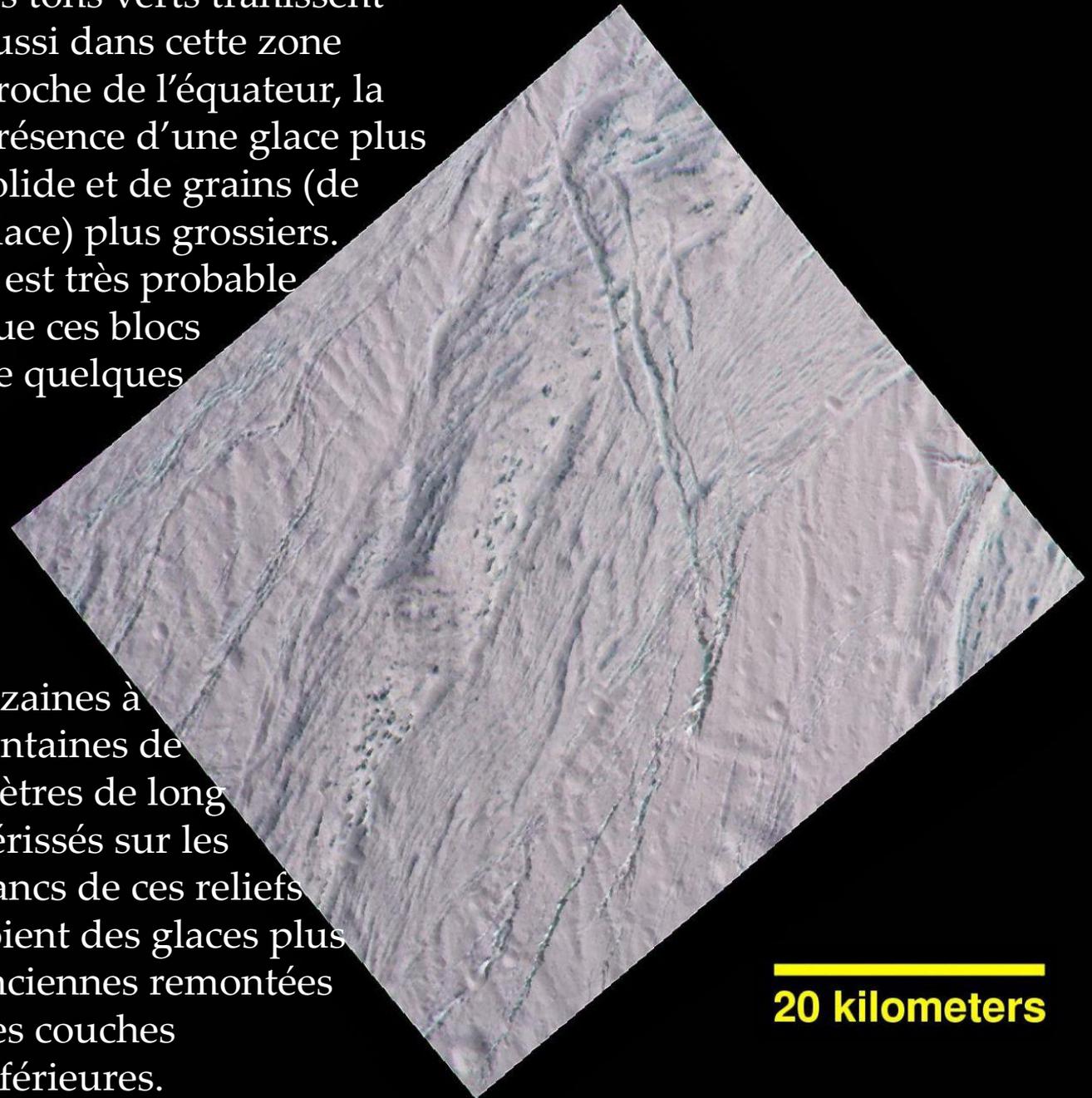
**Samarkand Sulci, traversant l'image de haut en bas**

## Cassini a revisité d'étranges reliefs sur Encelade

Située quelques degrés sous l'équateur d'Encelade, cette région arbore un réseau complexe de fractures et des éléments sombres jonchés sur les reliefs. L'image a été prise le 19 décembre 2015, lors du dernier survol de ce satellite de 500 km de diamètre de Saturne par la sonde Cassini. Le nord est en haut. © Nasa, JPL-Caltech, *Space Science Institute*

les tons verts trahissent aussi dans cette zone proche de l'équateur, la présence d'une glace plus solide et de grains (de glace) plus grossiers. Il est très probable que ces blocs de quelques

dizaines à centaines de mètres de long hérissés sur les flancs de ces reliefs soient des glaces plus anciennes remontées des couches inférieures.

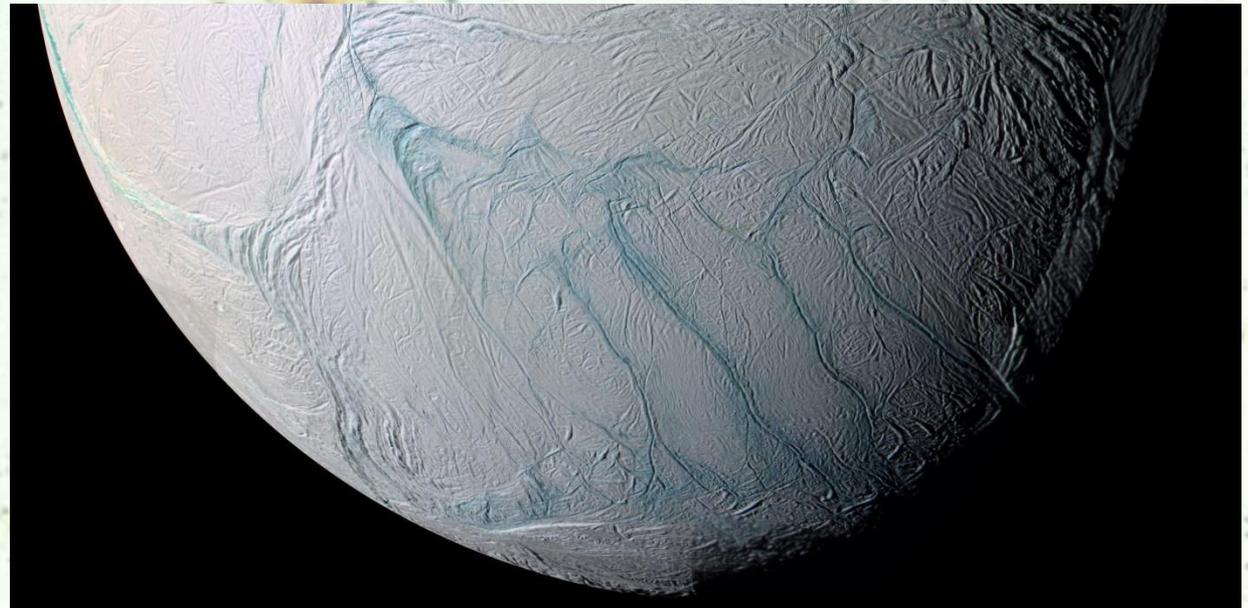


**20 kilometers**

Il y a aussi des « taches noires de 125 à 750 m de large, alignées parallèlement aux lignes de fractures.

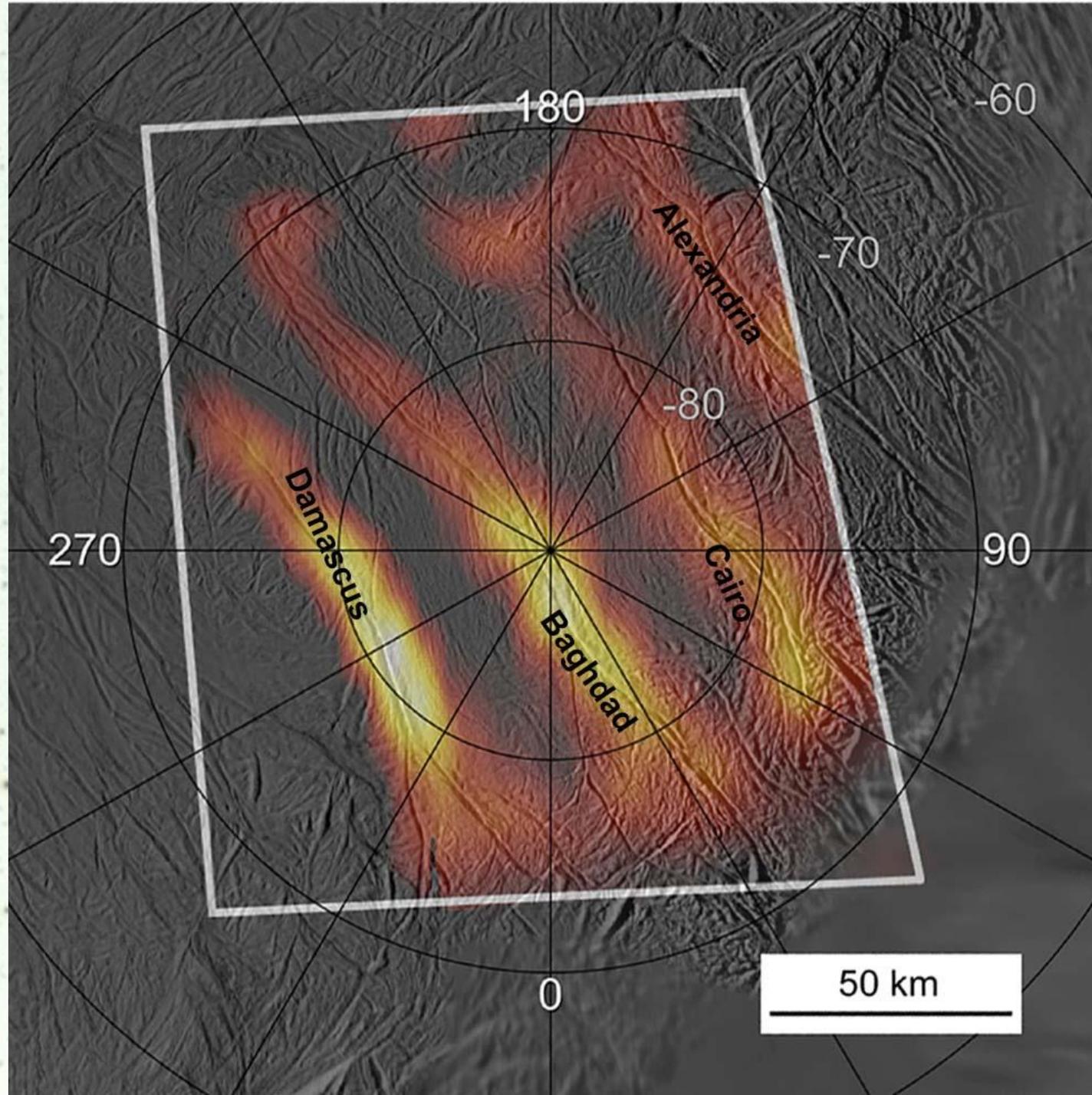
Cassini a découvert le 14 juillet 2005, la zone du pôle sud. Dans cette zone, jusqu'à 55° de latitude il y a des fractures tectoniques mais pas de cratères.

Au centre de cette région se trouvent 4 grandes failles d'environ 2km de large sur 130km de long et 500m de profondeur, bordées par des arêtes de 100m de haut et de 2 à 4km de large. On les appelle « **rayures de tigre** ». Les observations montrent que ce sont les formations les plus récentes de la zone. La matière de ces rayures est différente des autres terrains, et on a détecté des cristaux de glace à l'intérieur, qui n'a donc pas encore été modifié par le Soleil donc très jeune, quelques dizaines d'années

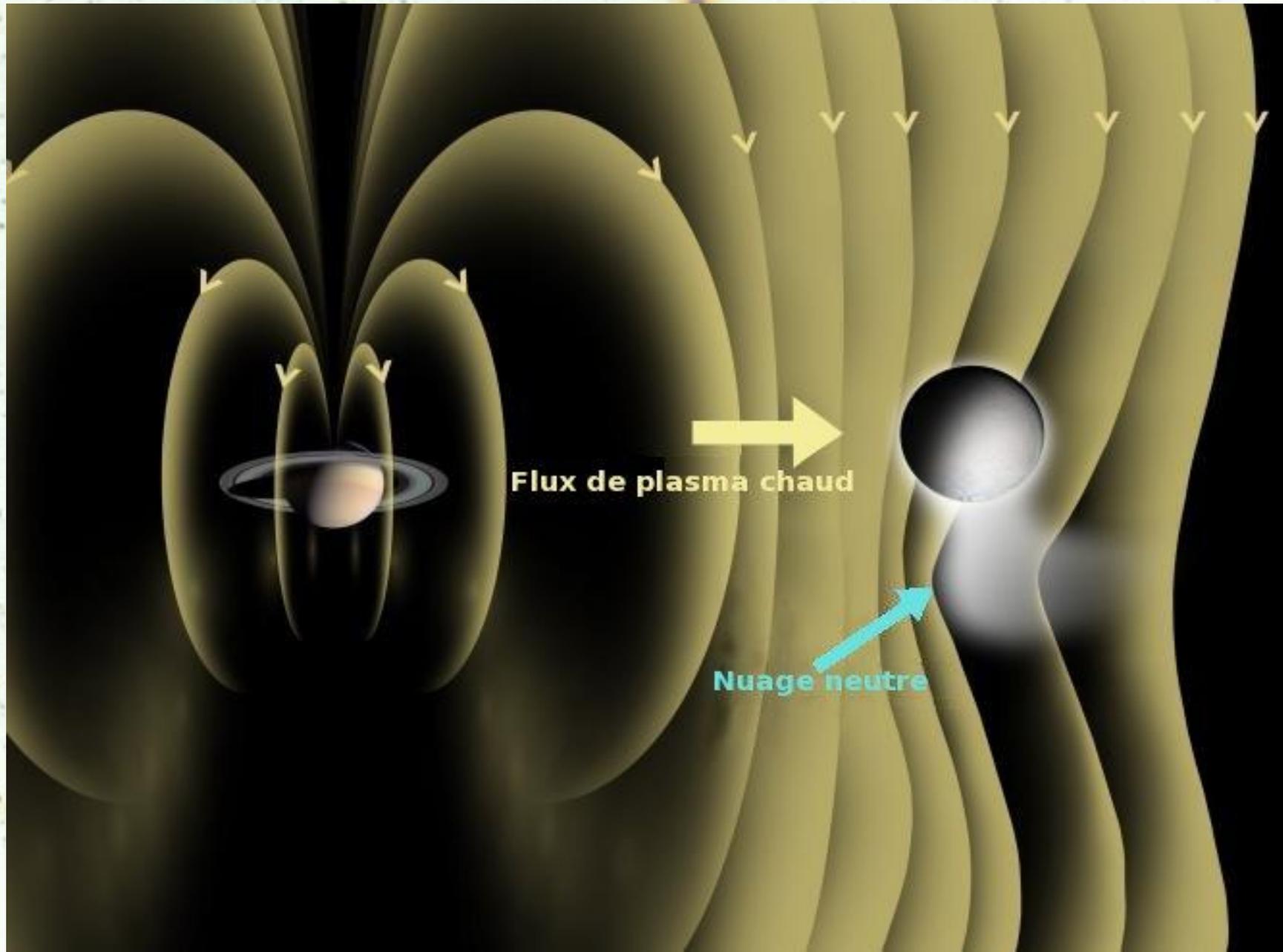


La température au niveau d'une « rayure de tigre » est de 10 à 15°K supérieure à celle des terrains environnants. Chaque carré couvre une surface de 6×6 km environ

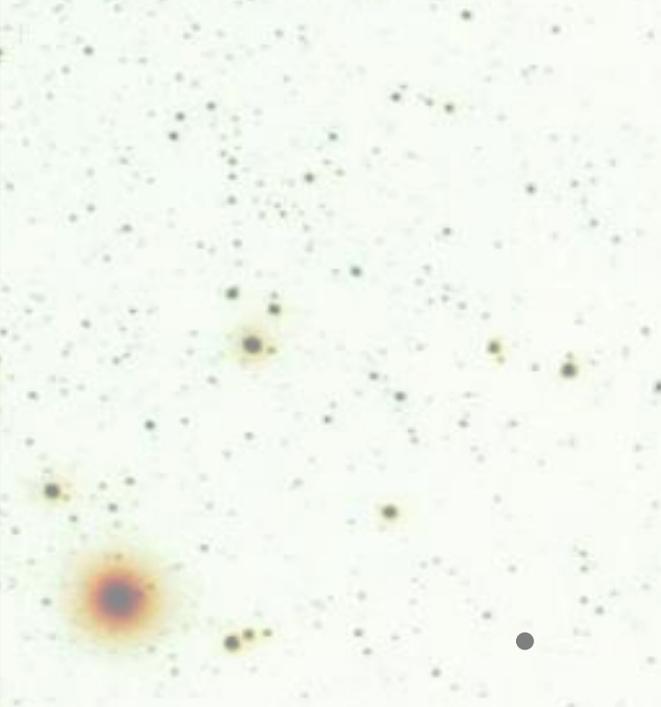
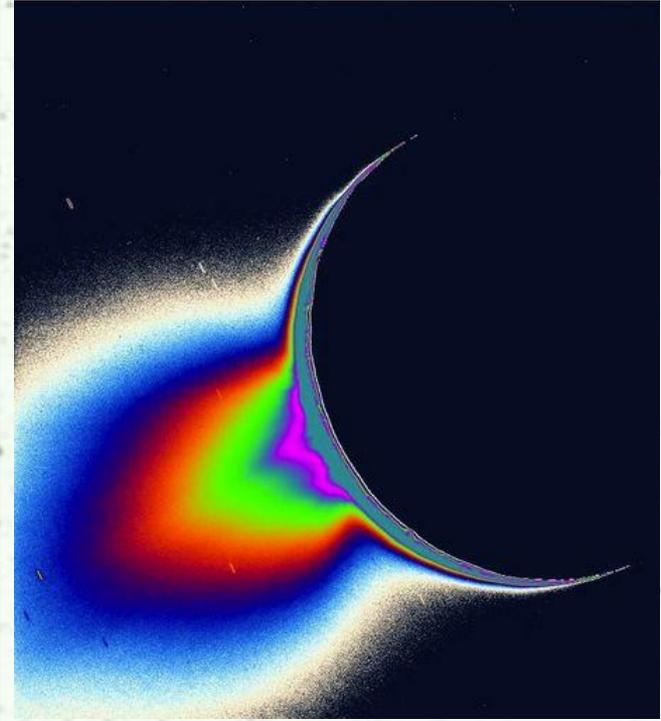


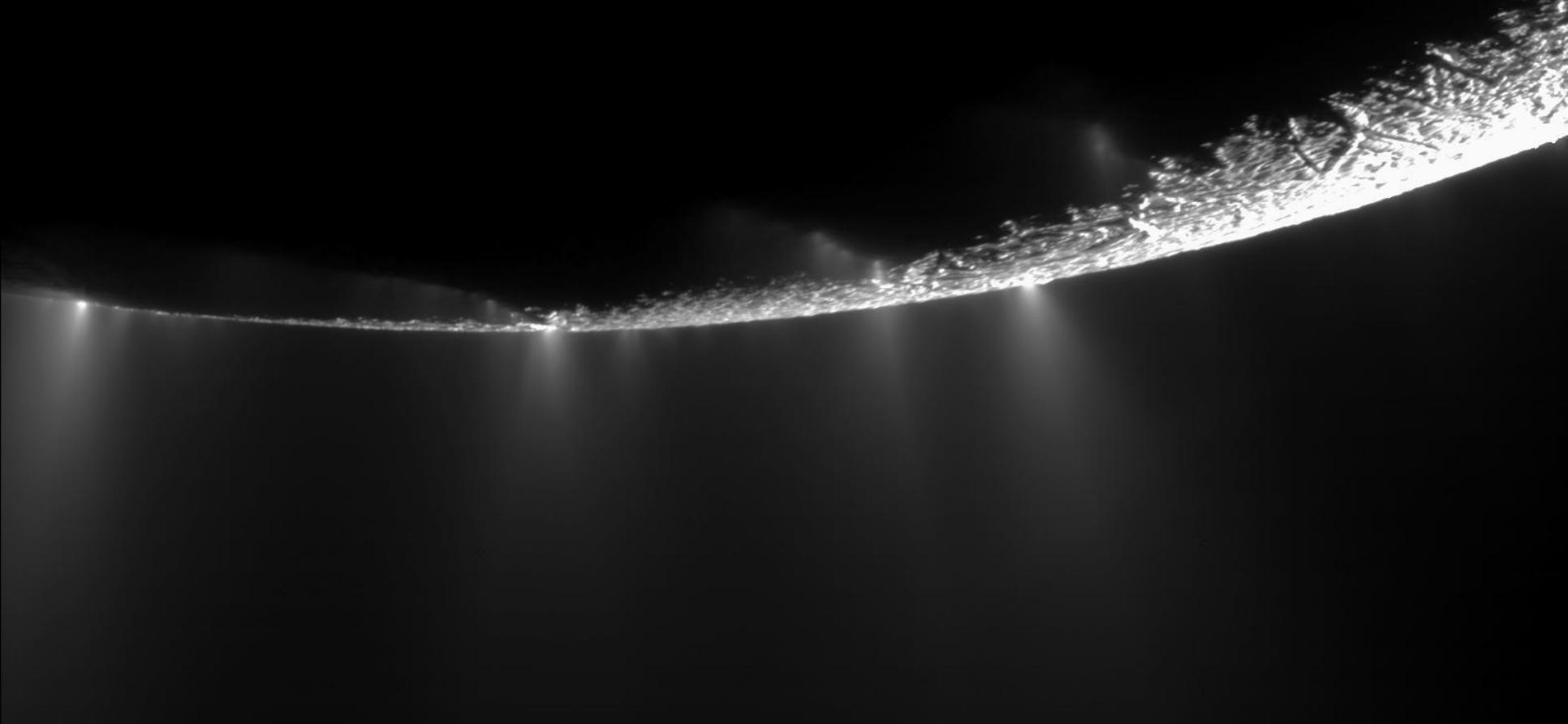


Les observations ont montré qu'Encelade possède une atmosphère très ténue contenant de la vapeur d'eau



Cassini a vu des jets  
de matière au pôle  
sud





Voici ce qui a été observé : « *les mesures de Cassini ont montré une anomalie de gravité négative au pôle sud, qui n'est cependant pas aussi grande que la profonde dépression détectée par la caméra à bord* », résume le professeur Iess, qui vient de publier les résultats des recherches de son équipe dans la revue *Science*. « *La conclusion est qu'il doit y avoir un matériau plus dense en profondeur qui compense la masse manquante : très probablement de l'eau liquide, laquelle est 7 % plus dense que la glace.* » Il affirme que « *l'ampleur de l'anomalie nous a donné la taille du réservoir d'eau* ». Leur enquête a permis de déduire qu'un océan (ou un lac) occupe cette région polaire sous une épaisseur de glace de 30 à 40 km. Sa profondeur atteindrait 10 km.

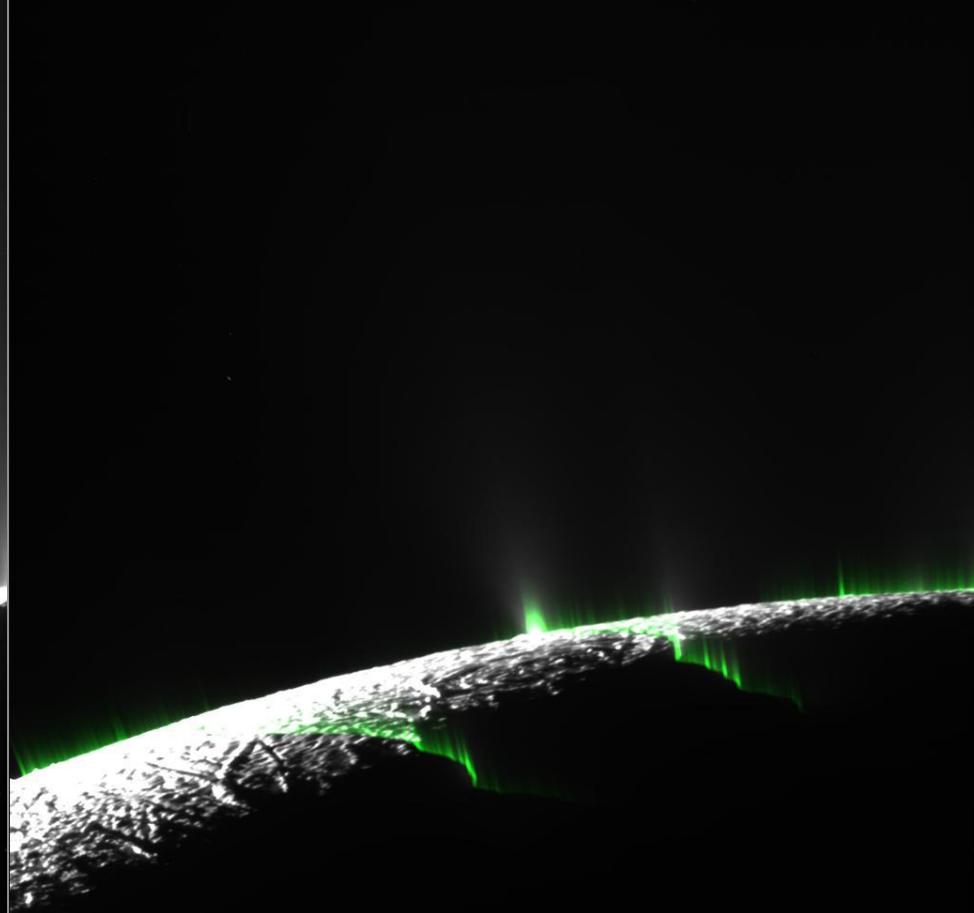
## Ce serait des « geysers »...

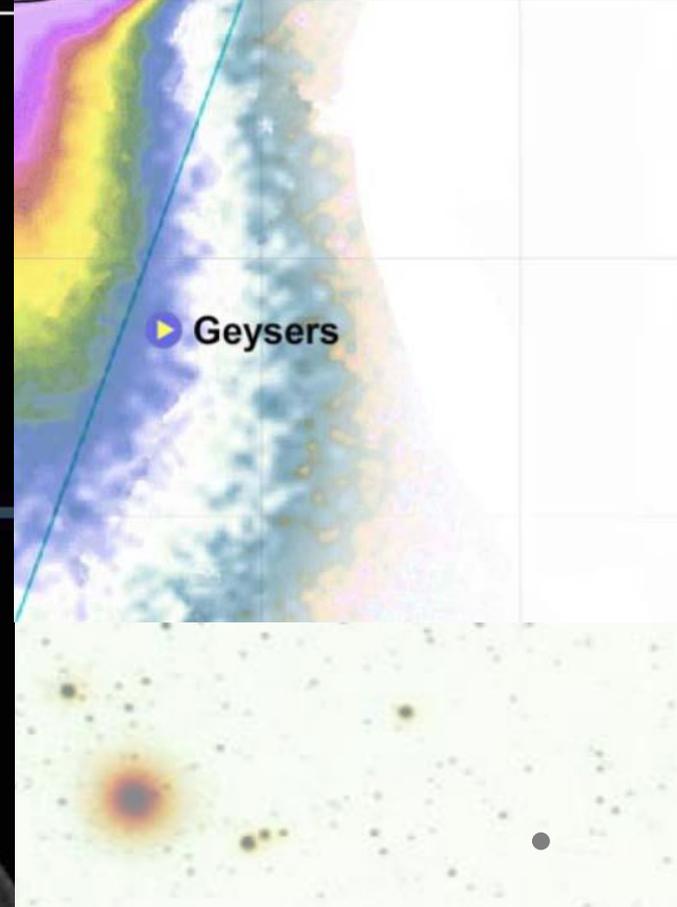
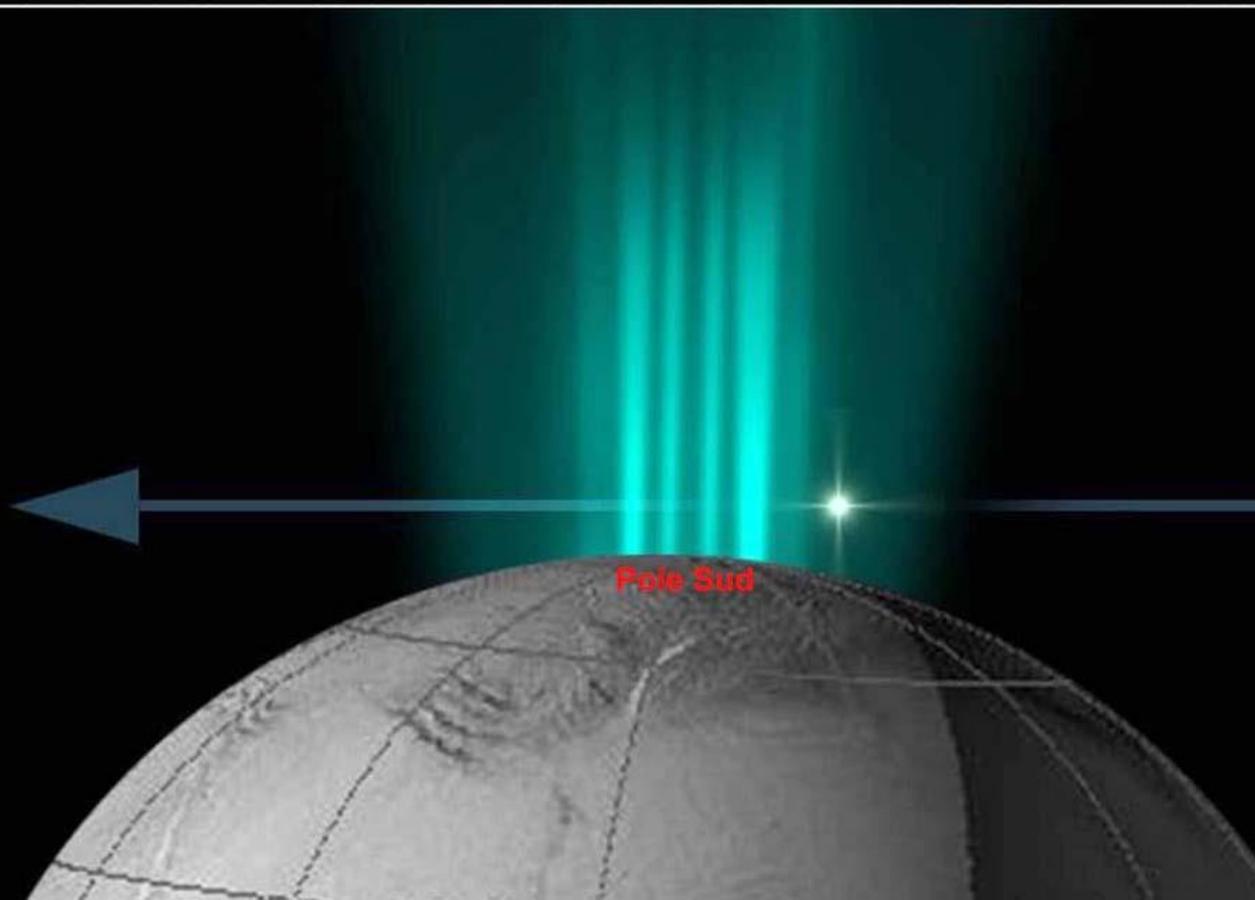
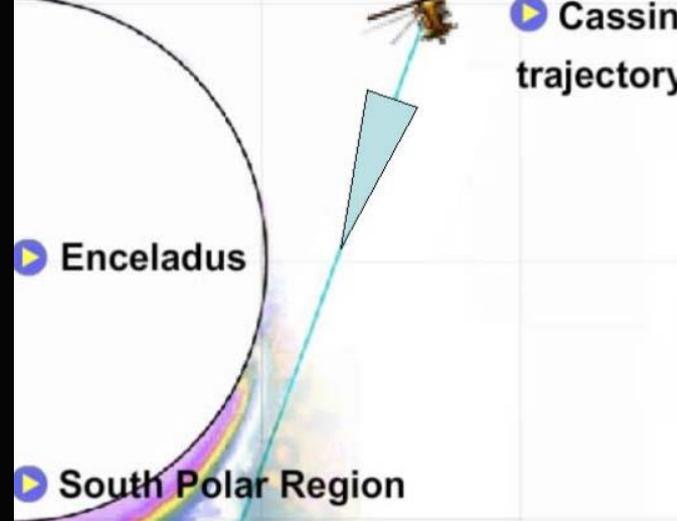
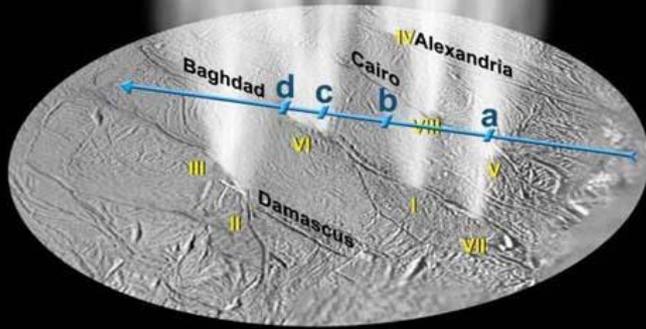
Les scientifiques pensent que peut-être les geysers ne sont pas que des geysers, mais plus des éruptions. Ils ont développée dans une animation ce qu'ils pensent, en prenant comme début et fin des images réelles.

Cassini image (brightness enhanced)



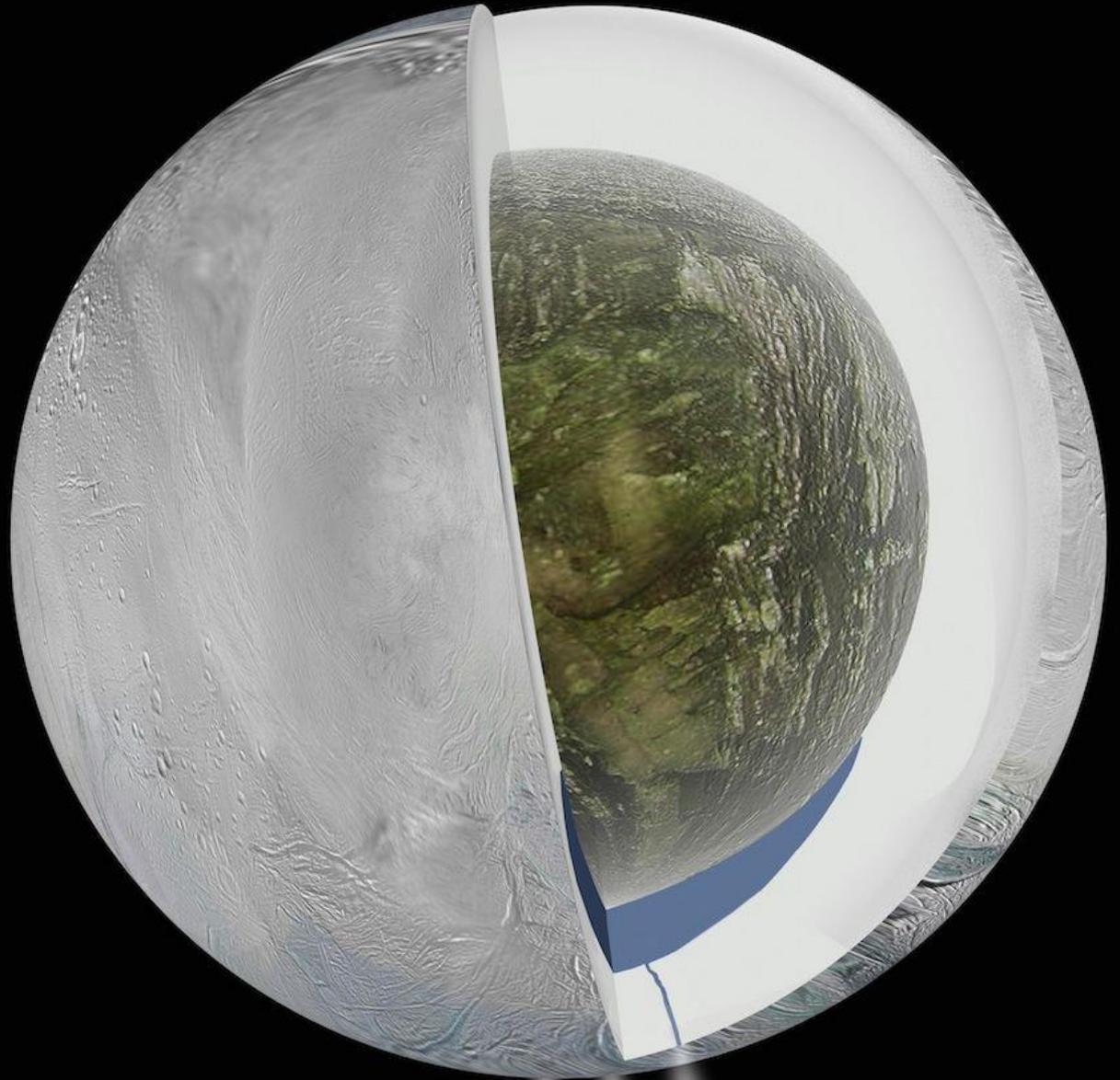
Simulation of curtain eruption overlaid on Cassini image





**Cela voudrait dire  
qu'il y a de l'eau  
liquide sur  
Encelade**

**Illustration de l'intérieur d'Encelade, petite lune de 504 km de diamètre gravitant autour de Saturne. Les données recueillies par Cassini suggèrent l'existence d'un océan d'eau liquide sous une épaisse écorce de glace dans la région du pôle sud, précisément où des jets d'eau sont régulièrement observés depuis 2005. Son noyau rocheux serait relativement peu dense. © Nasa, JPL-Caltech**



Modèle du "geyser froid" d'Encélade

Vapeur d'eau et particules de glace

Eau glacée à  $\approx -196^\circ\text{C}$  (77 K)

Faille vers la surface

Poche d'eau liquide sous pression à  $0^\circ\text{C}$  (273 K)

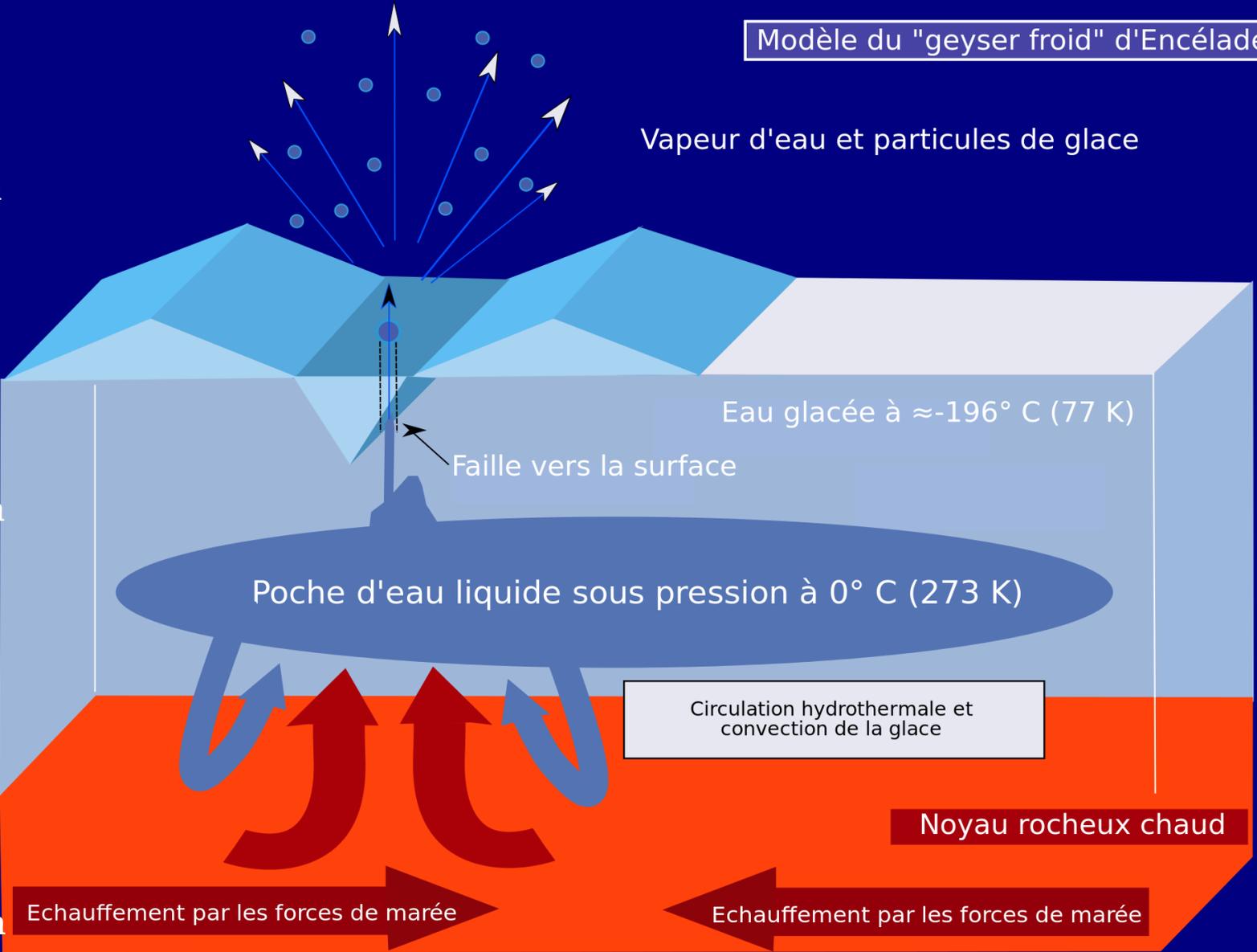
Circulation hydrothermale et convection de la glace

Noyau rocheux chaud

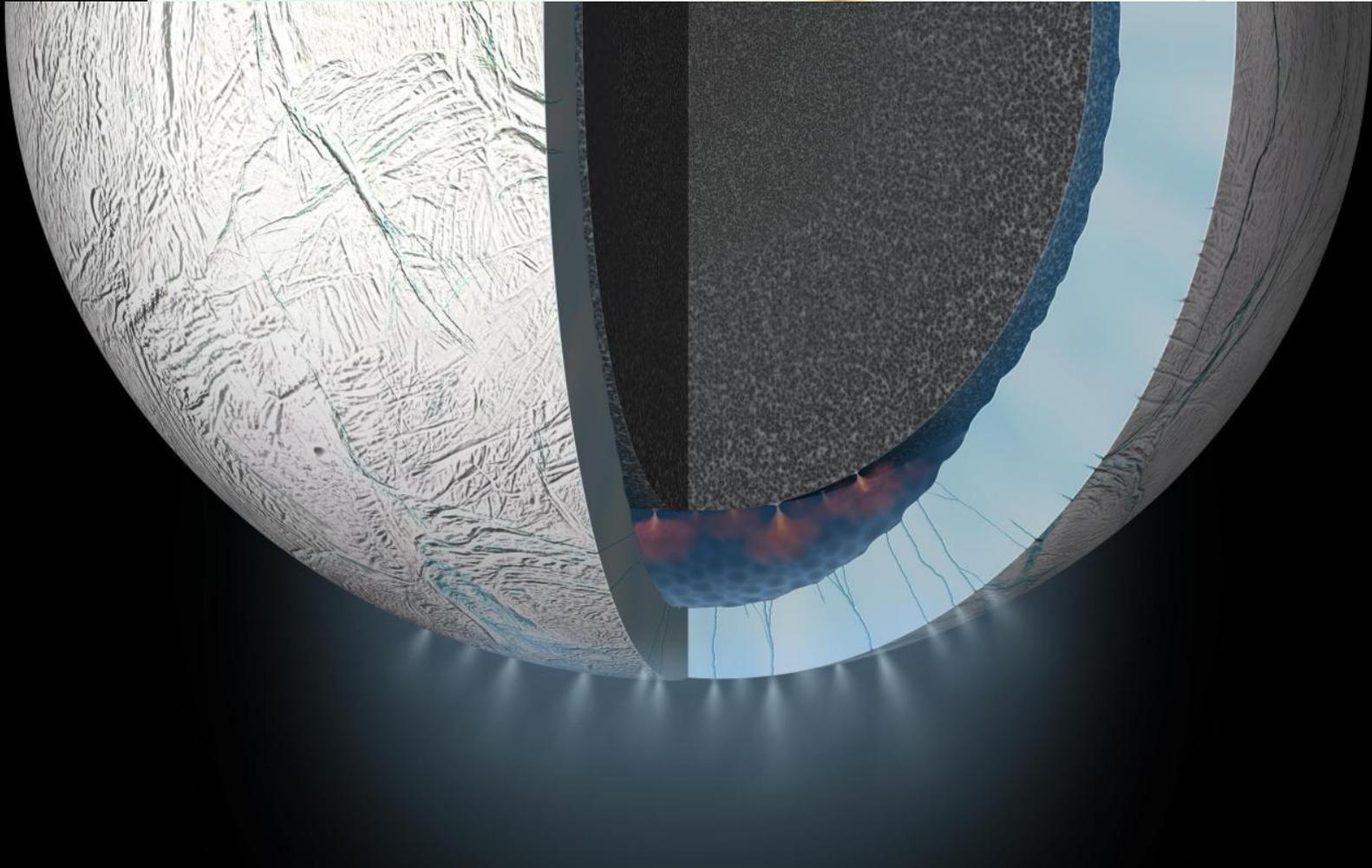
Echauffement par les forces de marée

Echauffement par les forces de marée

De l'eau s'échappe de poches situées en profondeur à une température proche du point de fusion (273 K), pour se sublimer à la surface du satellite. La radioactivité du noyau, ainsi que l'action des forces de marée, contribuent à maintenir ces poches à température.



# Cassini a plongé plusieurs fois en 2015 dans les panaches d'Encelade



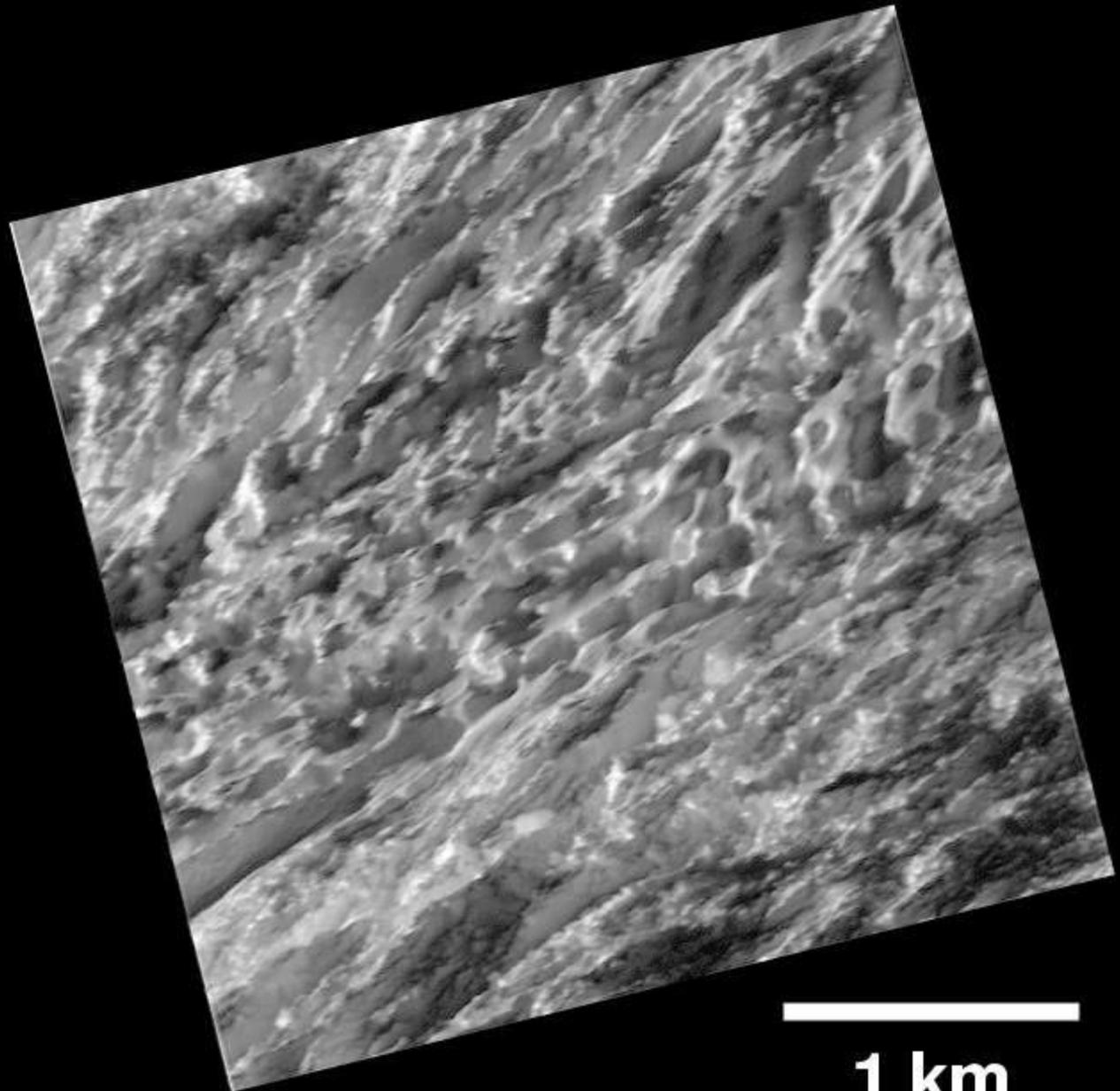
Sur cette vue en coupe d'Encelade, on peut voir sous une banquise de 30 à 40 km d'épaisseur, l'océan d'environ 10 km de profondeur qui se situe au pôle Sud. Ce dernier est en contact avec les roches du noyau, lequel serait relativement poreux comme le suggèrent les mesures de la gravité de ce petit satellite naturel de quelque 504 km de diamètre. © Nasa, JPL-Caltech

Cassini est passé sans dommage à 49 km de la surface du pôle sud d'Encelade fin 2015.

Il y avait peu de risque mais c'était près.

**Cette image a été prise par la sonde Cassini alors qu'elle était à 124 kilomètres d'altitude et se dirigeait vers le pôle sud d'Encelade.**

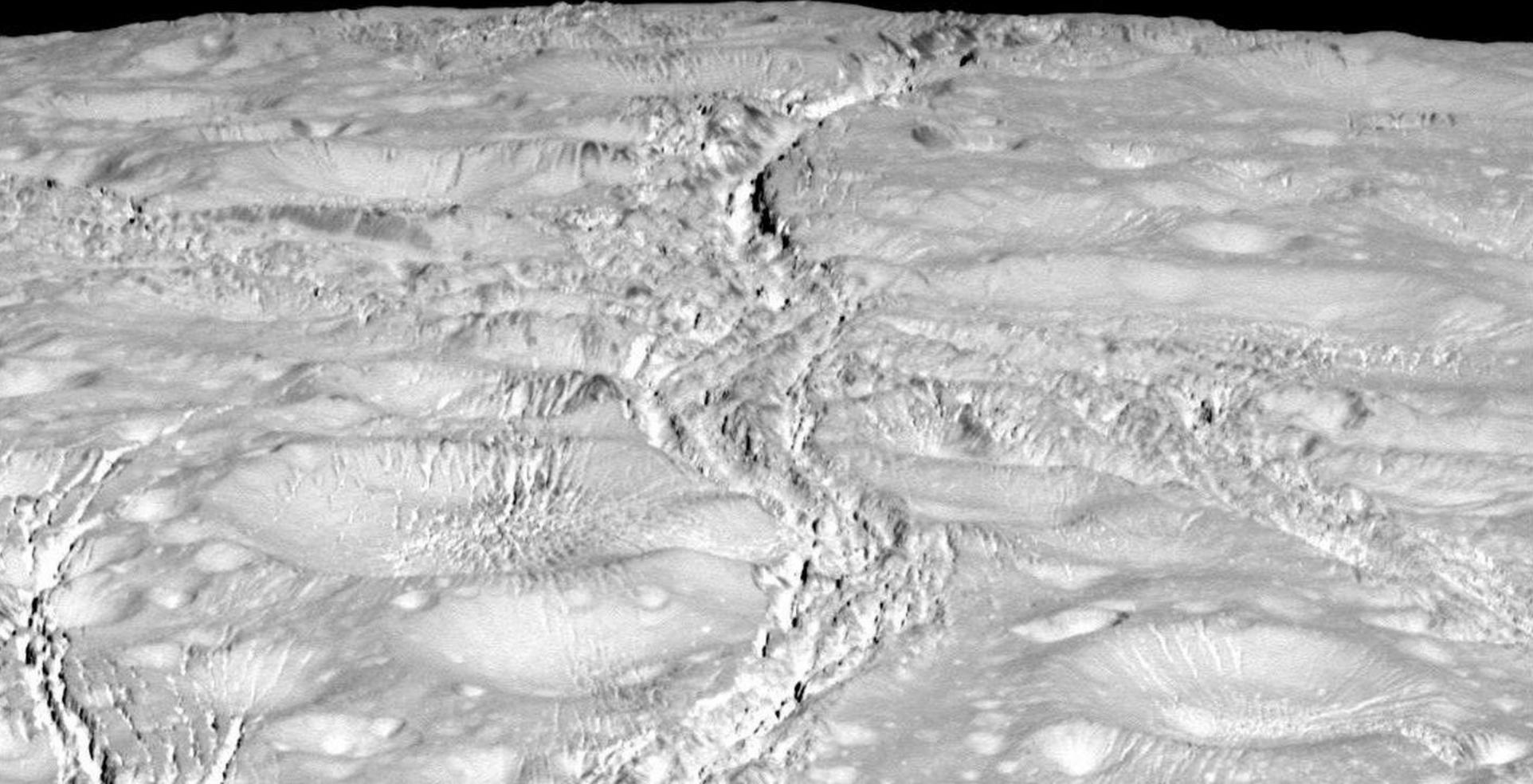
**Chaque pixel a une résolution de 15 mètres. © Nasa/JPL-Caltech/Space Science Institute**



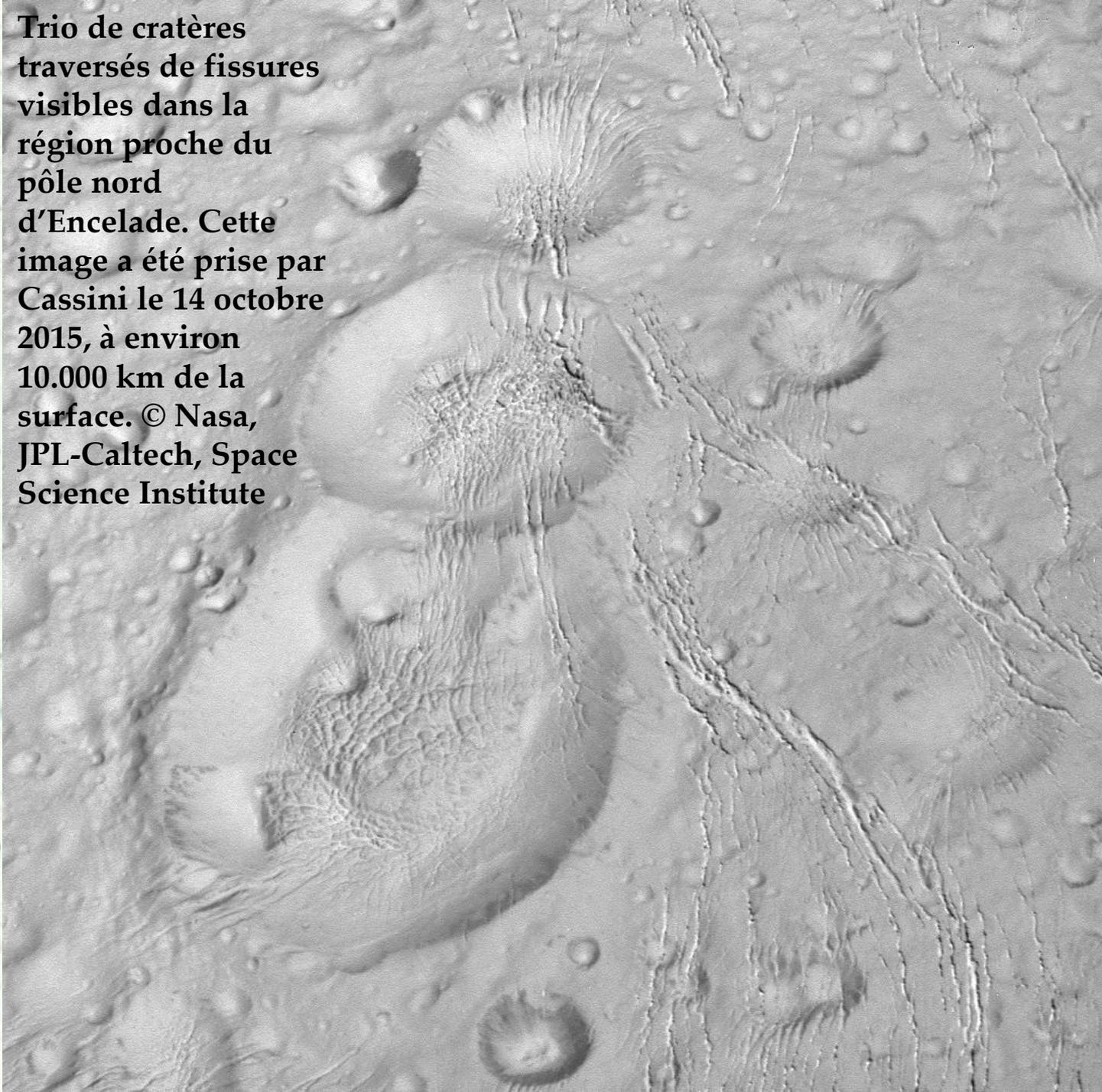
**1 km**

## Mais il ya aussi des fissures au pôle nord

Région proche du pôle nord d'Encelade photographiée le 14 octobre 2015 par la sonde Cassini, à environ 6.000 km de la surface. Il n'y a pas que des cratères d'impact comme s'y attendaient les chercheurs. © Nasa, JPL-Caltech, *Space Science Institute*



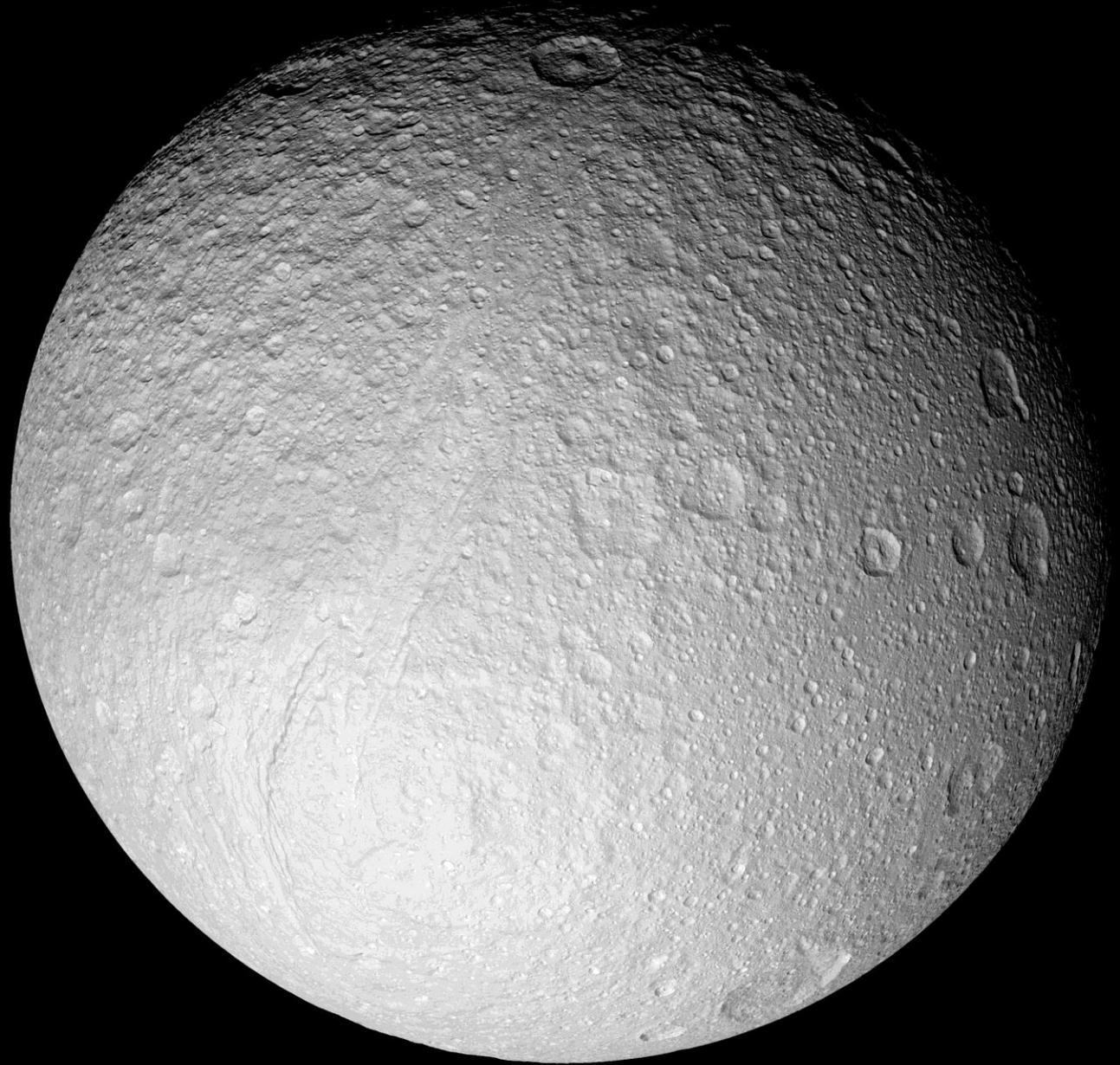
**Trio de cratères  
traversés de fissures  
visibles dans la  
région proche du  
pôle nord  
d'Encelade. Cette  
image a été prise par  
Cassini le 14 octobre  
2015, à environ  
10.000 km de la  
surface. © Nasa,  
JPL-Caltech, Space  
Science Institute**



C'est presque la dernière visite de Cassini à Encelade. il y en aura deux autres le 28 octobre 2015 à 49km du pôle sud et le 19 décembre 2015. On remarque qu'ici aussi il y a des fissures, mais pas de geysers comme au pôle sud (rayures du tigre).

# Thétis

Elle a été découverte en 1684 par Jean-Dominique Cassini. Elle a un diamètre d'environ 1000km, et elle tourne de façon synchrone en un peu moins de 2 jours autour de Saturne à moins de 300 000 km de Saturne. Sa densité est inférieure à 1 ce qui veut dire qu'elle est faite essentiellement de glace et de peu de roches.

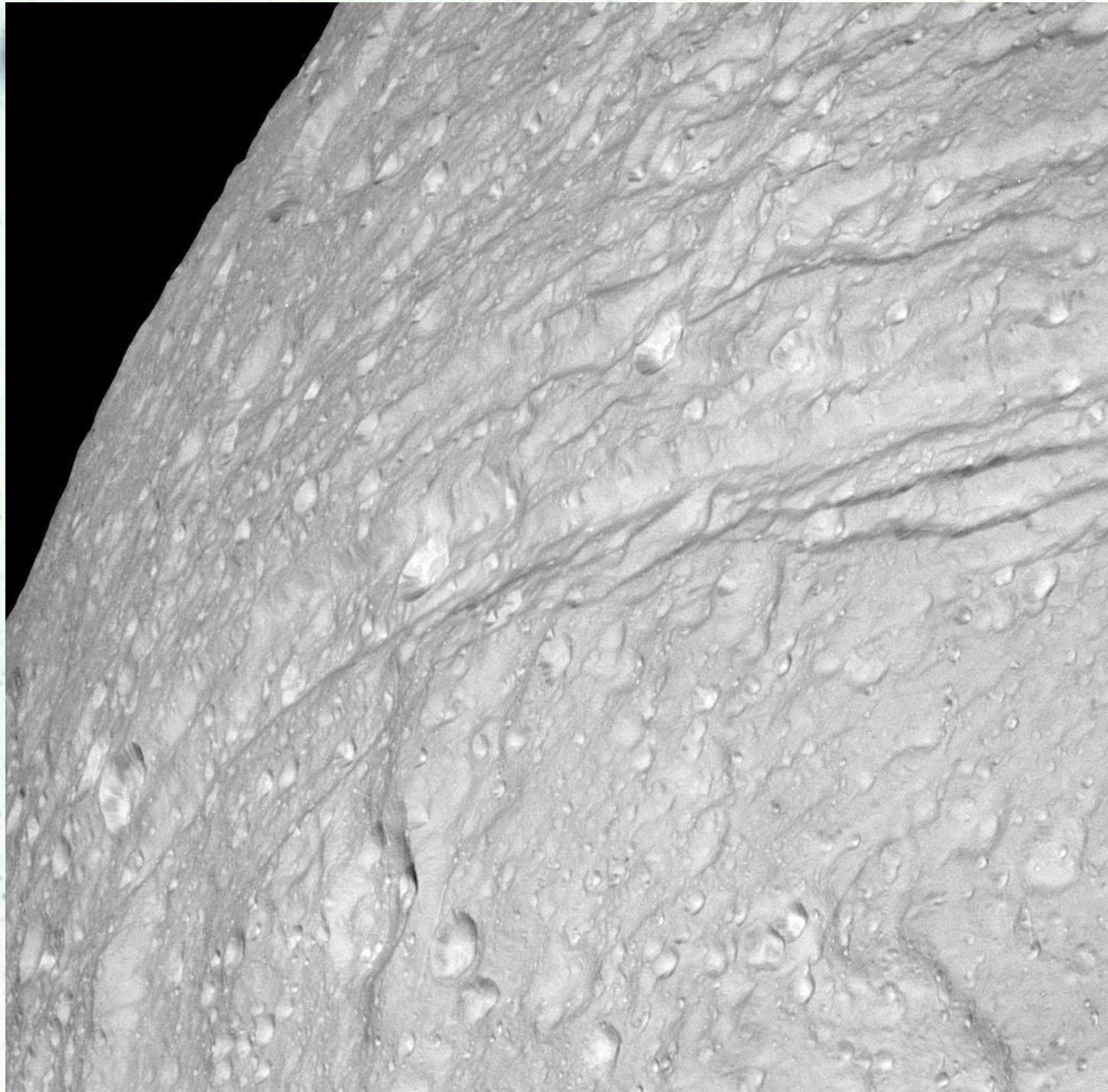


Elle est recouverte de cratères, ainsi que de fissures causées par des failles dans la glace.

L'un d'entre eux est particulièrement spectaculaire : surnommé Odyssée, il occupe une grande partie de l'hémisphère occidental avec un diamètre supérieur à 400 km.

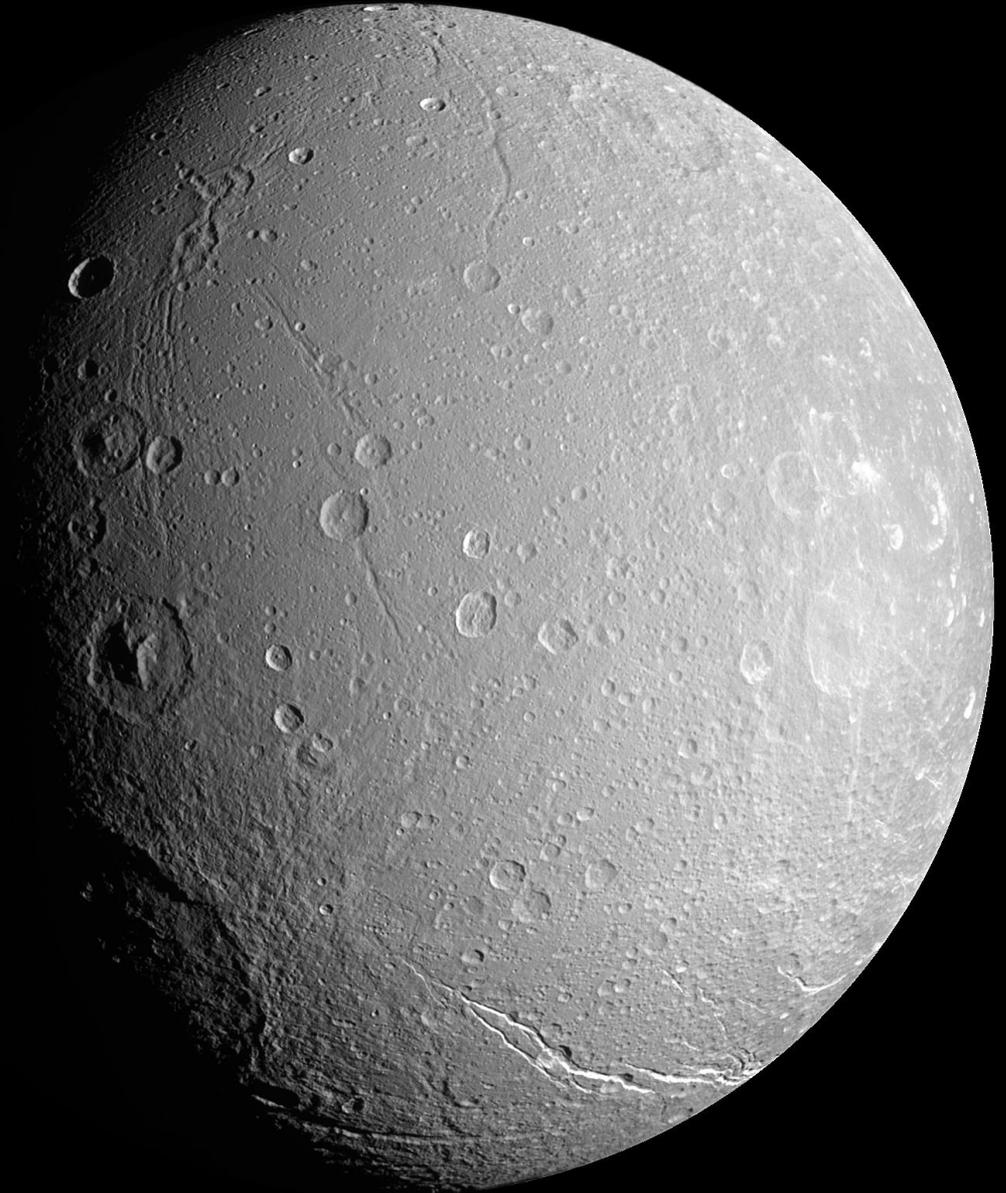


Autre curiosité géologique observable sur Téthys, une immense faille large de 100 km et profonde de 5 km qui serpente entre les deux pôles sur près de 2.000 km. Surnommée Ithaca Chasma, cette vallée est sans doute le résultat d'un craquement de la surface qui s'est produit lorsque l'eau qui se trouve à l'intérieur du satellite a gelé, à moins qu'elle ne soit encore une conséquence de la formation du cratère Odyssée.



# Dioné

découverte par Jean-Dominique Cassini en 1684, la même année que Téthys, est principalement composée d'eau sous forme de glace ; mais sa densité plus élevée que celle des autres lunes de Saturne (en dehors de Titan), laisse à penser qu'elle contient probablement une quantité assez importante de matière plus dense, telle que des roches de silicates.



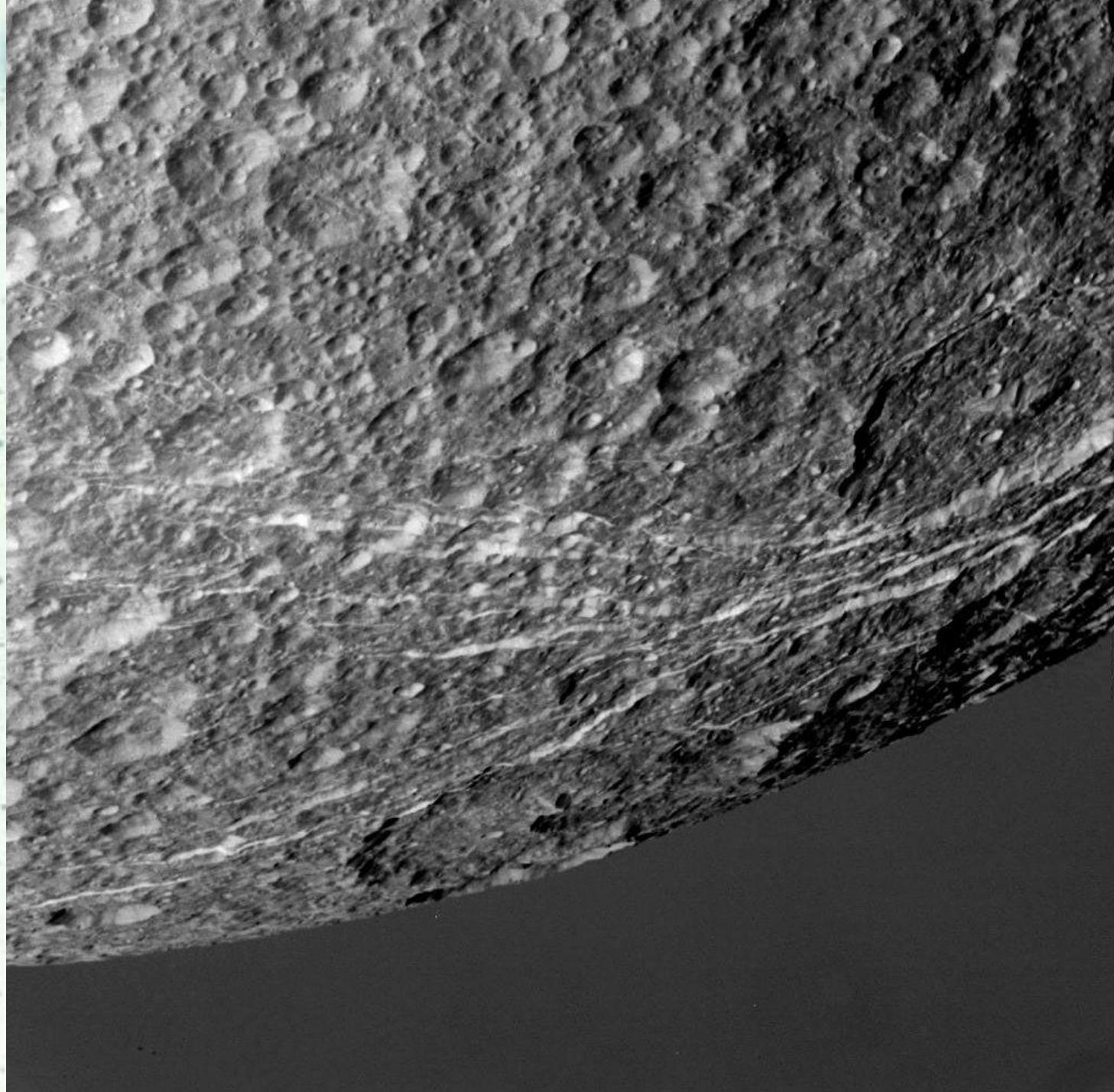
Elle a des hémisphères avant et arrière différenciés. Sur l'hémisphère arrière de Dioné se trouve un réseau de stries claires sur un fond sombre, qui recouvrent un faible nombre de cratères d'impact visibles plus anciens. L'hémisphère avant est très cratérisé et uniformément clair.





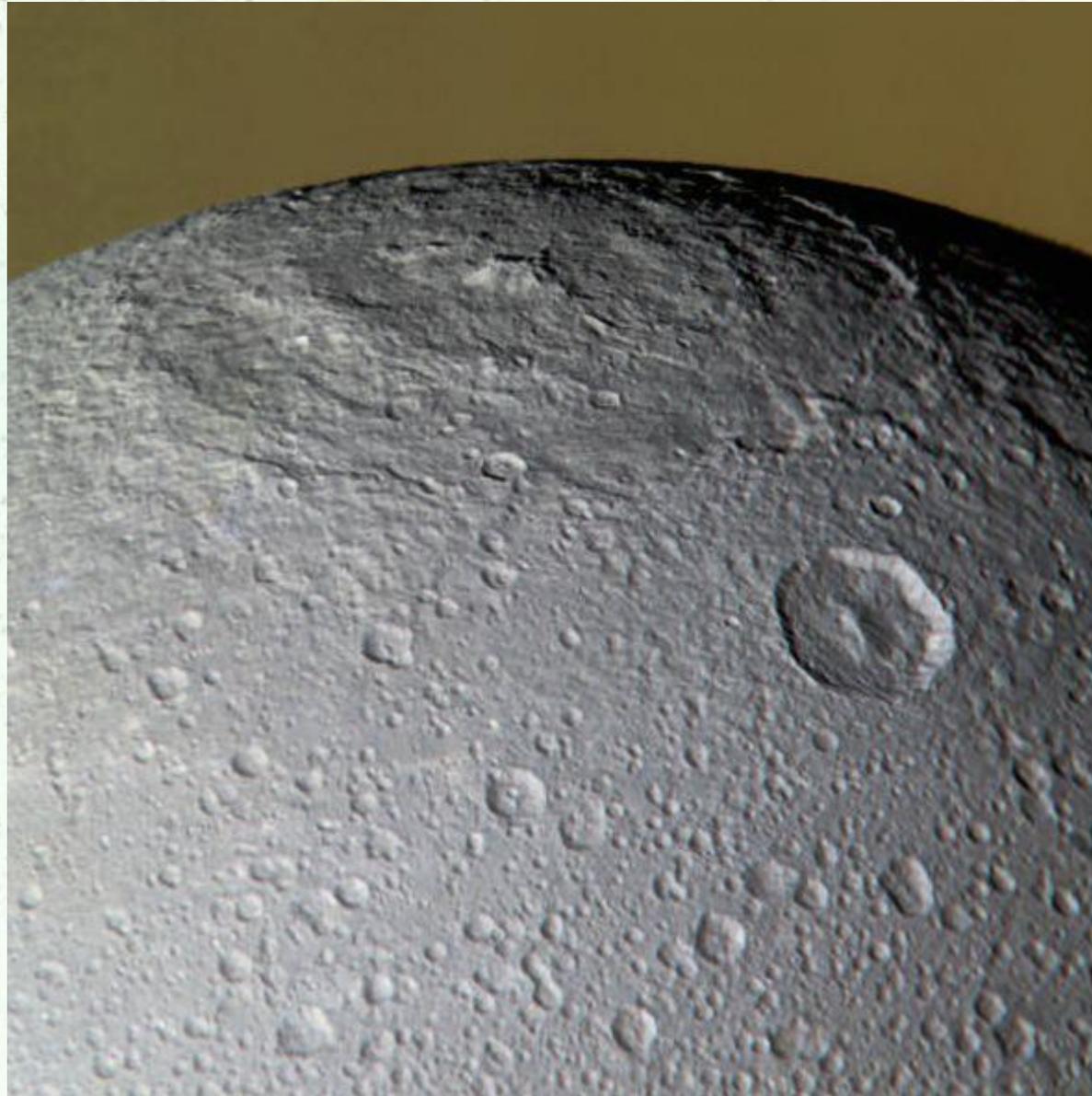
*Voyager 1 nous a offert une première vue sur Dione en 1980.  
Depuis la sonde Cassini a affiné notre regard ...*

Quelques-unes des griffures qui caractérisent la face de Dioné qui n'est pas tournée vers Saturne. Il s'agit de failles tectoniques.  
© Nasa/JPL/SSI/J.



La surface de Dioné porte les cicatrices d'un violent impact avec une petite lune de Saturne. © Nasa/JPL/SSI/J.

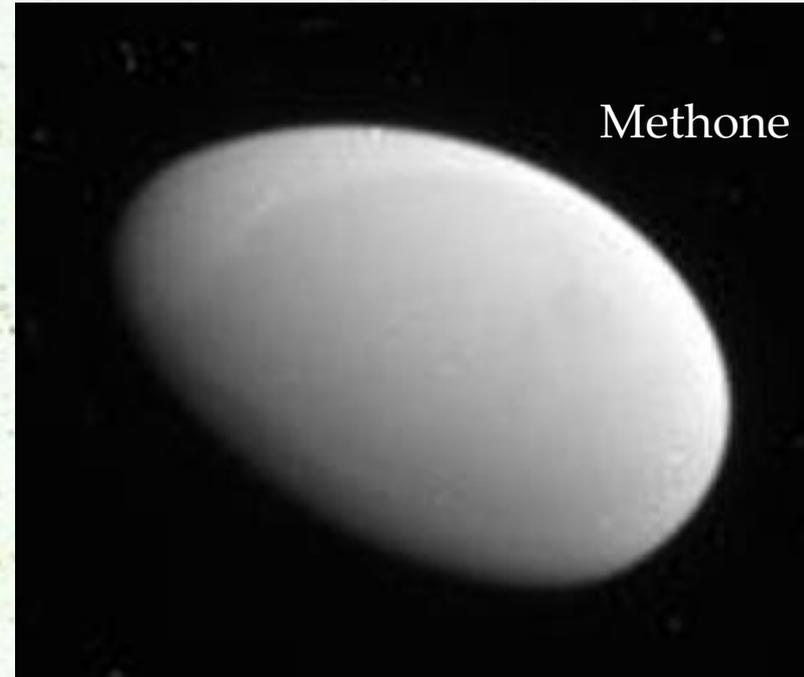
On a même découvert dernièrement de l'**oxygène** dans l'exosphère de Dioné, des molécules qui sont sans doute libérées de la surface glacée du satellite sous l'effet du bombardement occasionné par le rayonnement solaire et les particules énergétiques que génère le puissant champ magnétique de Saturne.



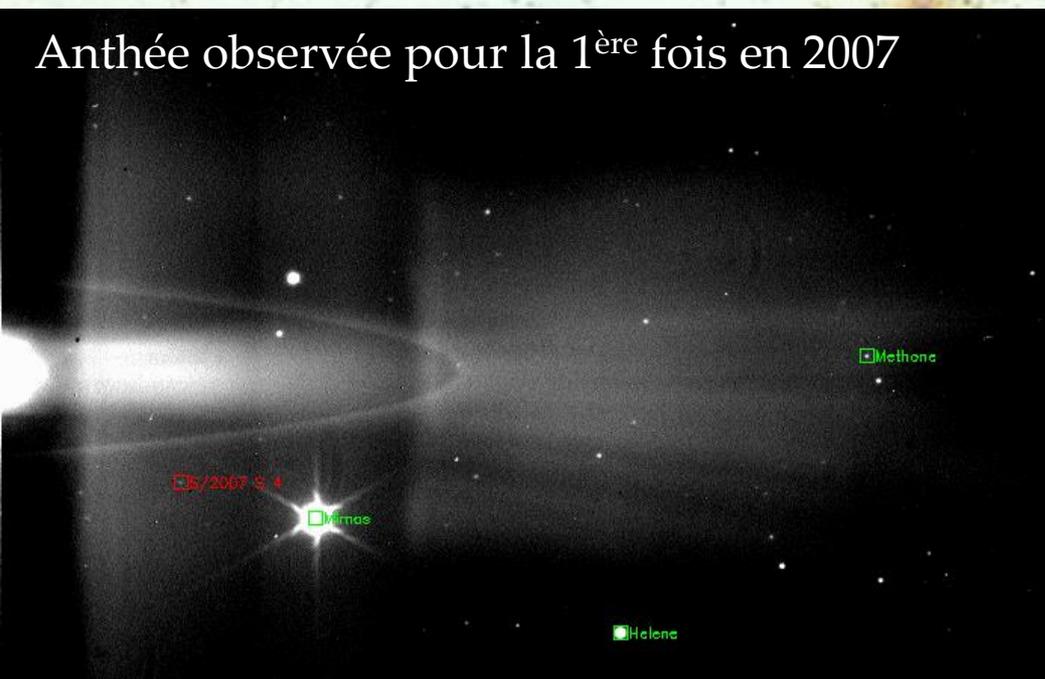
# Groupe des Alcyonides

Les Alcyonides sont un groupe de trois satellites, **Méthone**, **Anthée** et **Pallène**, qui orbitent entre Mimas et Encelade. Avec un diamètre de moins de 5 km, ils font partie des plus petites lunes identifiées à ce jour dans le système de Saturne.

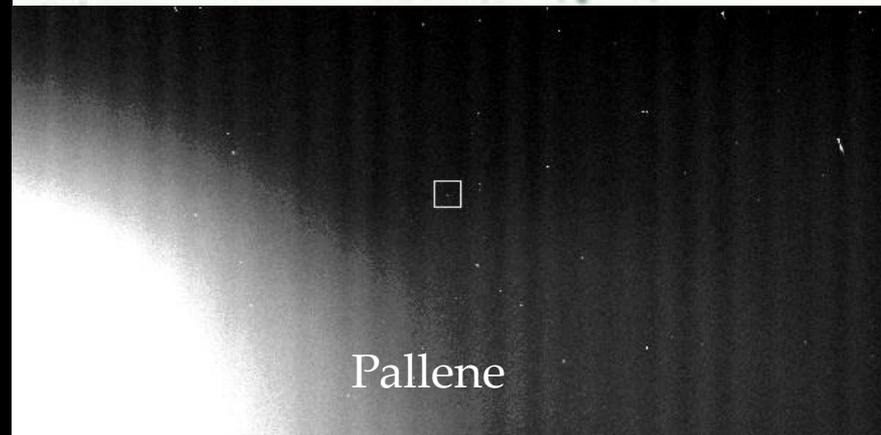
*Les images de Cassini montrent des arcs très fins qui s'étendent à l'avant et à l'arrière de l'orbite de Méthone et Anthée. Ces arcs pourraient être issus de matériaux arrachés par des impacts de micrométéorites et confinés dans une étroite région de l'orbite des deux lunes par la résonance avec Mimas.*



Methone



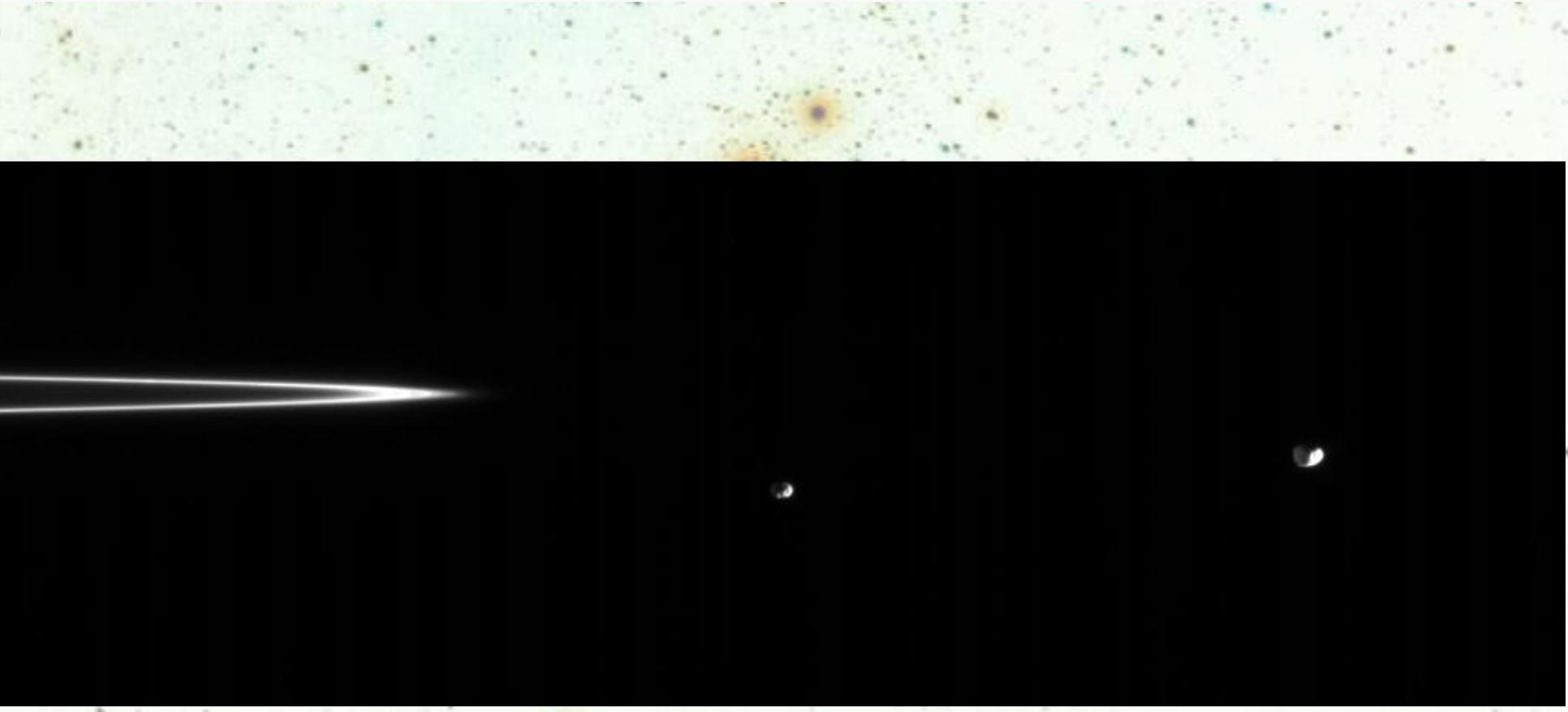
Anthée observée pour la 1<sup>ère</sup> fois en 2007



Pallene

## Lunes co-orbitales

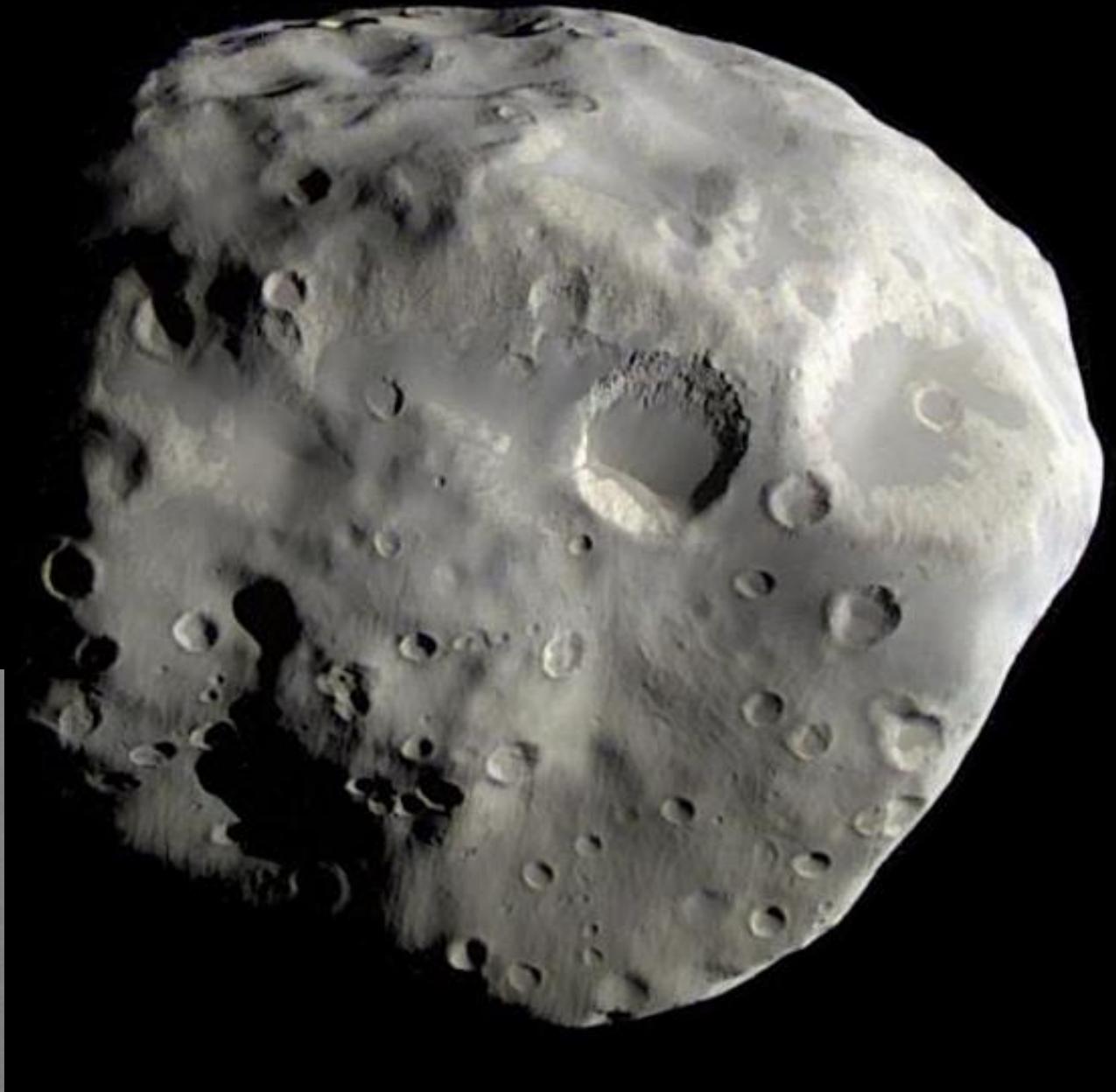
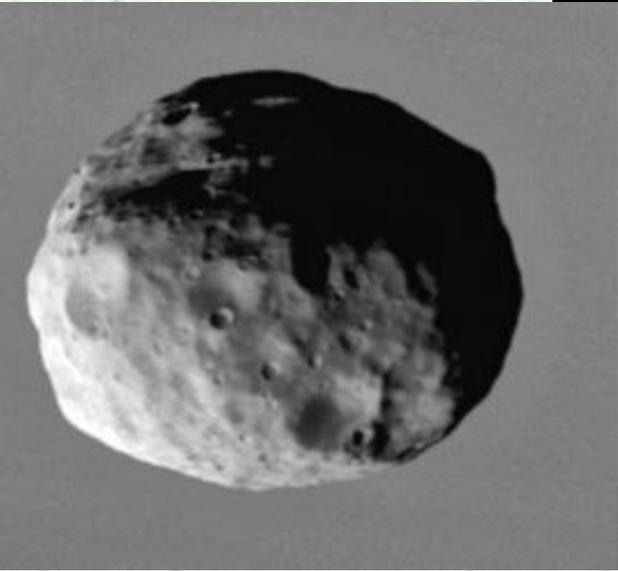
Janus et Épiméthée sont des lunes co-orbitales. Elles possèdent à peu près la même taille, respectivement 179 et 113 kilomètres de diamètre, et leurs orbites n'ont que quelques kilomètres d'écart (50km). On pourrait penser qu'elles sont condamnées à entrer en collision. Cela n'est pas du tout certain ; lorsque ces deux lunes s'approchent l'une de l'autre la gravité accélère celle qui est derrière, qui se retrouve donc sur une orbite plus haute. Celle qui est devant ralentit et se retrouve plus bas ; ainsi elles échangent leurs orbites tous les quatre ans environ.



Épiméthée



Janus

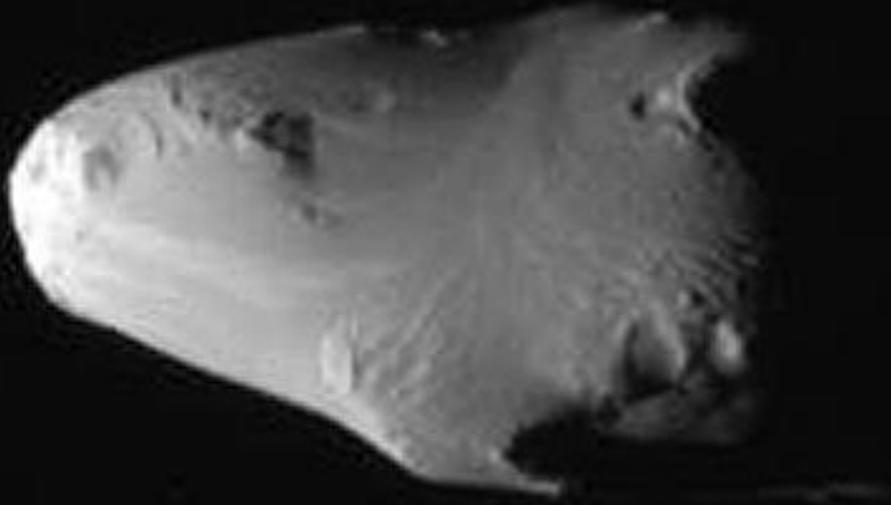


# Satellites troyens

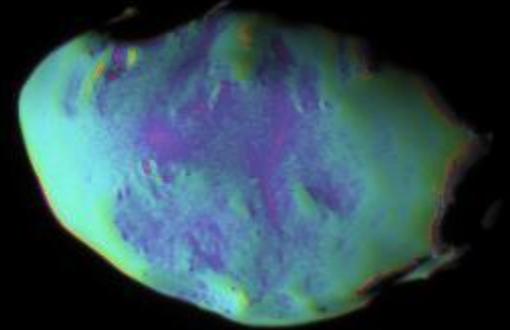
Les satellites troyens sont un autre genre de co-orbitaux : ils orbitent à la même distance qu'une autre lune, mais aux points de Lagrange  $L_4$  et  $L_5$ , c'est-à-dire qu'ils sont situés à  $60^\circ$  en avance ou en retard sur l'orbite. La stabilité d'un tel système fait que ces satellites n'entrent jamais en collision.

**Téthys** possède deux petits satellites troyens, Télésto et Calypso ; **Dioné** en possède également deux, Hélène et Pollux.

Calypso

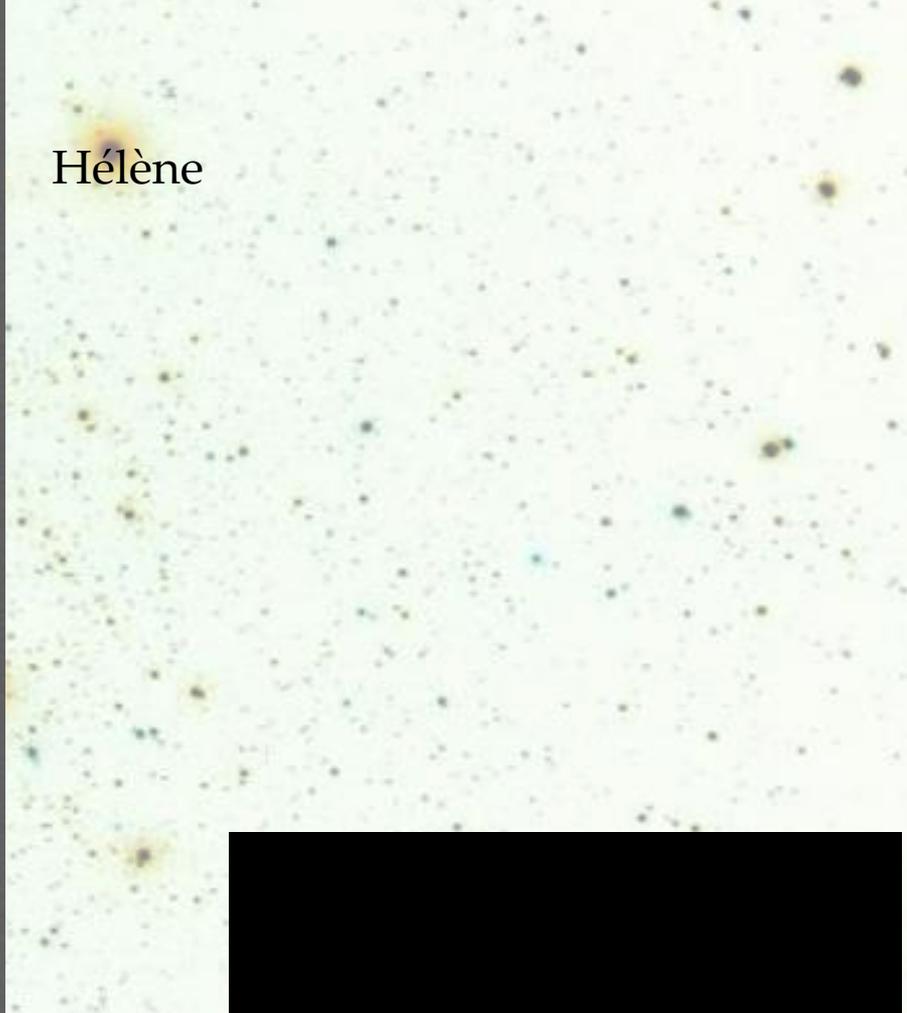


Télésto





Hèle



Pollux

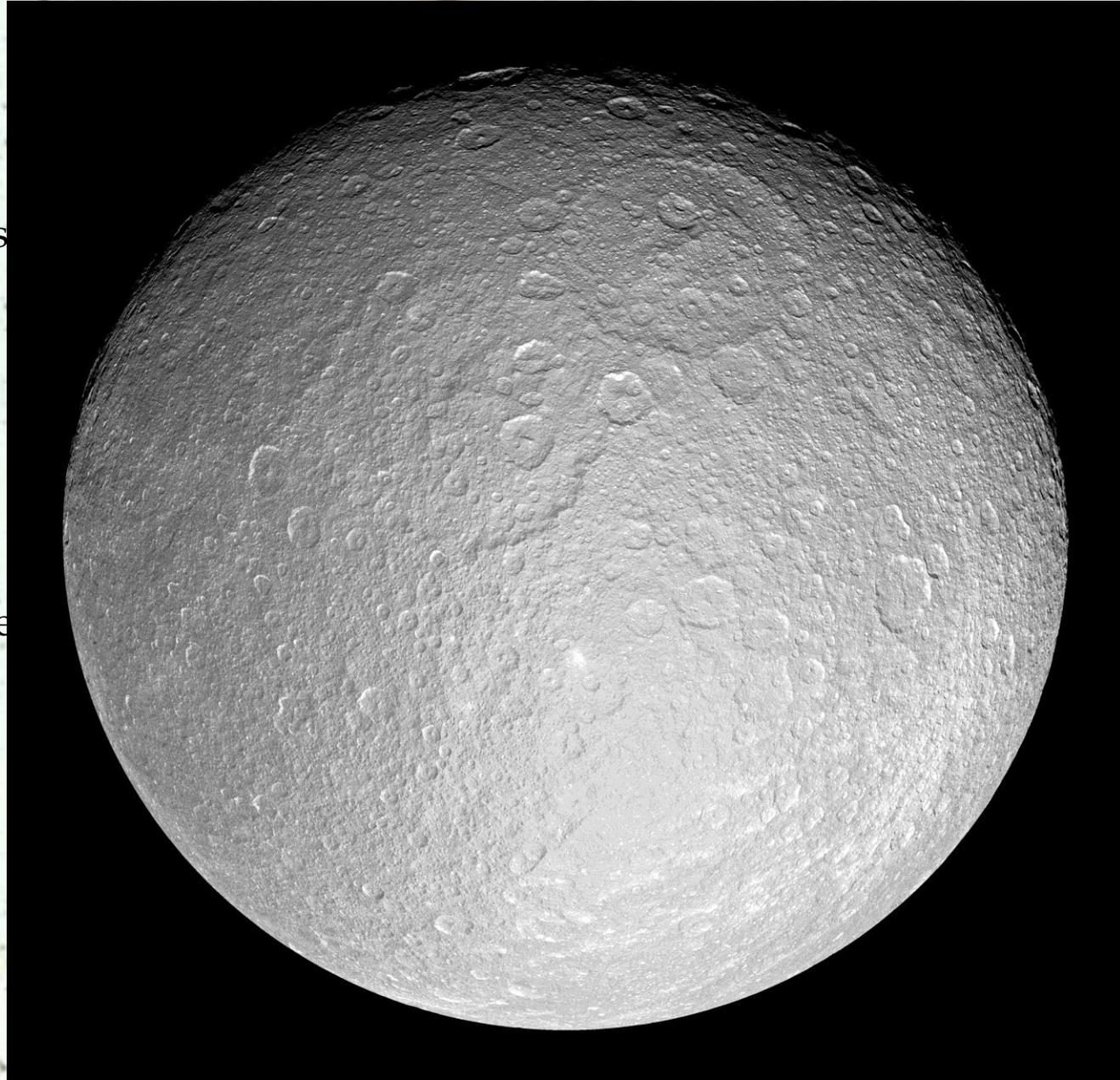


## Satellites majeurs externes ils orbitent au-delà de l'anneau E.

### Rhèa

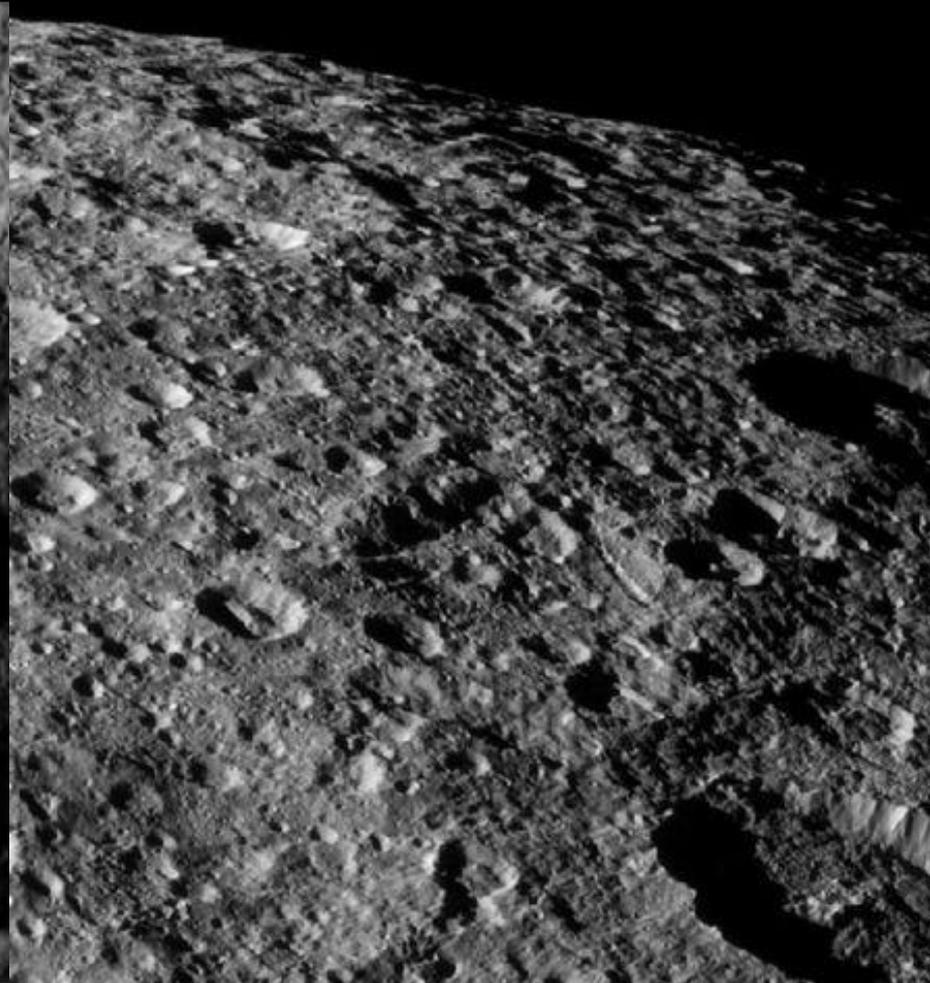
C'est le deuxième plus grand satellite de Saturne (1529 km de diamètre) après Titan et le 5<sup>ème</sup> des satellites majeurs en partant de Saturne. Elle fut découverte en 1672 par Giovanni Domenico Cassini.

Rhèa est un corps glacé d'une masse volumique d'environ  $1\,233 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Cette faible valeur suggère qu'il est composée d'environ 25 % de roches et 75 % de glace d'eau.

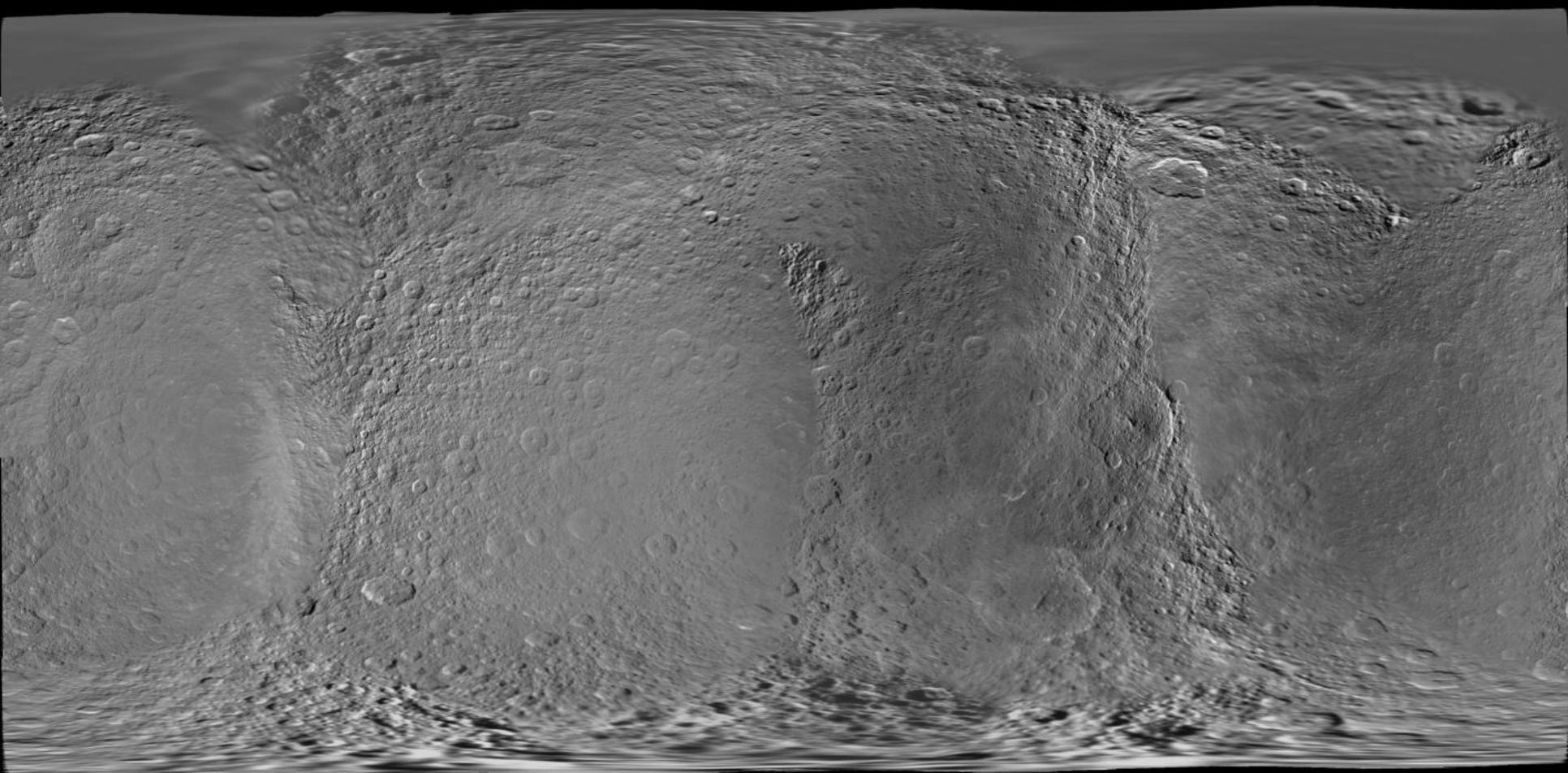


La forme générale de Rhéa concorde avec l'idée d'un corps homogène en équilibre hydrostatique, sans noyau différencié. Les caractéristiques de Rhéa sont semblables à celles de Dioné, avec des hémisphères avant et arrière différenciés, ce qui laisse supposer une composition et une histoire similaires. La température à la surface de Rhéa est de  $-174\text{ °C}$  au soleil, et de  $-200\text{ °C}$  à  $-220\text{ °C}$  à l'ombre.

La lune Rhéa et ses cratères vues à une distance de 2.779 kilomètres



Rh a est fortement crat ris e et sa surface est parcourue de marques claires. Celle-ci peut être divisée en deux zones géologiques différenciées par la densité des cratères : la première zone comprend des cratères de plus de 40 km de diamètre, alors que la seconde, en partie dans les régions polaires et équatoriales, est couverte de cratères de moins de 40 km de diamètre. Cela indiquerait qu'un  v nement majeur résultant en un resurfaçage a eu lieu durant sa formation. Les cratères sont dépourvus des structures au relief marqué présents sur la Lune et Mercure.

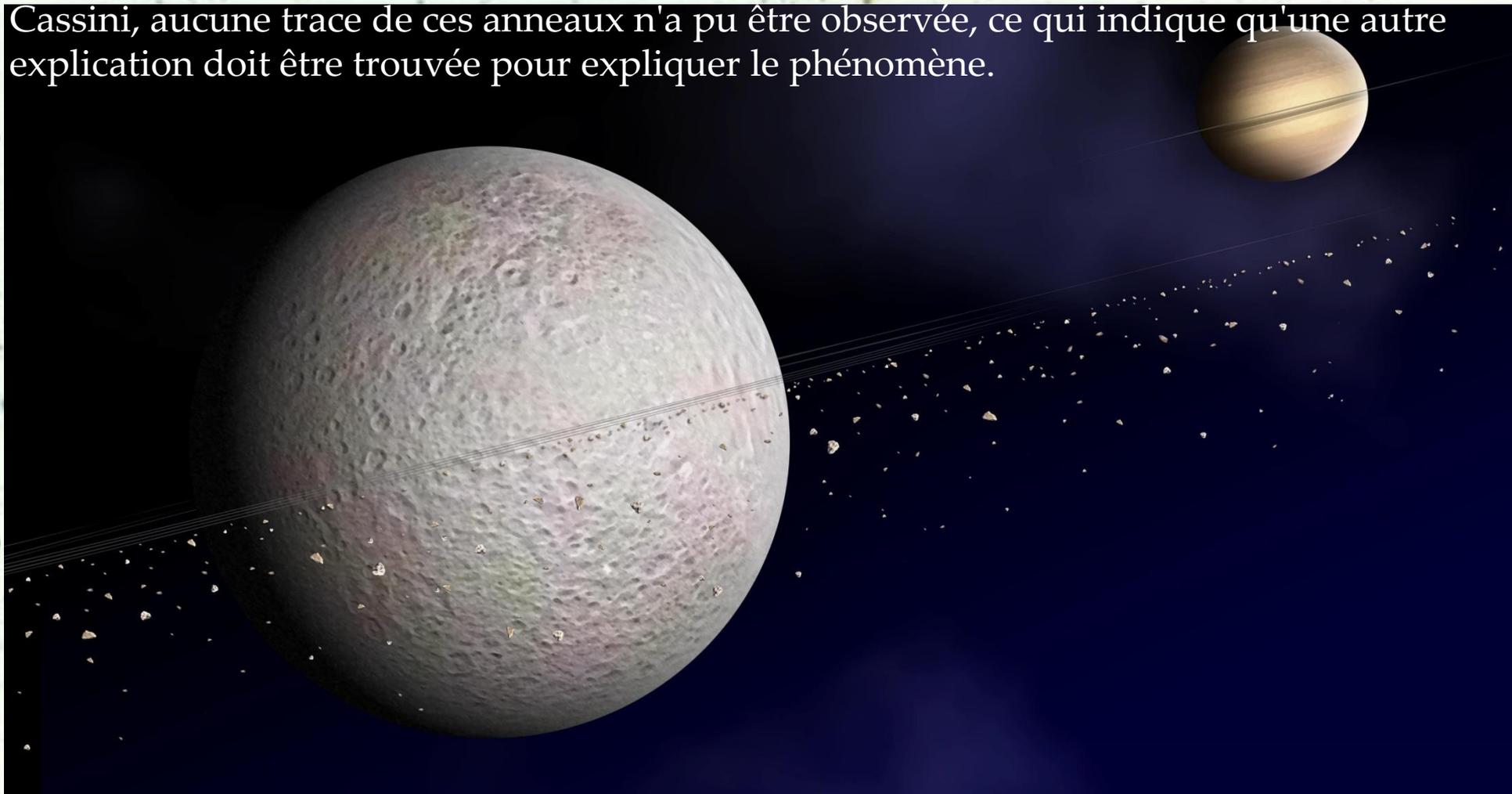


## Hémisphère arrière

L'hémisphère arrière présente un réseau de traînées claires sur un fond sombre, et peu de cratères. Ces traînées pourraient être de la matière éjectée de volcans de glace alors que Rhéa était encore liquide sous la surface.



Le 6 mars 2008, la sonde *Cassini* a rapporté des données selon lesquelles un disque de matière orbiterait autour de Rhéa. L'existence des anneaux a été déduite de la modification du flux d'électrons piégés par le champ magnétique de Saturne lorsque *Cassini* est passée à proximité de Rhéa. Les poussières et débris semblent s'étendre à l'extérieur de la sphère de Hill (influence gravitationnelle) de Rhéa, mais sont plus denses près de la lune et contiendraient trois fins anneaux d'une densité encore plus élevée. Toutefois, lors d'une campagne d'observation sous plusieurs angles par la sonde *Cassini*, aucune trace de ces anneaux n'a pu être observée, ce qui indique qu'une autre explication doit être trouvée pour expliquer le phénomène.

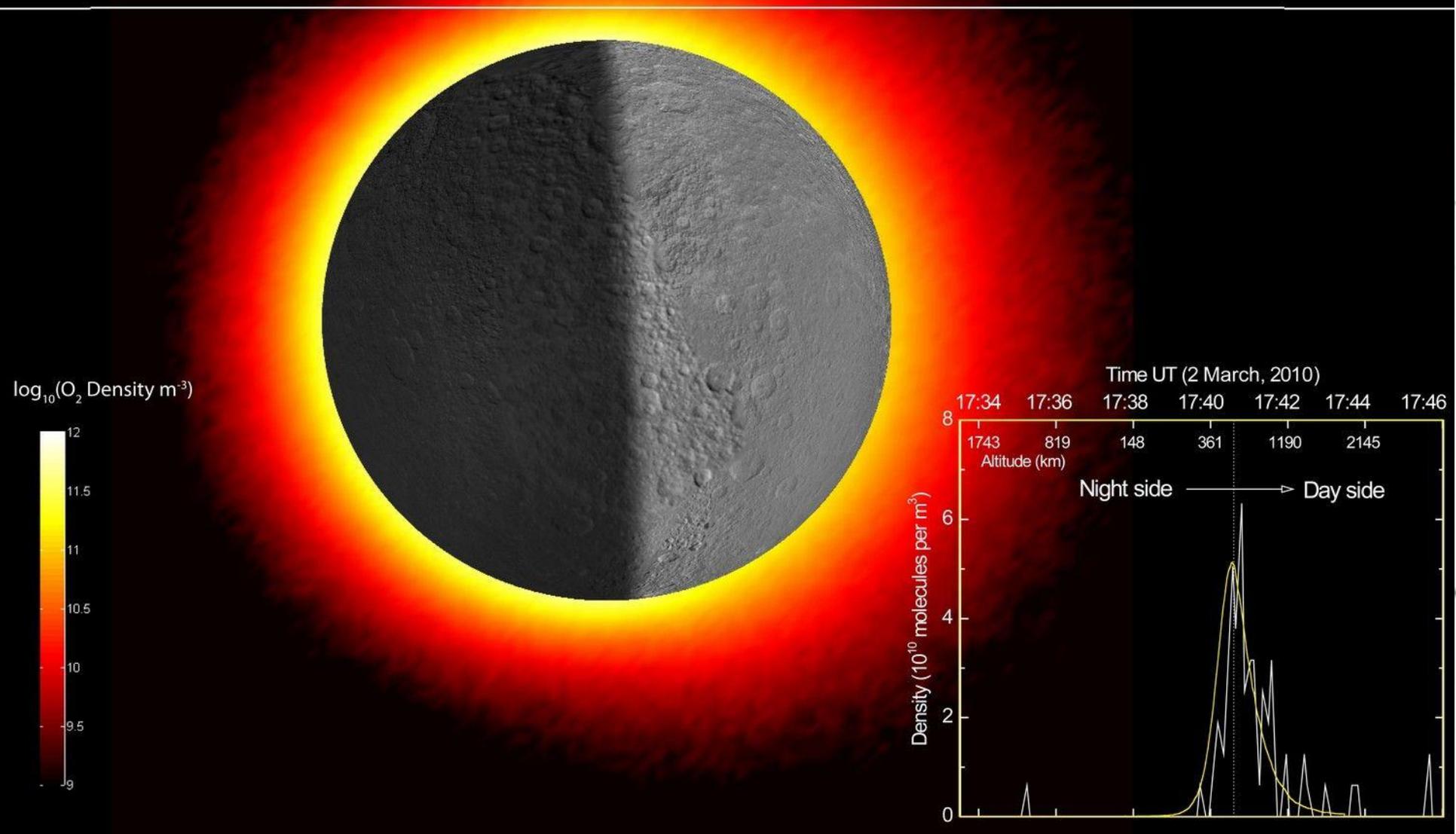


Au cours d'un survol rapproché de Rhéa en début 2010 les spectromètres de la sonde Cassini ont détecté la présence d'une fine atmosphère d'oxygène et de dioxyde de carbone autour de ce satellite de Saturne

**Rhea Encounter 2 March, 2010**

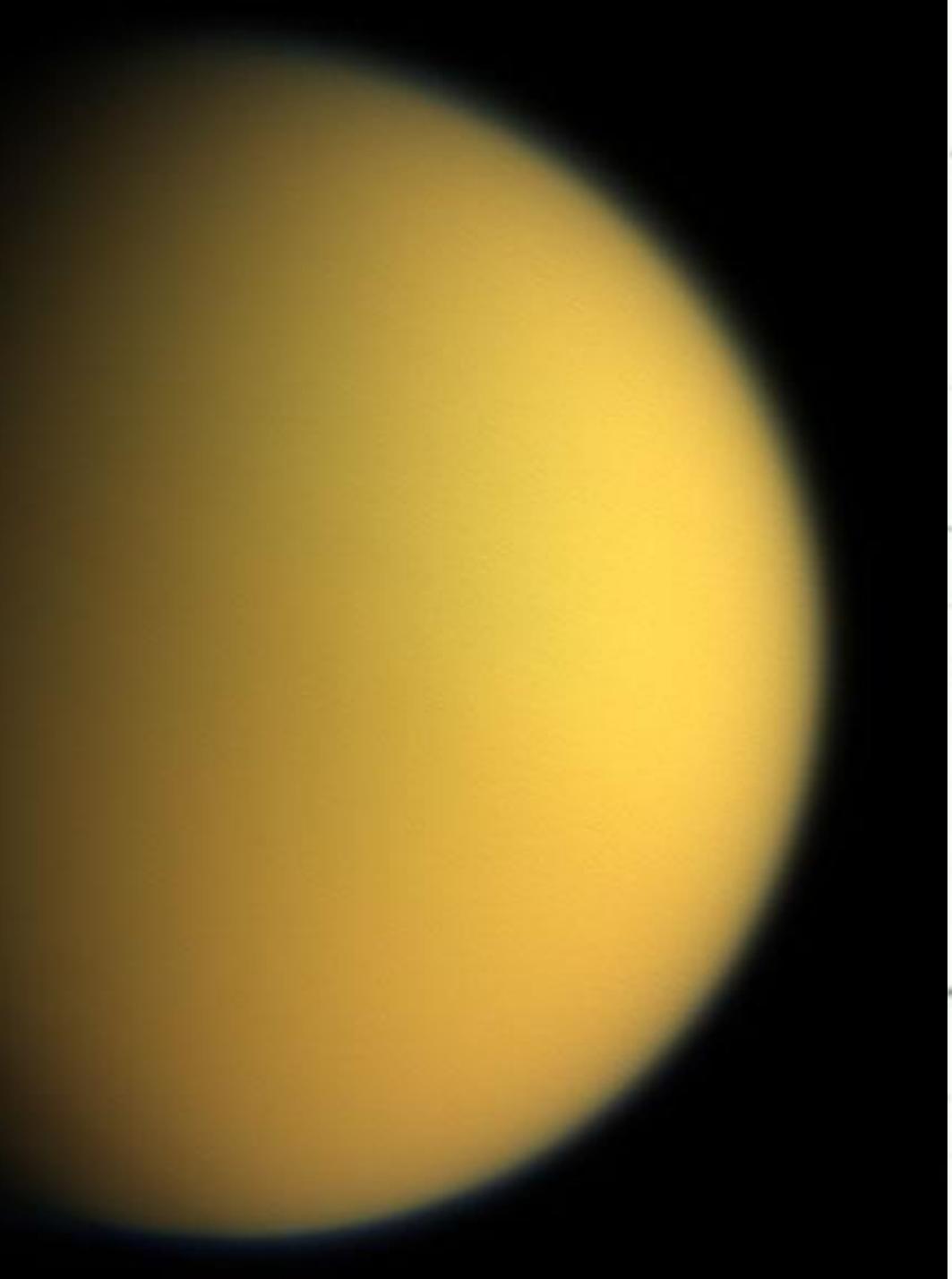
carbone autour de ce satellite de Saturne

Cassini 8.6 km/s

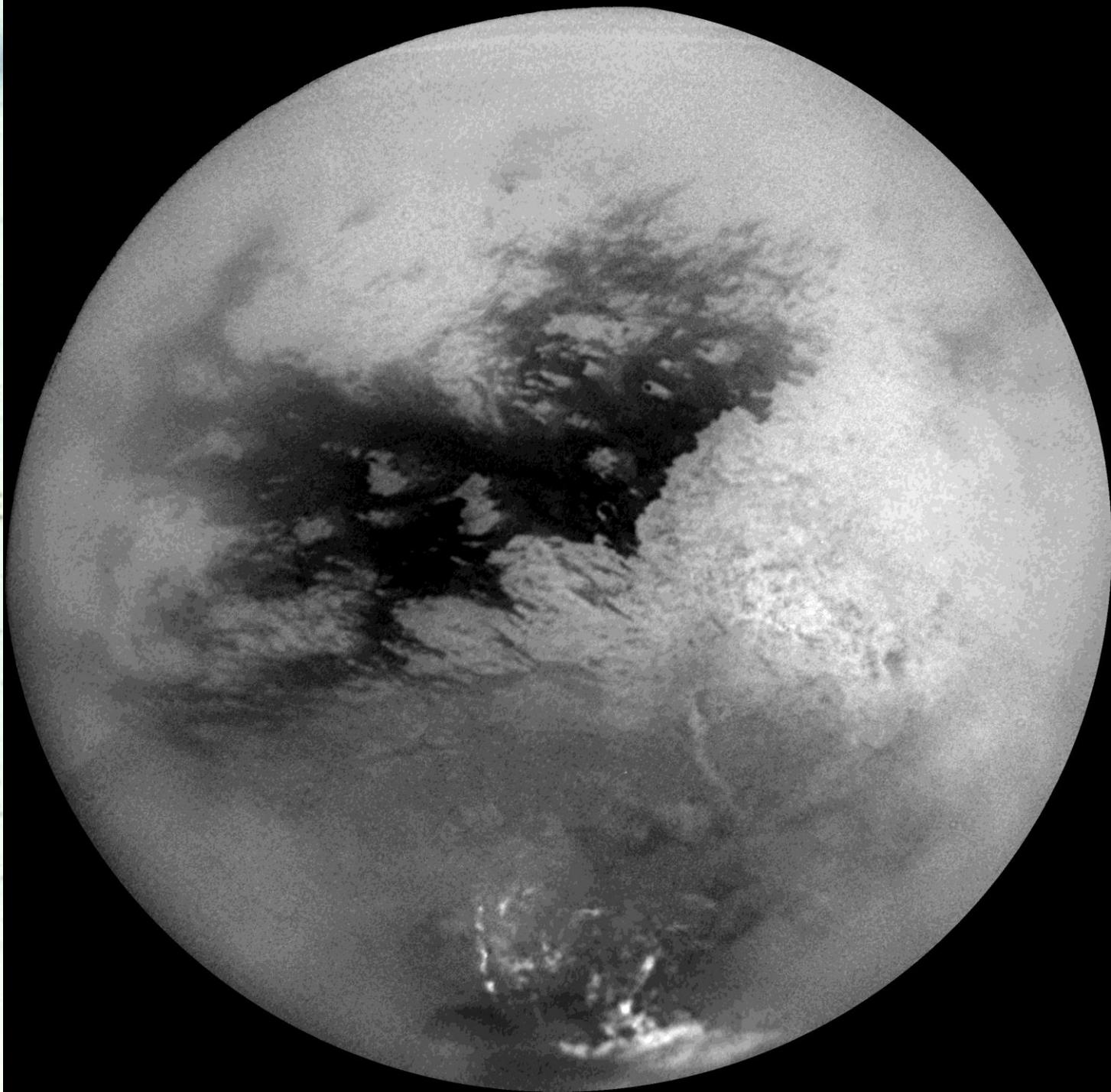


# Titan

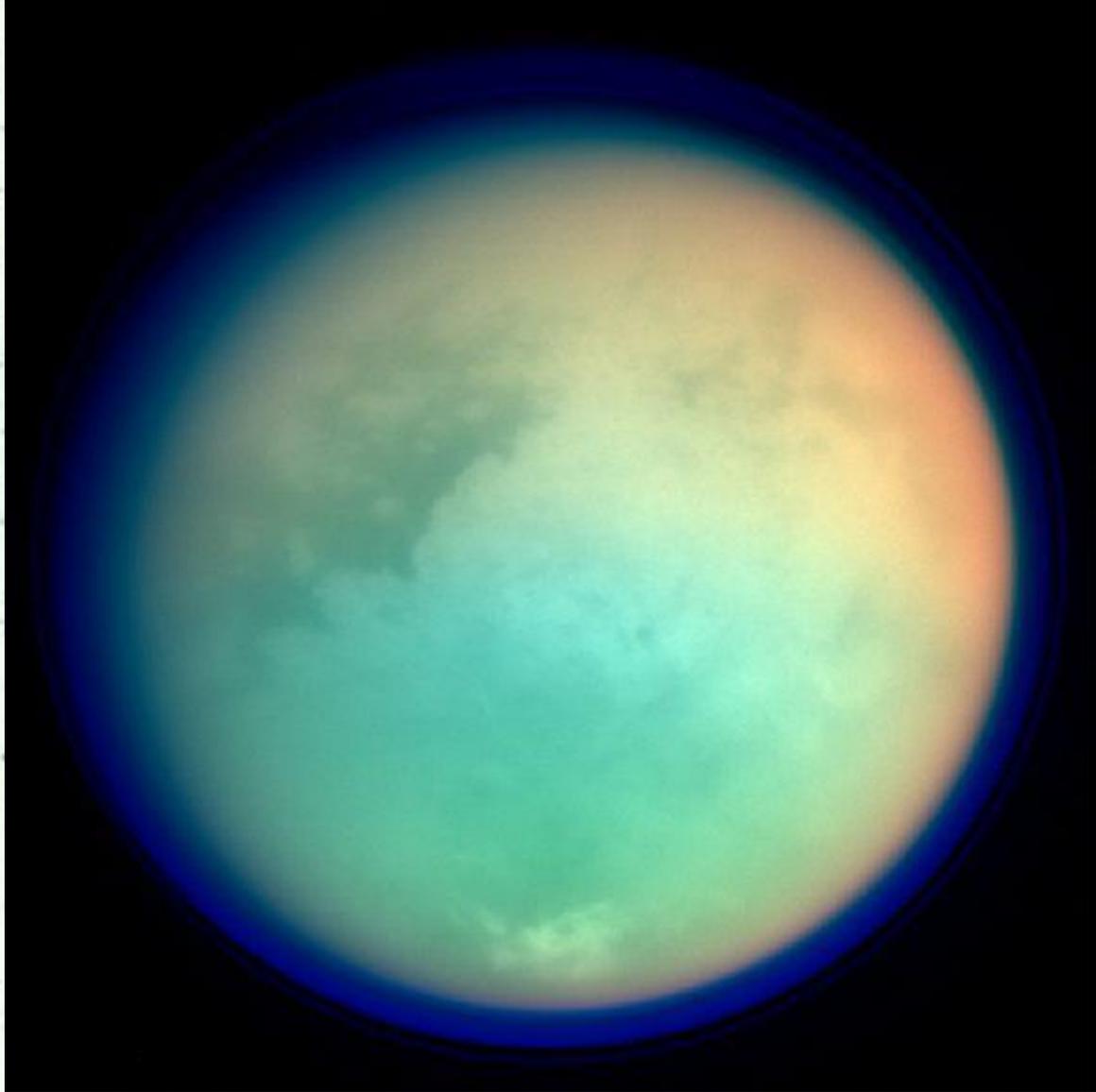
Le plus gros (5151 km), plus gros que Mercure mais surtout c'est le seul de tous les satellites à avoir une atmosphère dense. Elle a été découverte le 25 mars 1655 par Christian Huygens. Il est aussi le deuxième après notre Lune à avoir reçu la visite d'un module. En fait l'atmosphère ne permettait pas de le voir vraiment.



Titan est principalement composé d'eau sous forme glacée et de roches. Son épaisse atmosphère a longtemps empêché l'observation de sa surface jusqu'à l'arrivée de la mission *Cassini-Huygens* en 2004, laquelle a permis la découverte de milliers de lacs d'hydrocarbures liquides (éthane et méthane surtout) dans les régions polaires du satellite, particulièrement autour du pôle Nord où l'on en trouve 25 fois plus qu'autour du pôle Sud.



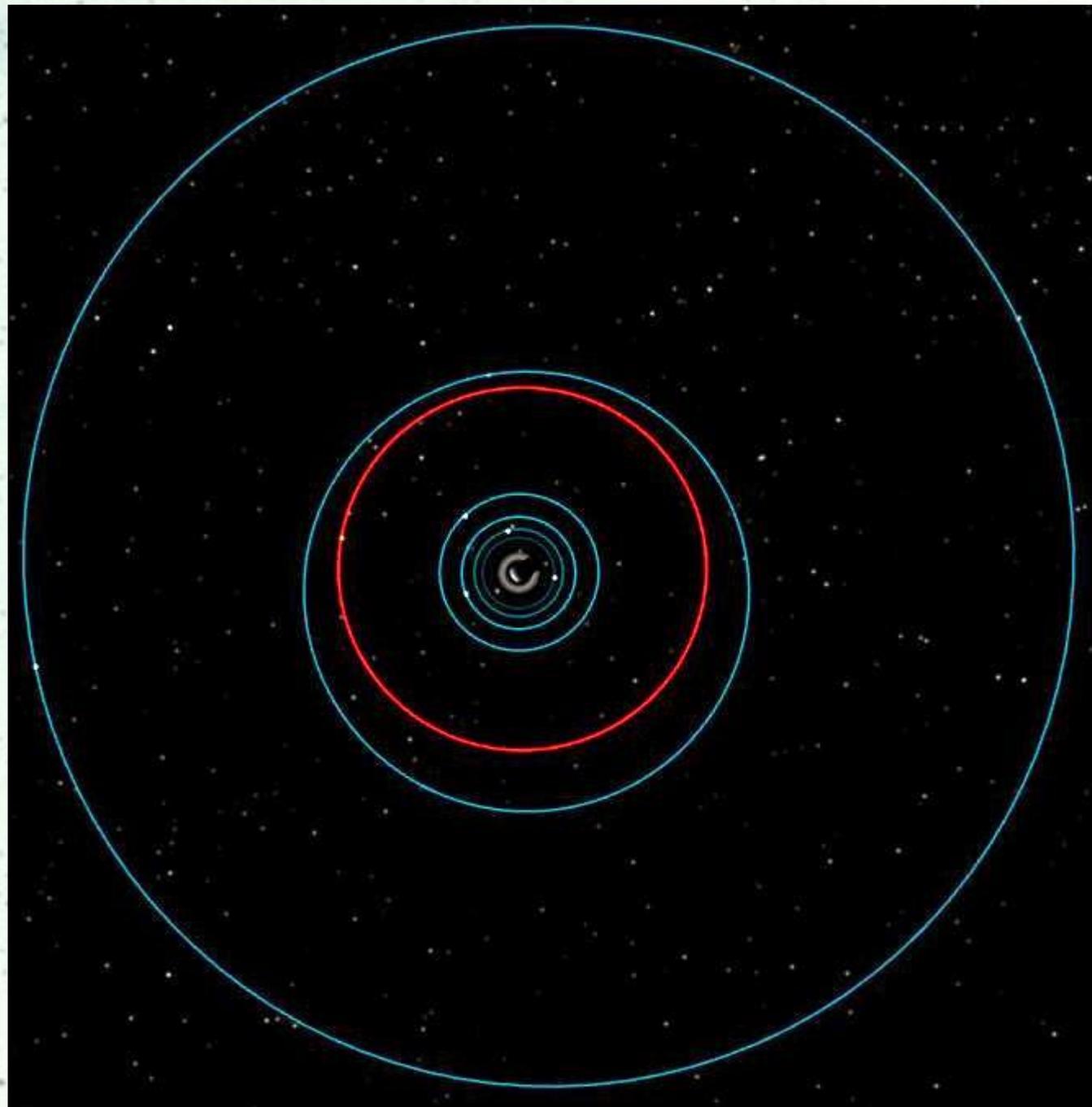
Vue de Titan par la mission *Cassini*, le 26 octobre 2004. Photographie de Titan en fausses couleurs, montrant des détails de la surface et de l'atmosphère. Xanadu est la région brillante située dans le centre-droit, tandis que la plus sombre s'appelle Shangri-la. La surface semble jeune et il n'y a pas de cratère visible.



L'orbite de Titan (en rouge)  
parmi les autres lunes internes  
principales de Saturne.

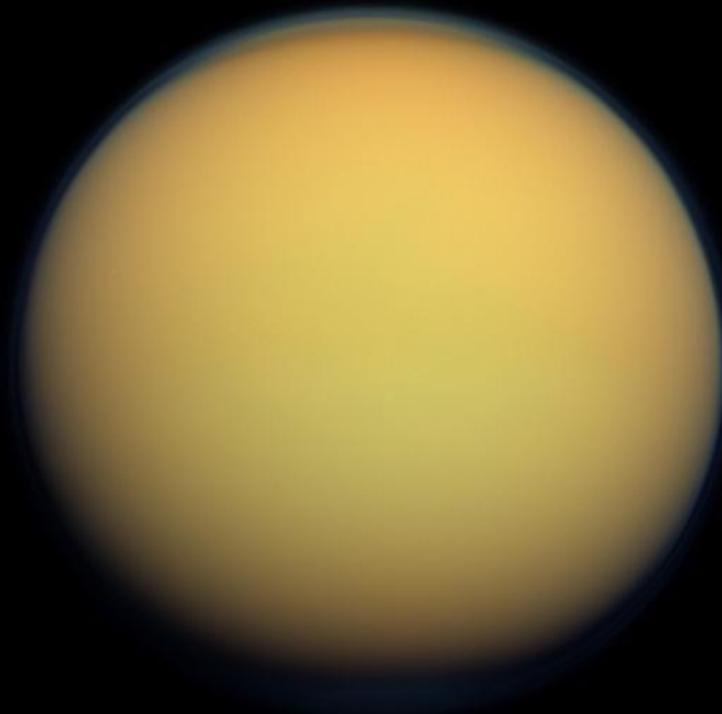
Titan orbite autour de  
Saturne en 15 jours  
et 22 heures. Sa rotation  
est synchrone. Titan est  
à une distance  
de 1 222 000 km de  
Saturne  
(20,2 rayons saturniens).  
Les orbites de Titan  
et **Hypérion** — un petit  
satellite irrégulier —  
sont en résonance 3:4.

Du fait de toutes ces  
caractéristiques on  
pense à la présence de  
vie... à voir.

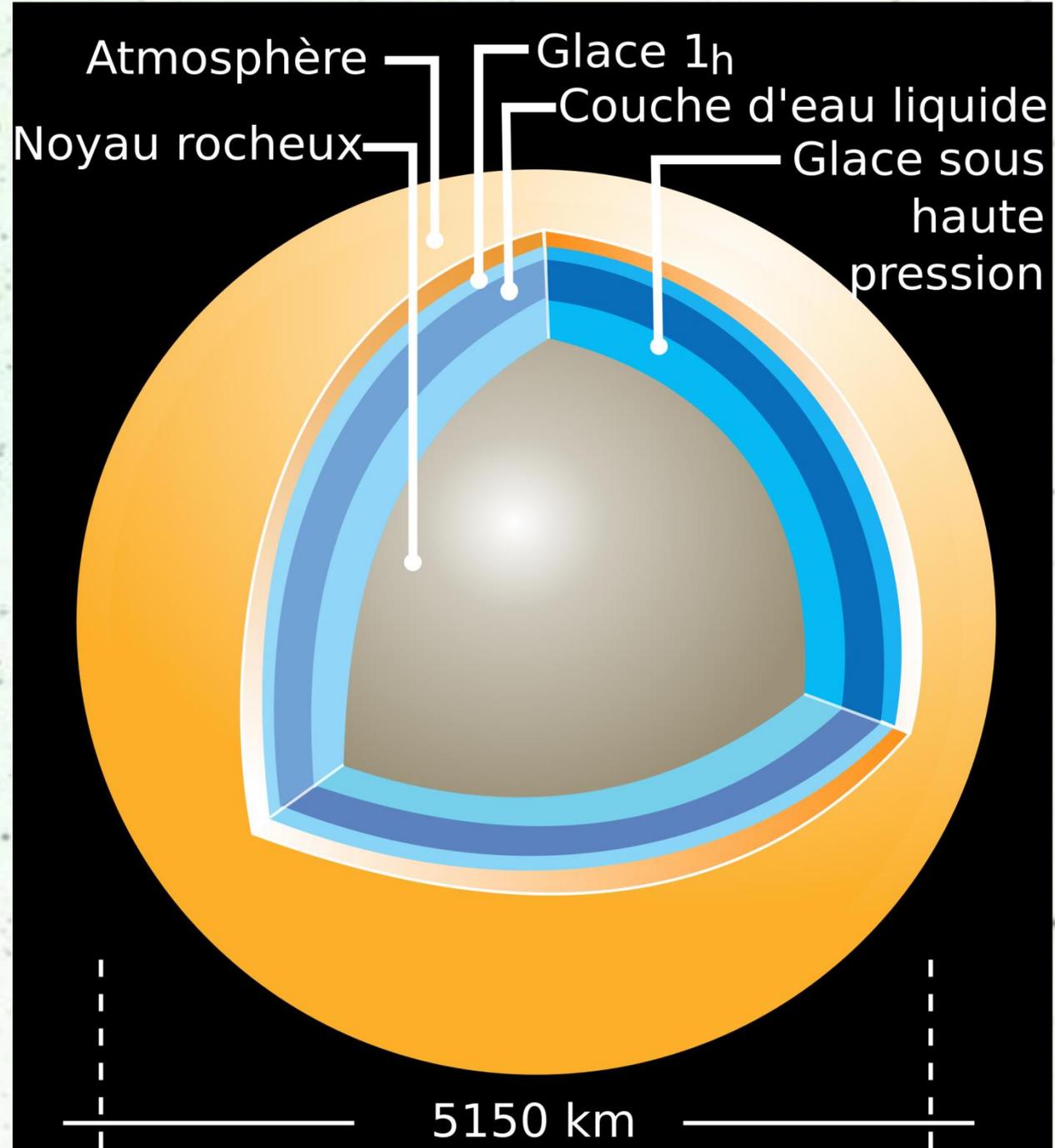


Titan, ressemble  
curieusement au  
lointain nuage de  
Oort

Le rapport isotopique de l'azote qui abonde dans l'atmosphère de Titan suggère que la plus grosse lune de Saturne se serait formée à partir des mêmes blocs que ceux qui errent encore aujourd'hui dans le lointain nuage de Oort.

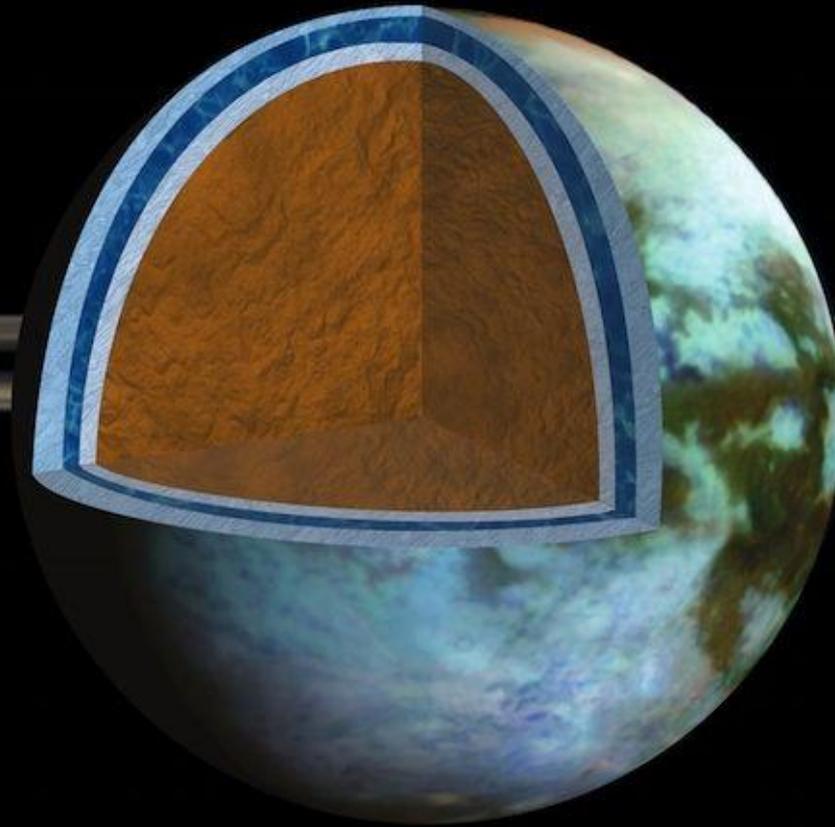


Titan est principalement composé d'eau sous forme glacée et de roches. La température moyenne de l'atmosphère au niveau du sol est de  $94 \text{ °K}$  ( $-179 \text{ °C}$ ) ; elle atteint un minimum de  $72 \text{ °K}$  ( $-201 \text{ °C}$ ) au niveau de la **tropopause** (à une altitude de  $40 \text{ km}$ ). L'atmosphère de Titan est composée à  $98,4 \%$  de diazote et comporte  $1,6 \%$  de nuages de méthane, d'éthane, etc...



## En plus l'océan de Titan serait vraiment très salé

D'après les données collectées sur Titan par la sonde spatiale Cassini durant 10 ans et quelque 102 survols, une équipe de chercheurs estime que ce satellite naturel de Saturne possède un océan très salé sous une couche de glace plutôt rigide.

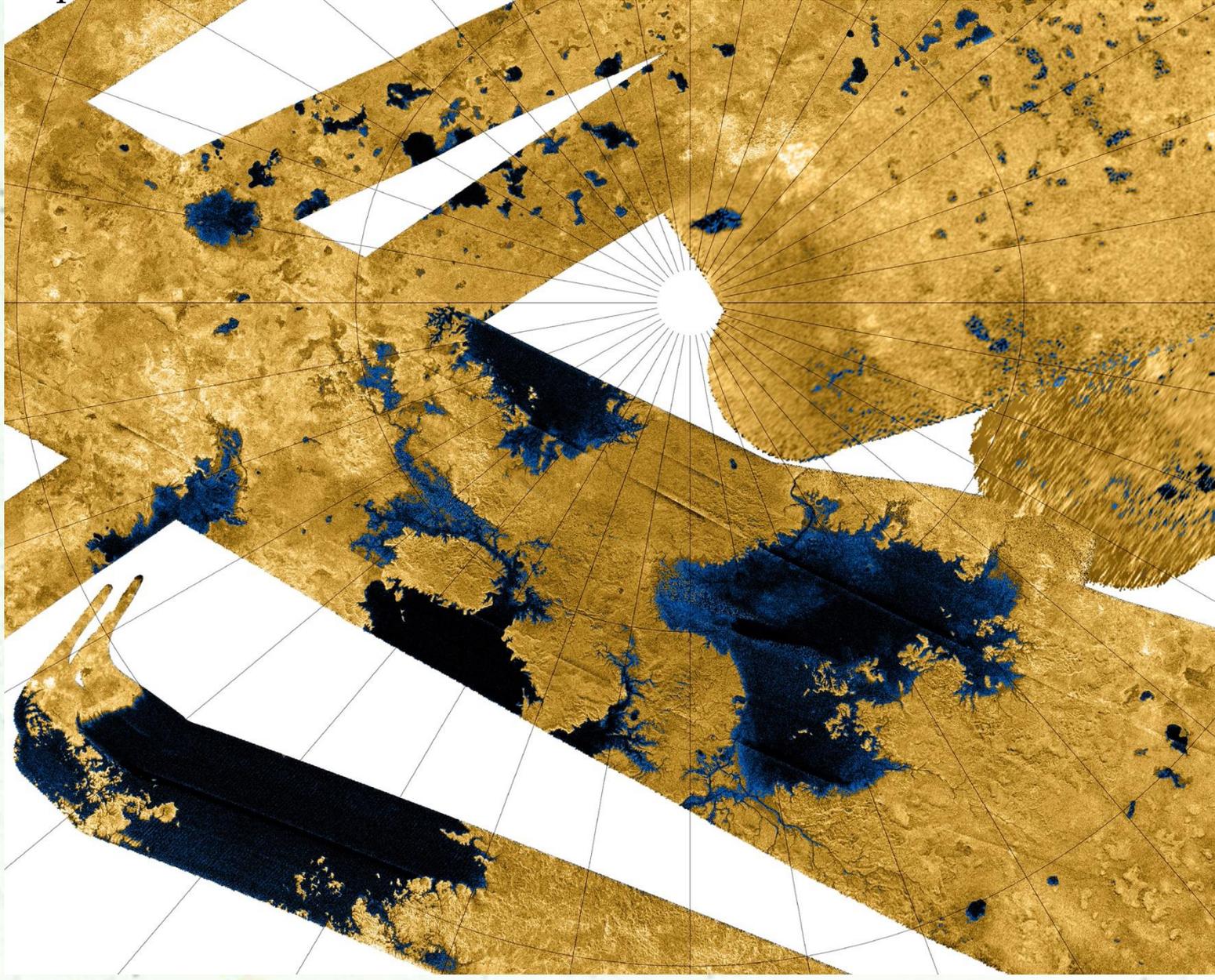


Leur modèle suggère également que son épaisse atmosphère est réapprovisionnée en méthane par intermittence par quelques points chauds essaimés.

Le climat — qui comprend des vents et de la pluie de méthane — crée sur la surface des caractéristiques similaires à celles rencontrées sur Terre, telles des dunes et des côtes, et, comme sur la Terre, possède des saisons.

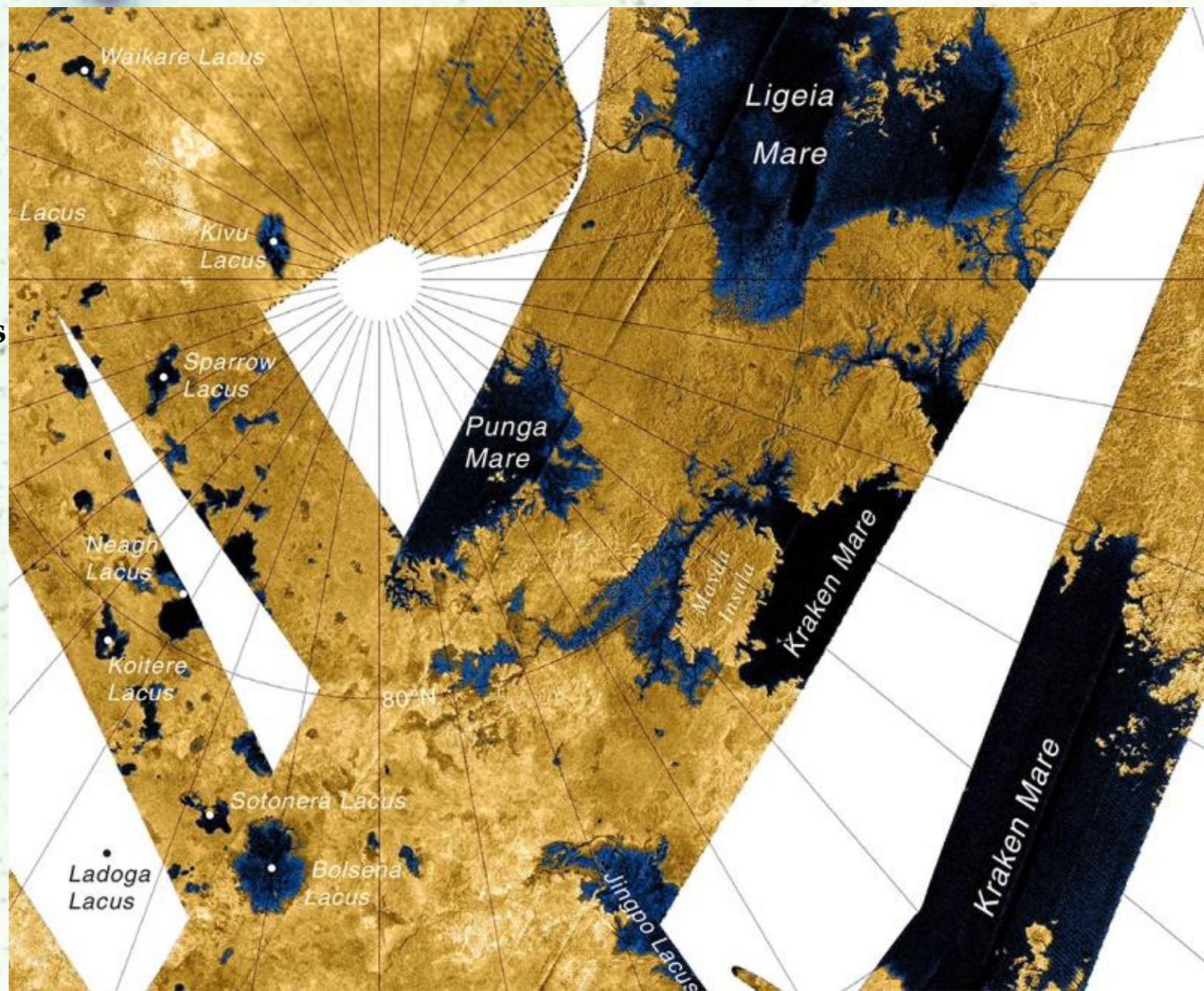
Mosaïque en fausses couleurs d'images radar prises par *Cassini* autour du pôle nord de Titan, mettant en évidence des mers, lacs et rivières d'hydrocarbures.

En fait sur Titan comme sur Terre (avec l'eau), il y a des changements de reliefs.



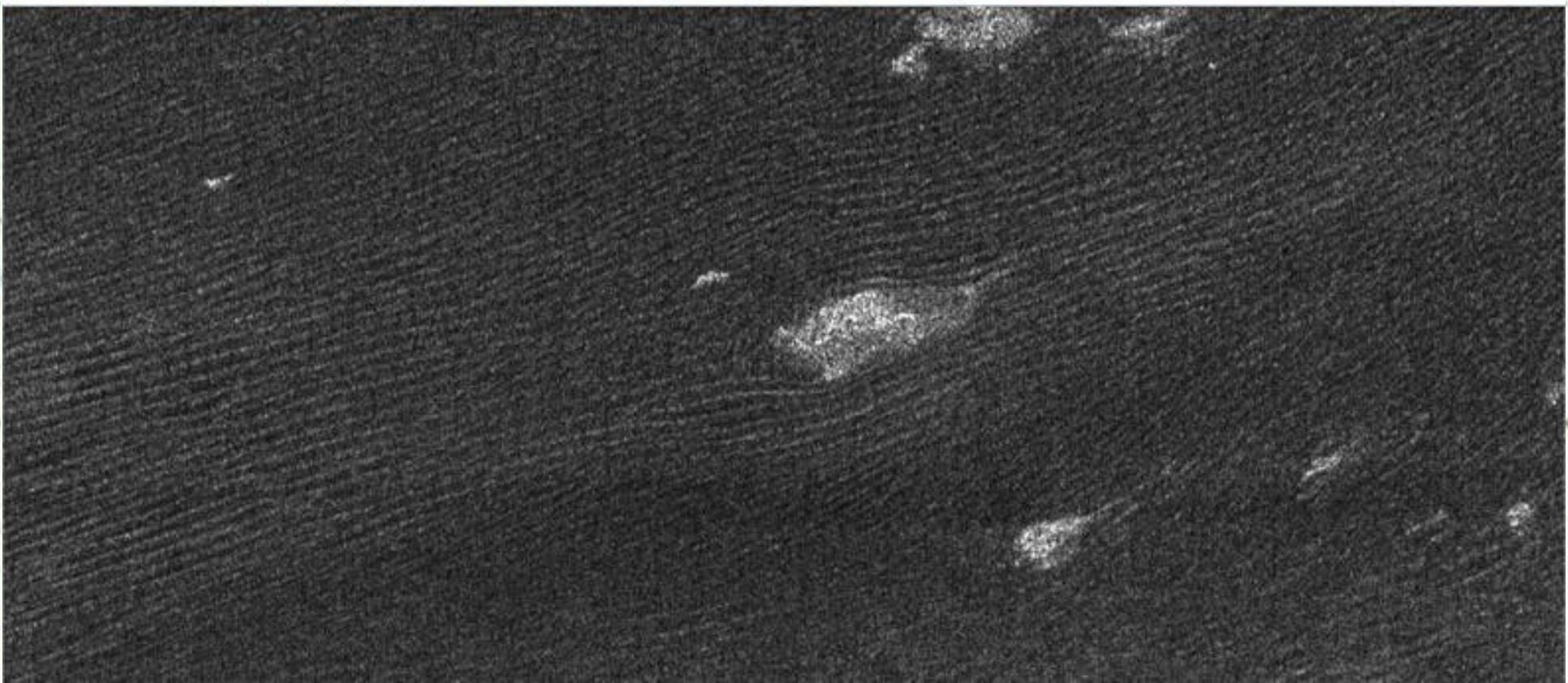
# Les mers et les lacs d'hydrocarbures sur Titan apparaissent extraordinairement lisses

quoique certaines données acquises par la sonde spatiale Cassini montrent des régions plus « agitées ». Les vagues peuvent y atteindre 2 cm de hauteur ! Si leur existence est confirmée, il s'agit des premières vagues jamais observées à la surface d'un autre monde que la Terre.





**Dunes sur la Terre (en haut), comparées aux dunes à la surface de Titan (en bas).**



## Nuages

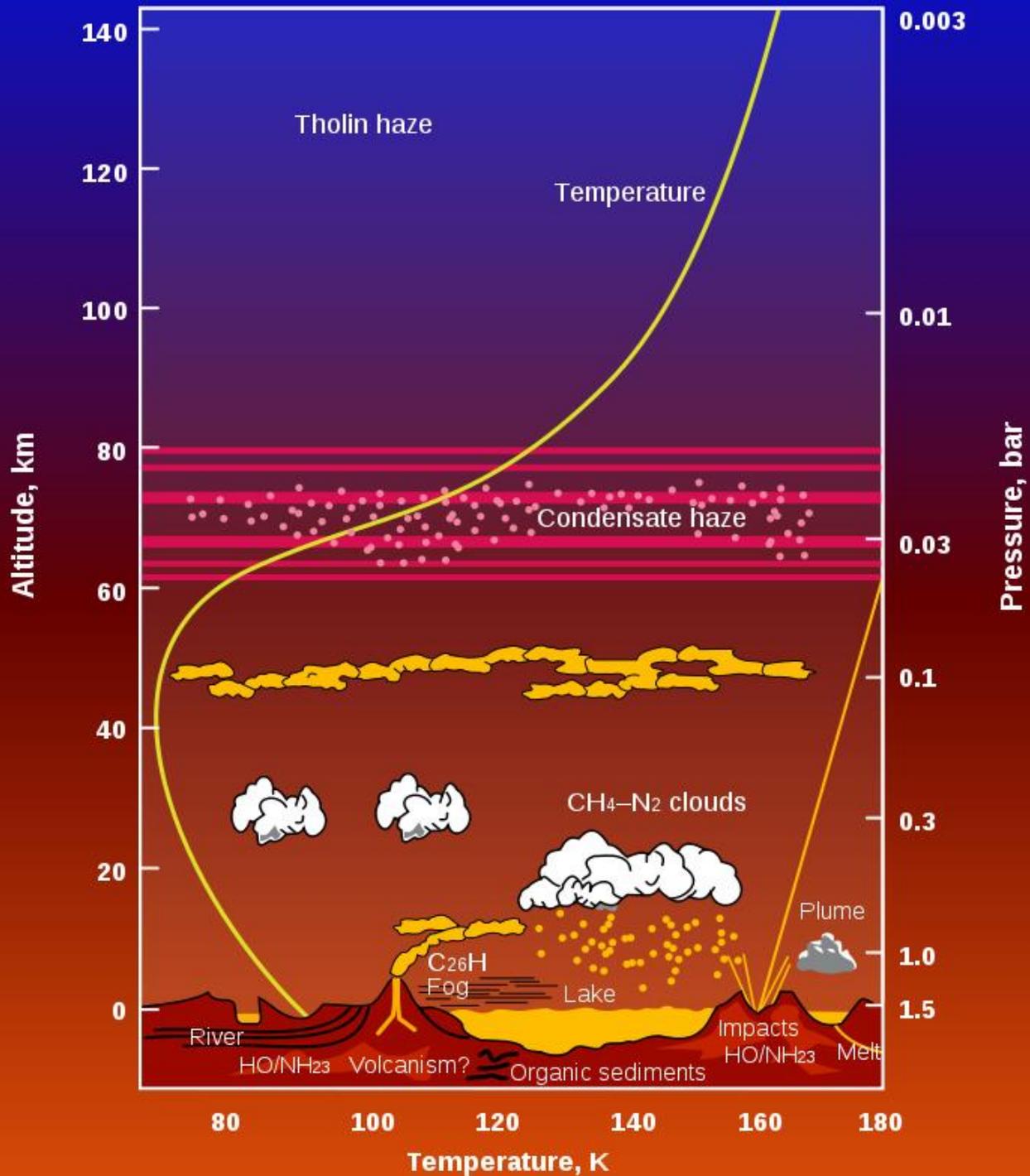
**Atmosphère** : Les vents suivent la direction de la rotation de Titan, d'ouest en est, mais plus vite que la surface. L'atmosphère comporte des couches opaques de brouillard qui bloquent la majorité de la lumière du Soleil.

La partie principale de l'ionosphère se trouve à 1 200 km d'altitude, mais une couche additionnelle de particules chargées existe à 63 km d'altitude.

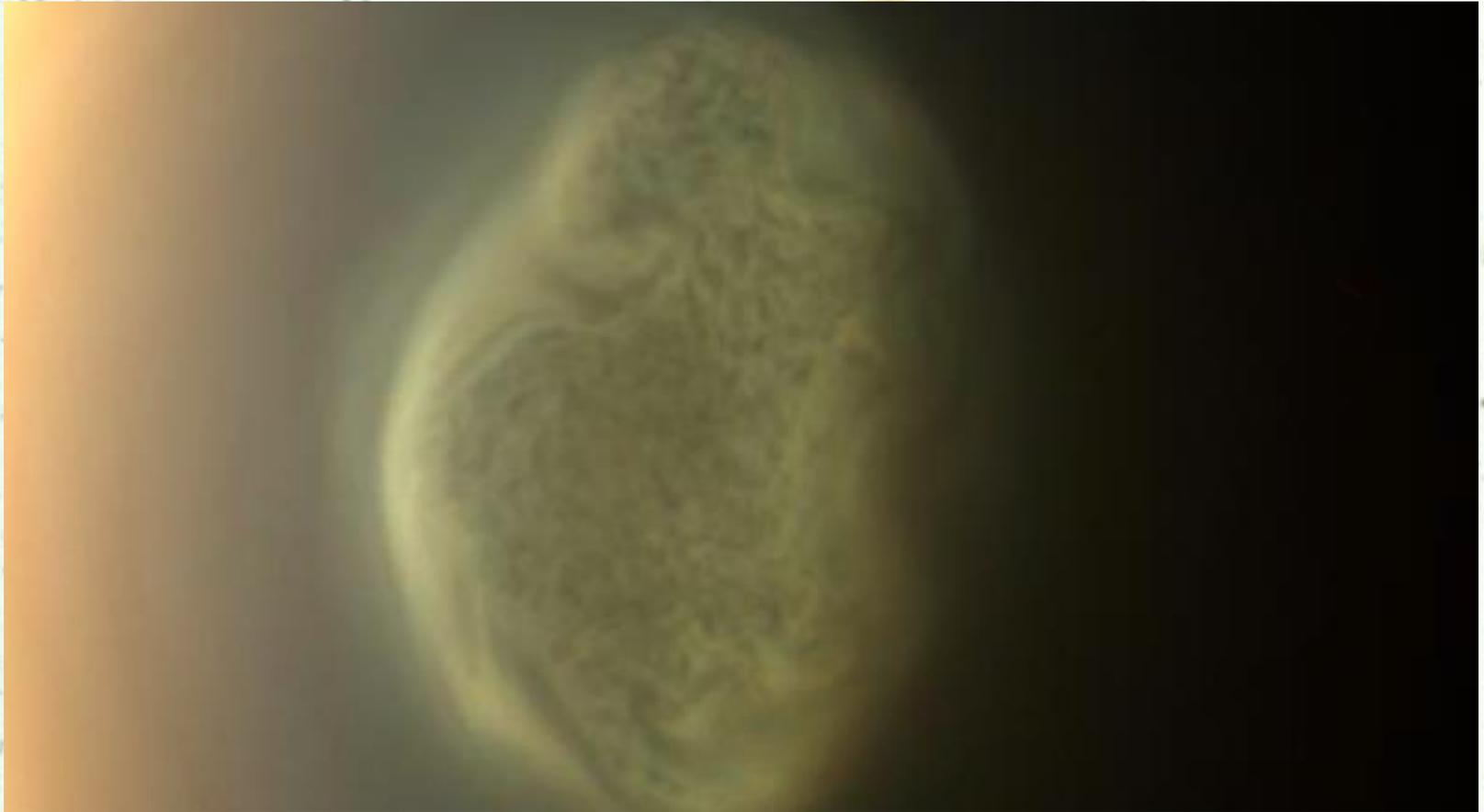
- Atmosphère



La brume atmosphérique diminue la température dans la basse atmosphère, tandis que le méthane fait monter la température à la surface. Les cryovolcans produisent des éruptions de méthane dans l'atmosphère, méthane qui retombe ensuite sous forme de pluies sur la surface, pour former des lacs.

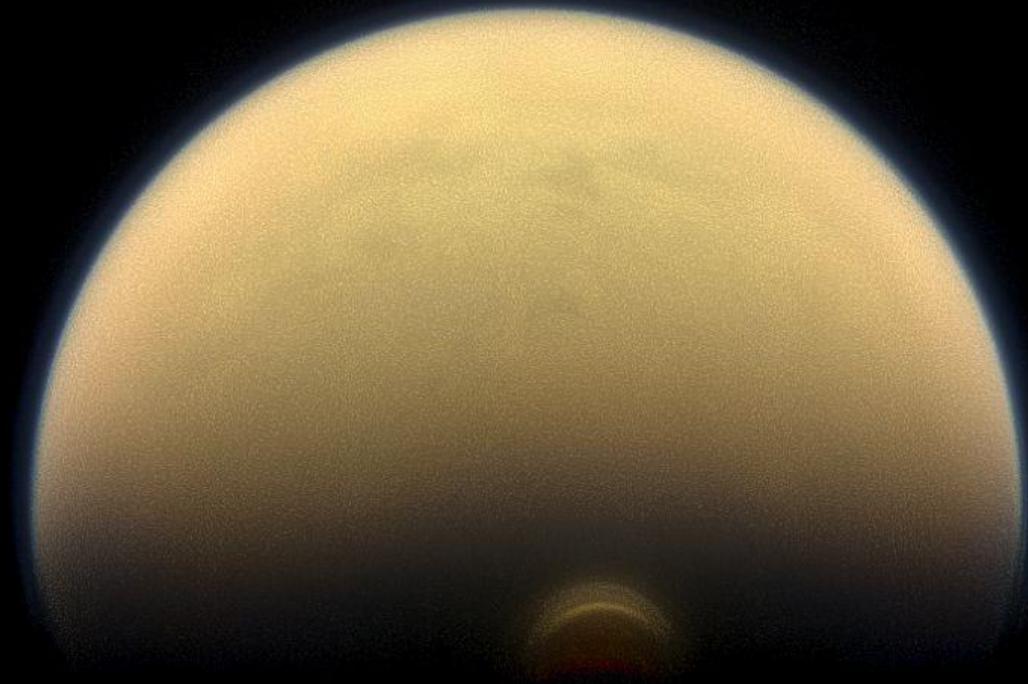


## Sur Titan, Cassini observe un curieux nuage géant



**Fin 2015, un nouveau nuage de glace est apparu rappelant ce qui avait été observé onze ans plus tôt aux antipodes, à la fin de l'hiver boréal. Ce sont des signes avant-coureurs de l'arrivée de l'hiver austral et les scientifiques se réjouissent de pouvoir l'étudier avant la fin de la mission prévue en 2017.**

On peut dire que sur Titan nous avons un cycle du Méthane, comme sur Terre il y a un cycle de l'Eau. À l'arrivée de Cassini en 2004 c'était le milieu de l'hiver au pôle Nord et il y avait le même nuage. Ce nuage est à 200 km d'altitude. Il est composé d'hydrogène, de carbone et d'azote.

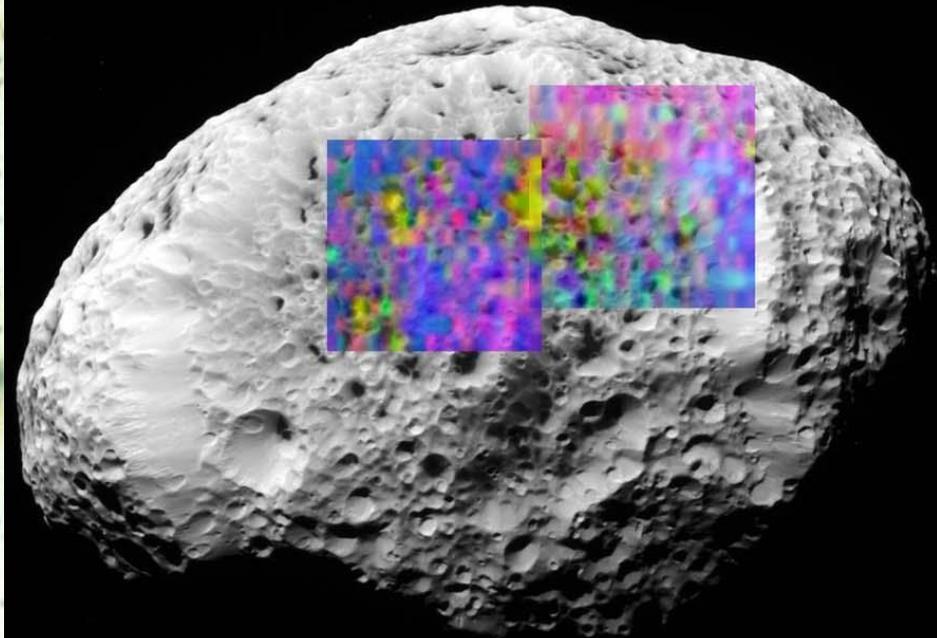
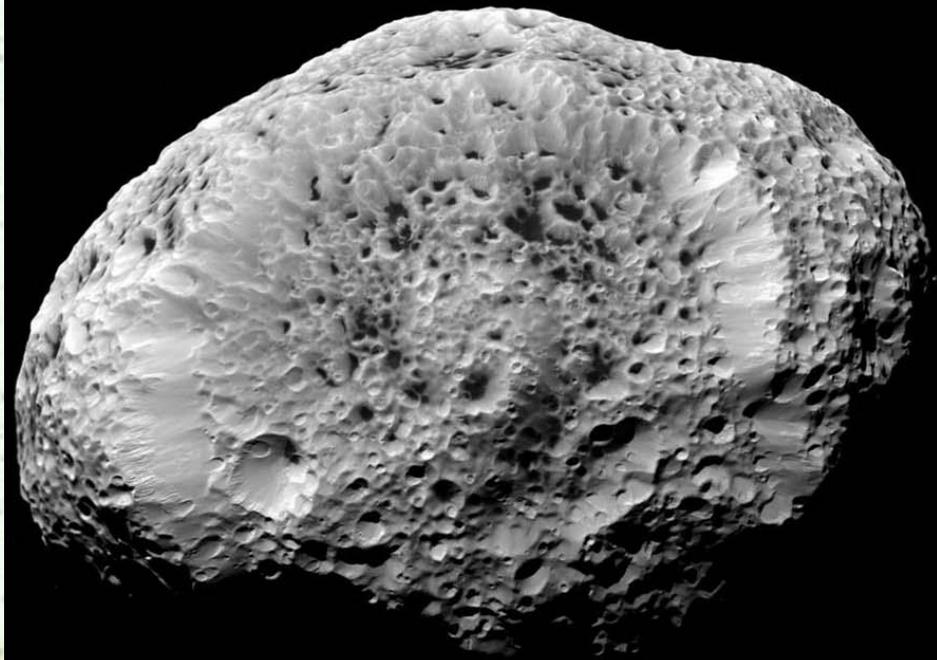


## Hyperion

C'est le voisin le plus proche de Titan dans le système saturnien. Leurs orbites sont bloquées dans une résonance 4:3. Avec un diamètre d'environ 270 km, Hypérion est plus petite et légère que Mimas. Sa forme est très irrégulière, et sa densité (environ  $0,55 \text{ kg/cm}^3$ ) indique que sa porosité dépasse les 40 %.

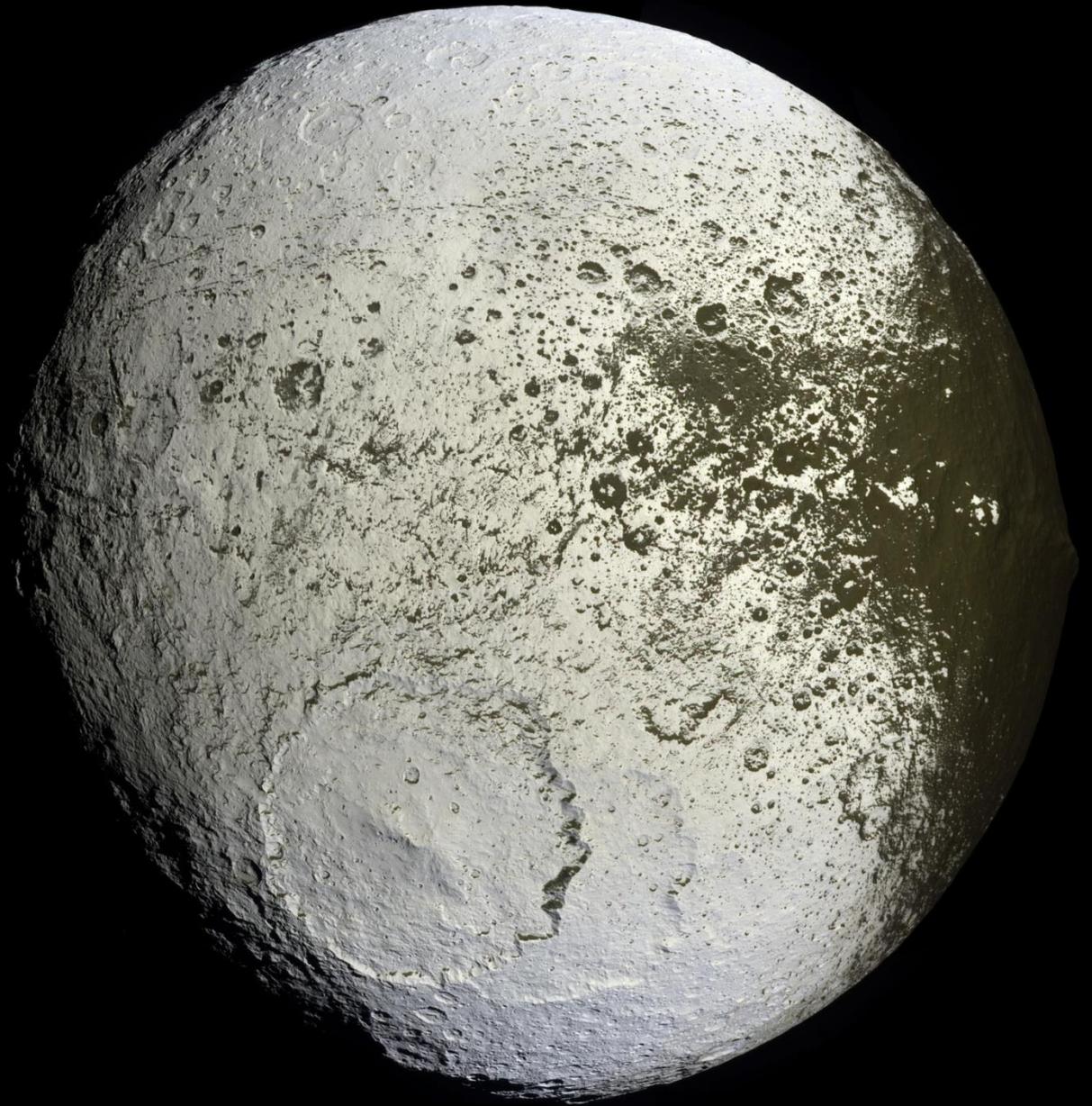


Sa surface est couverte de cratères contigus si nombreux et aux marges si fines que la vue d'ensemble de ce satellite fait penser à une pierre\_ponce. Les images de *Voyager* 2 ainsi que les mesures ultérieures de photométrie terrestre indiquent que la rotation d'Hypérion est chaotique, c'est-à-dire que son axe de rotation varie si fortement qu'il ne possède pas de pôle ou d'équateur bien défini, et que son orientation dans l'espace est impossible à prédire.

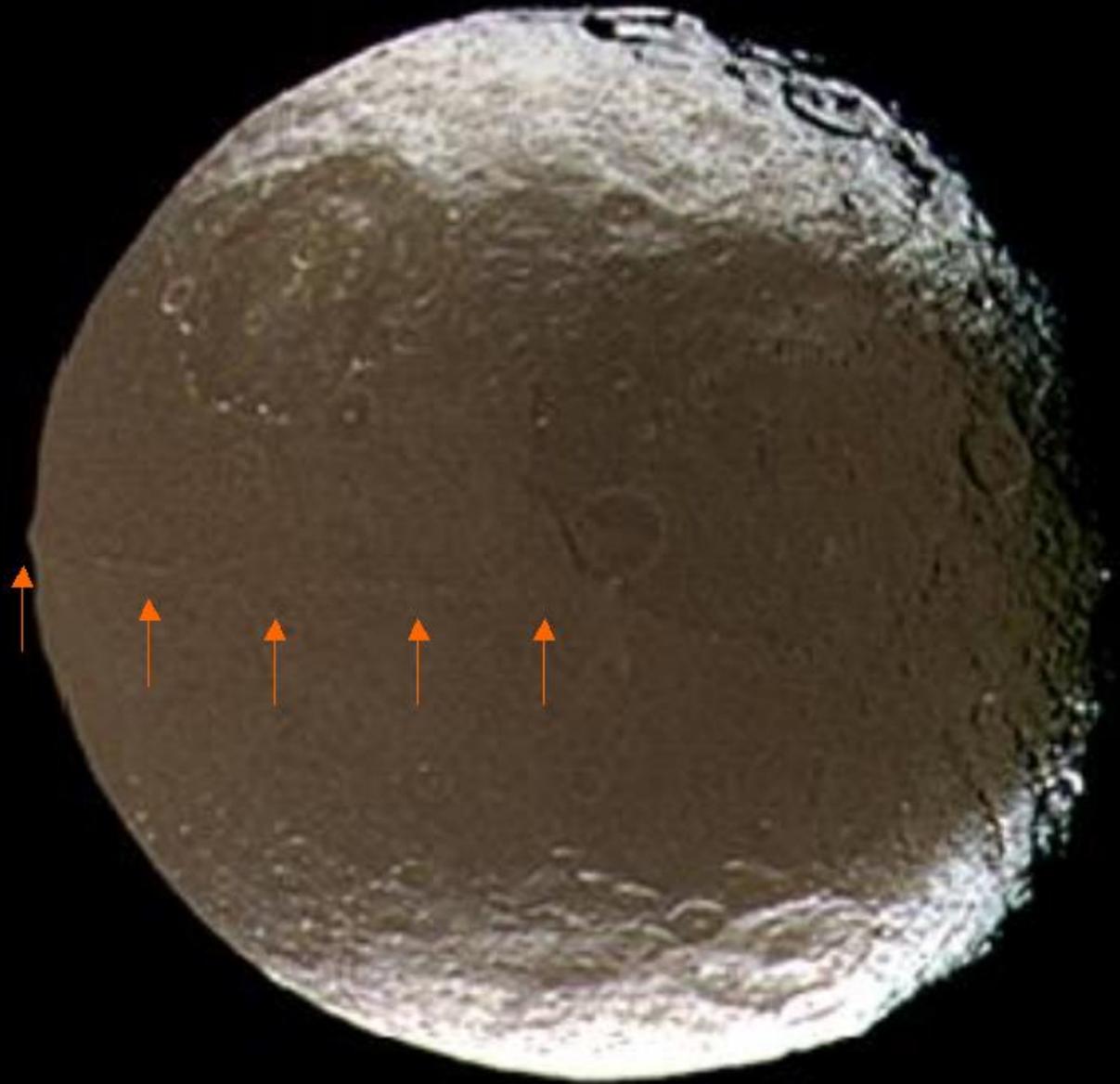


## Japet

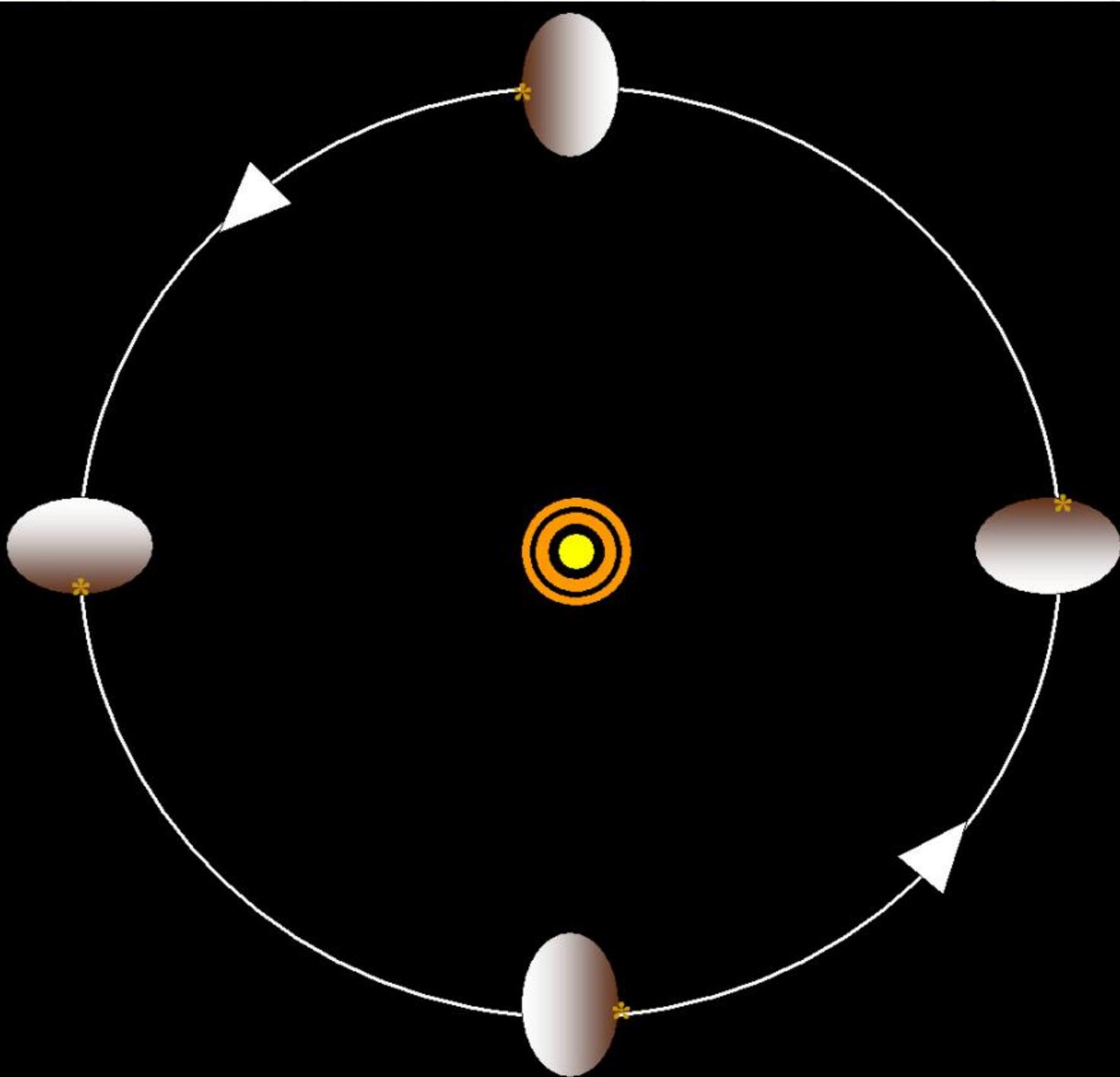
est la troisième plus grande lune de Saturne, avec un diamètre de 1 471 km. En orbite autour de la planète à plus de 35 millions km, elle est de loin la plus éloignée des grandes lunes de Saturne. Japet est connue depuis longtemps pour sa coloration, l'un de ses hémisphères étant particulièrement brillant tandis que l'autre est très sombre.



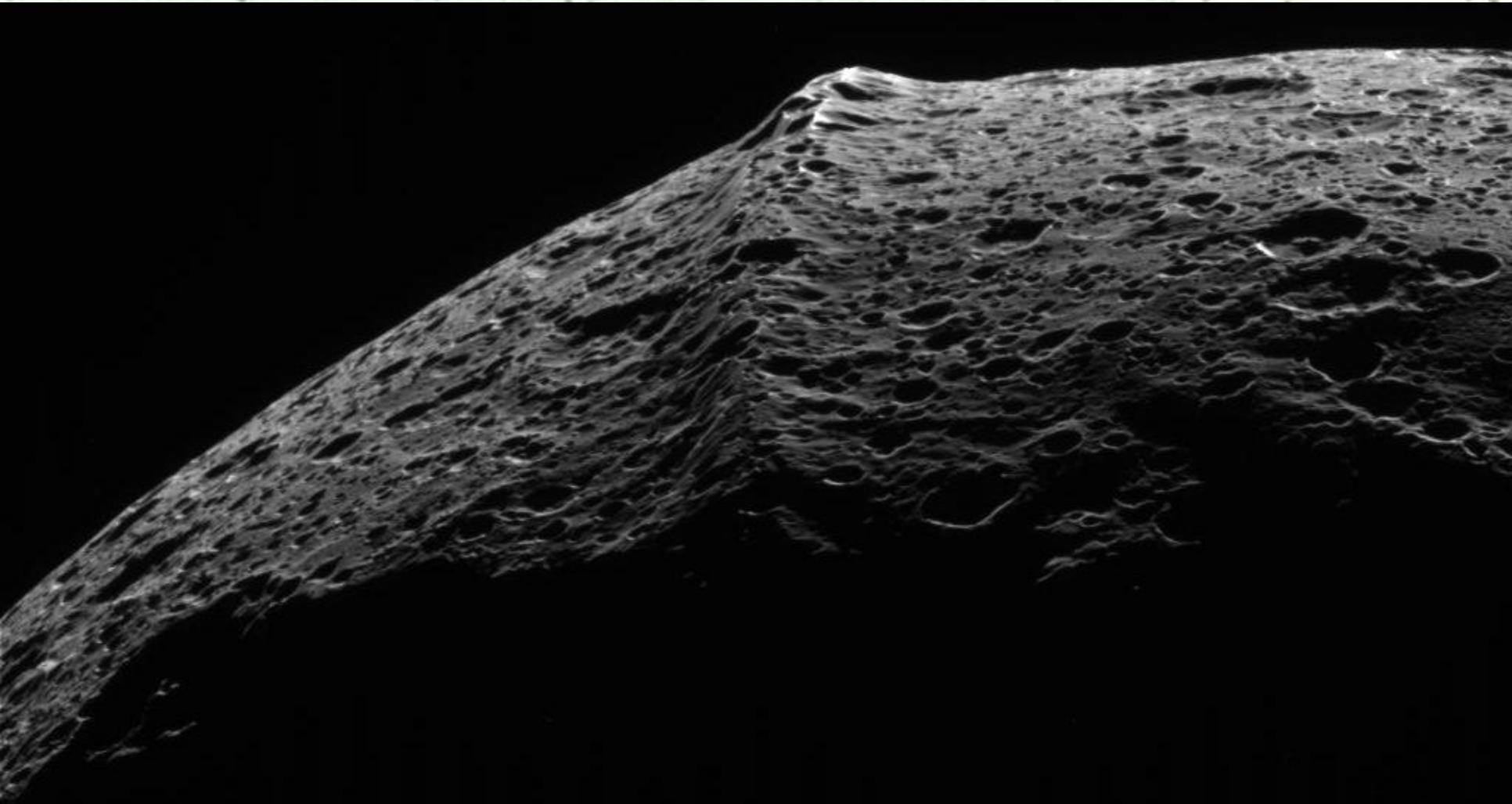
Les pôles N et S sont constitués de glaces claires, "propres". La région équatoriale est constituée de glaces très "sales", très riches en matière organique. Une ride parfaitement équatoriale (flèches oranges) parcourt le milieu de cette tache brune.



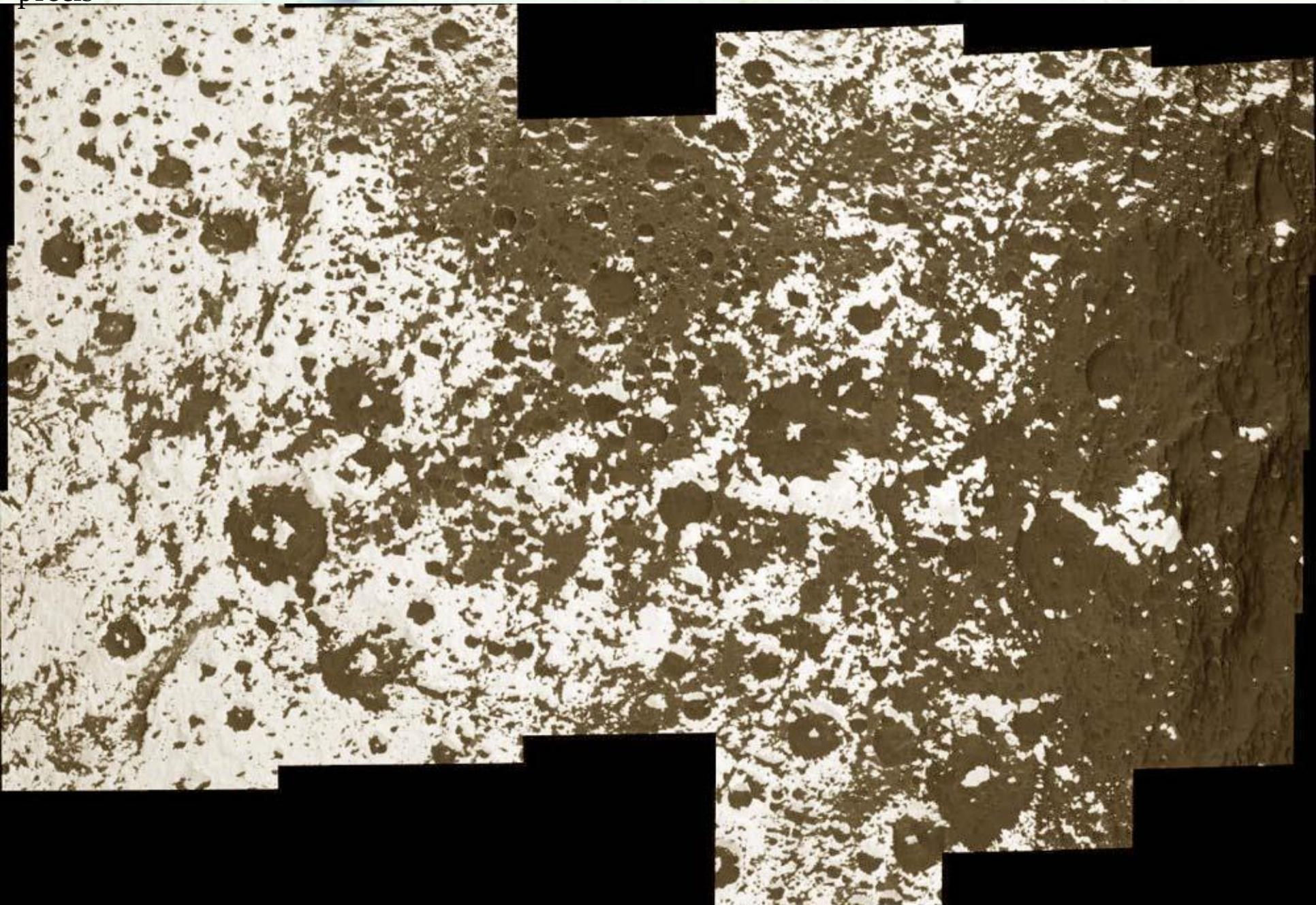
Japet tourne sur lui-même avec la même période qu'autour de Saturne (79 jours). Le point représenté par un astérisque est toujours au centre de la face qui se trouve en avant de Japet vis-à-vis de son mouvement autour de Saturne.

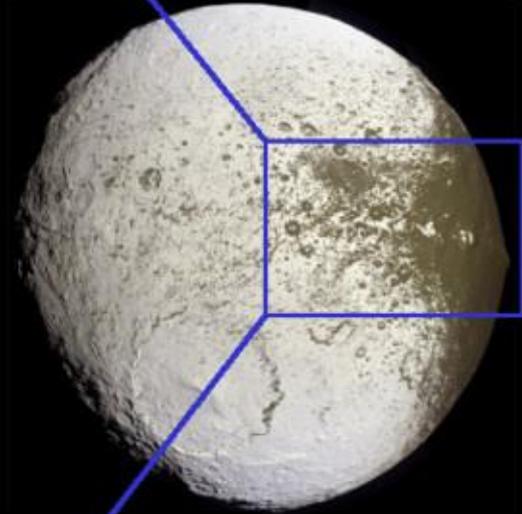
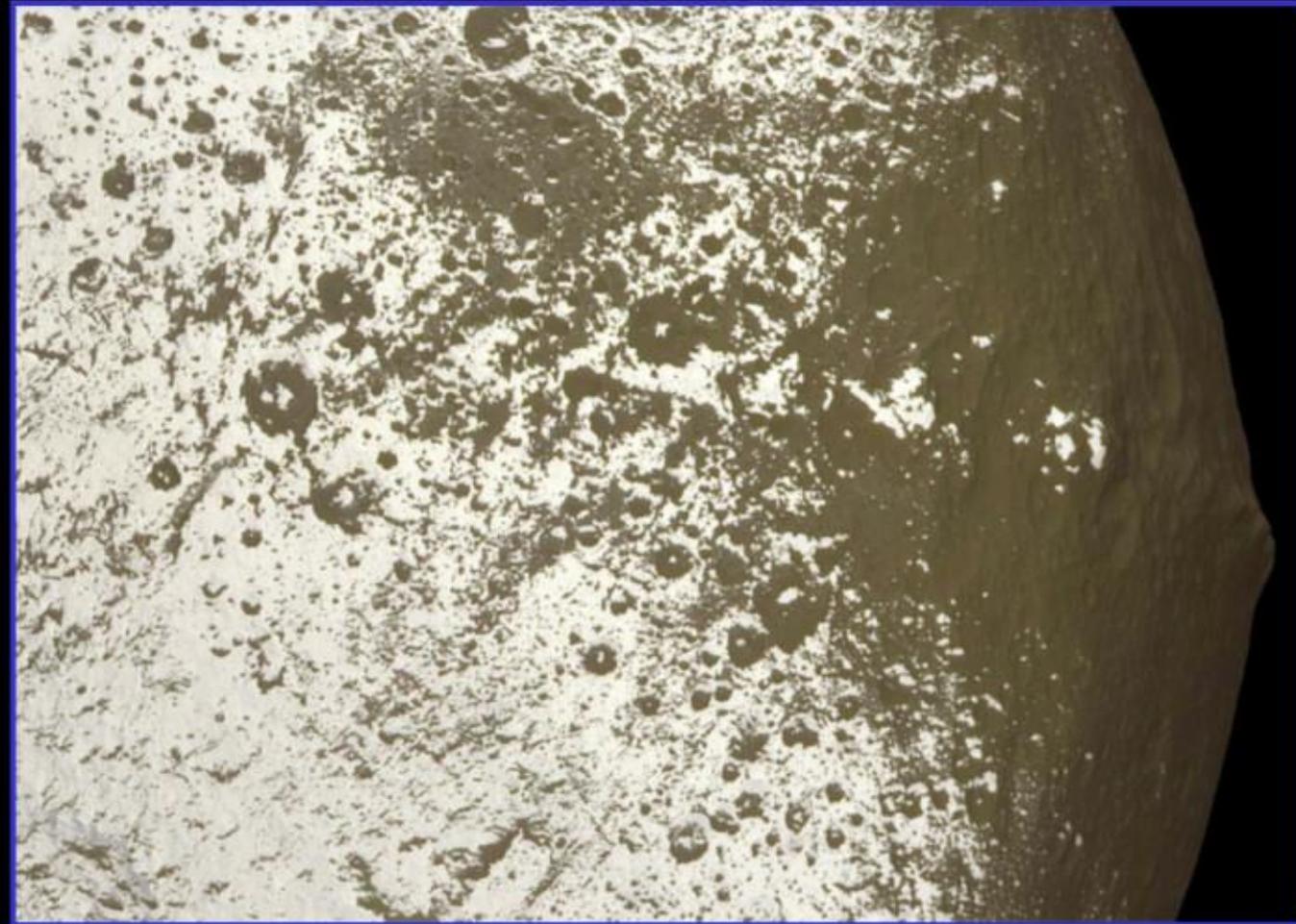


L'origine de la ride et de sa position pose des problèmes. La seule hypothèse qui explique (un peu) sa morphologie et sa position est la suivante : au début de son histoire, Japet aurait eu une période de rotation très rapide (une dizaine d'heures). Ensuite en ralentissant il y aurait eu contraction, d'où la ride.



Aujourd'hui on ne sait pas non plus vraiment pourquoi les terrains sont sombres à cet endroit précis



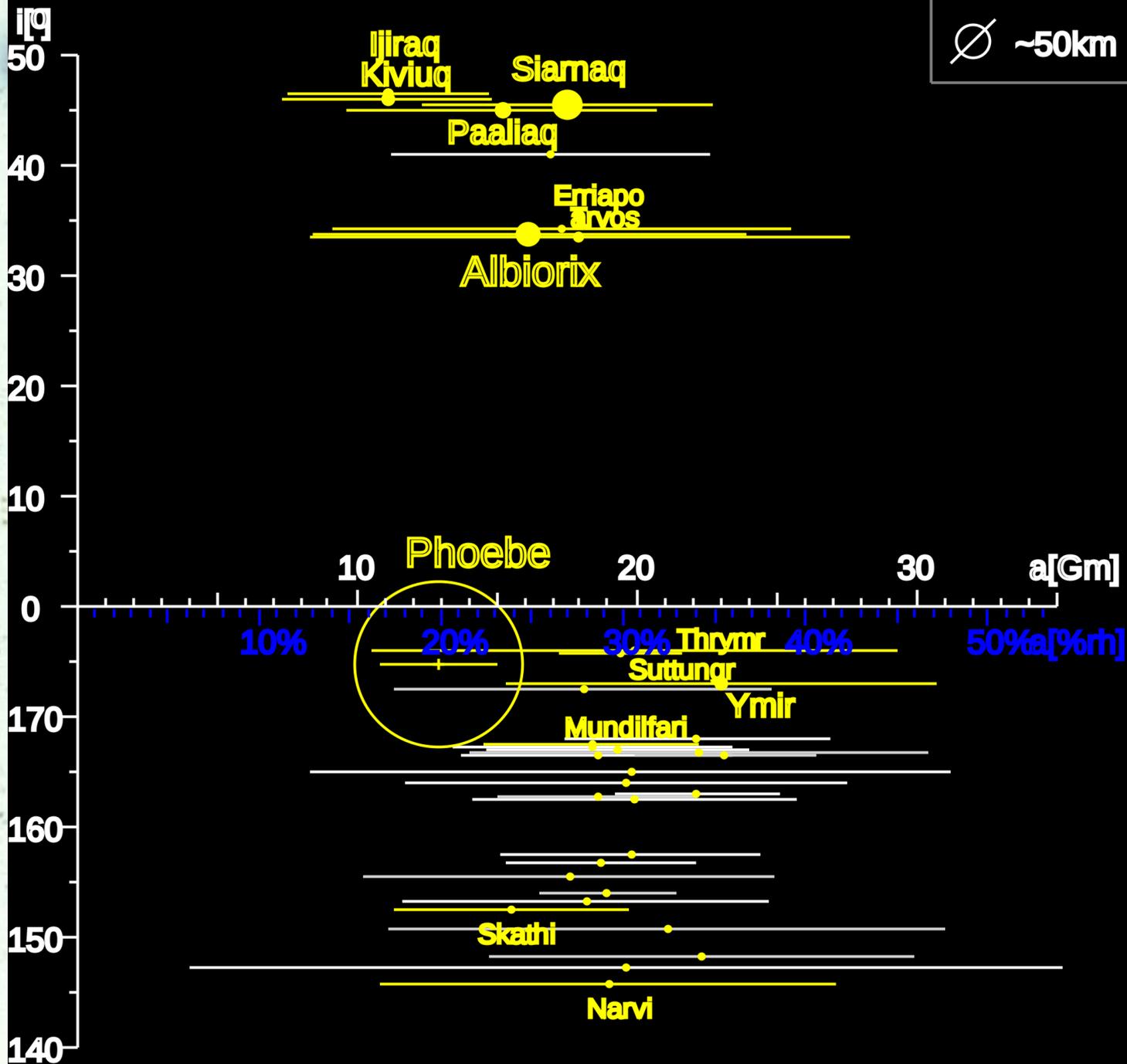


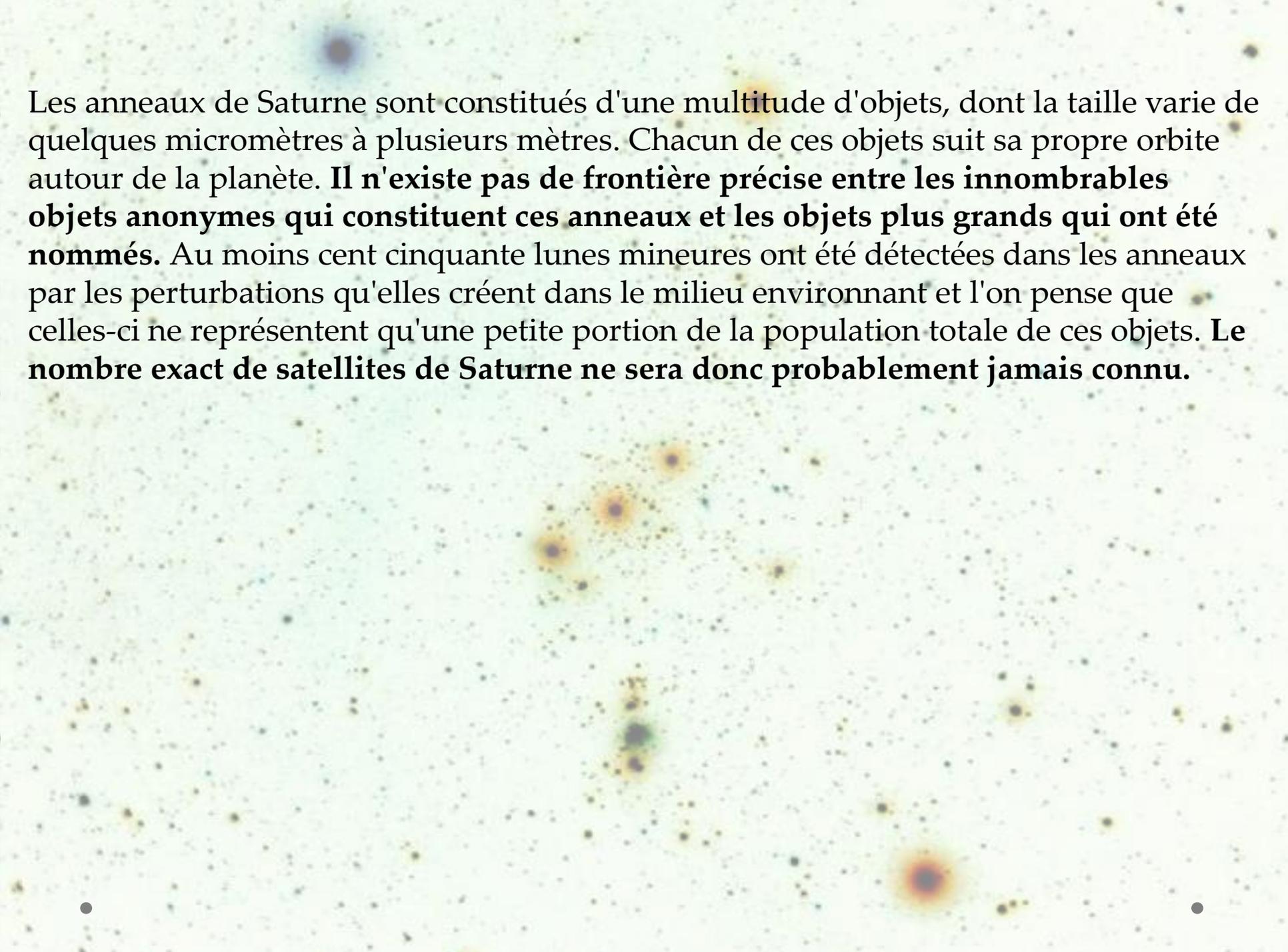
Les autres lunes sont toutes des **satellites irréguliers**. Leur orbite est plus éloignée de Saturne et fortement inclinée par rapport au plan équatorial de la planète. Ils ont tous une taille inférieure à trente kilomètres, à **l'exception de Phœbé**, neuvième satellite de Saturne découvert à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et **Siamaq** (groupe inuit). Ces satellites sont probablement des objets capturés par Saturne, ou des fragments d'objets capturés. Ils sont classés en trois groupes selon leurs caractéristiques orbitales : le groupe inuit, le groupe nordique (auquel appartient Phœbé) et le groupe celte.

Phœbé



La position de chaque satellite représente : Le demi-grand axe de l'orbite sur l'axe horizontal (en millions de km). L'inclinaison sur l'axe vertical. Les satellites en dessous de l'axe horizontal ( $i > 90$ ) sont rétrogrades. La taille du cercle indique la taille relative du satellite. Les barres horizontales indiquent les variations de distance du satellite par rapport à Saturne.

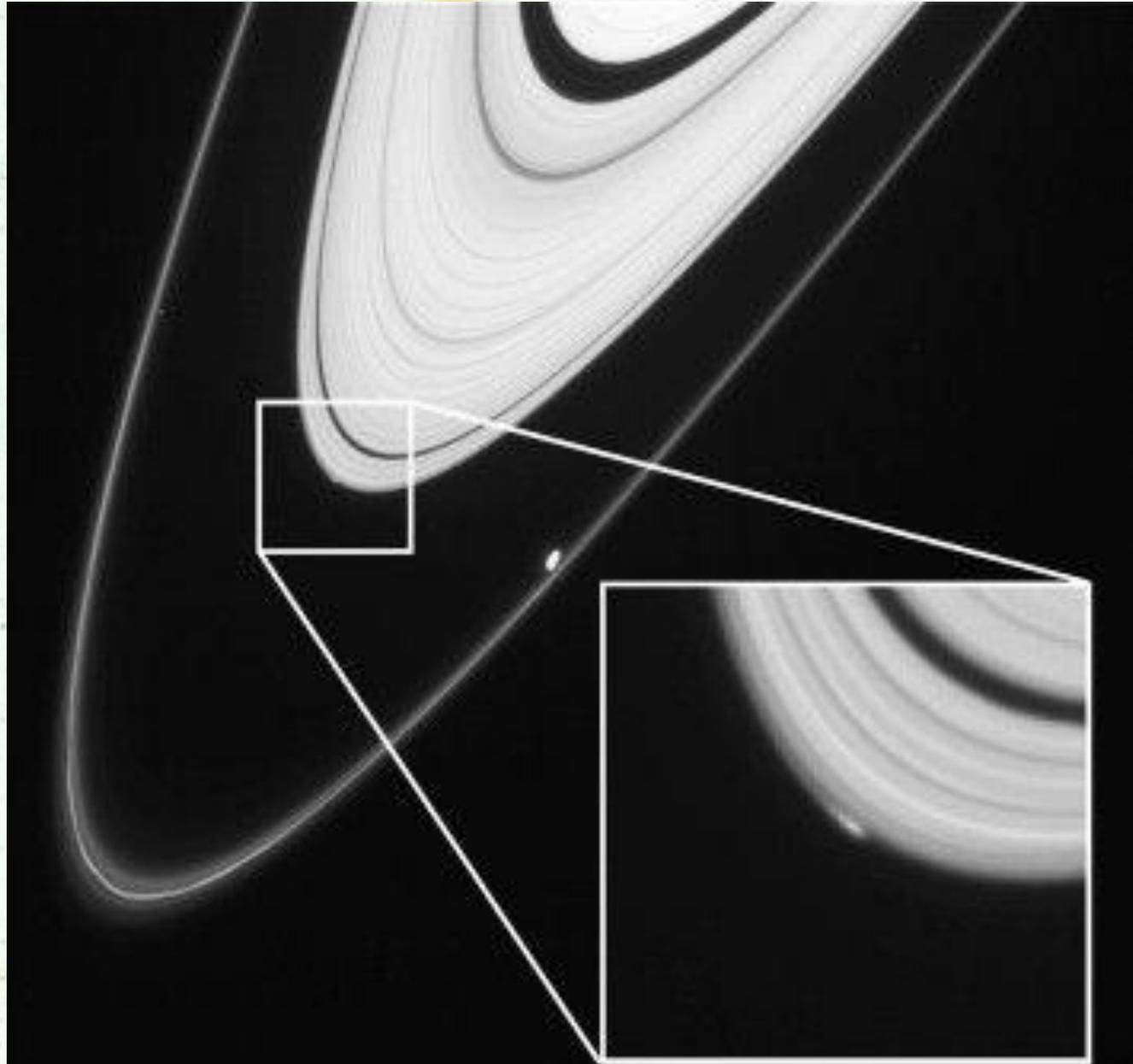




Les anneaux de Saturne sont constitués d'une multitude d'objets, dont la taille varie de quelques micromètres à plusieurs mètres. Chacun de ces objets suit sa propre orbite autour de la planète. **Il n'existe pas de frontière précise entre les innombrables objets anonymes qui constituent ces anneaux et les objets plus grands qui ont été nommés.** Au moins cent cinquante lunes mineures ont été détectées dans les anneaux par les perturbations qu'elles créent dans le milieu environnant et l'on pense que celles-ci ne représentent qu'une petite portion de la population totale de ces objets. **Le nombre exact de satellites de Saturne ne sera donc probablement jamais connu.**

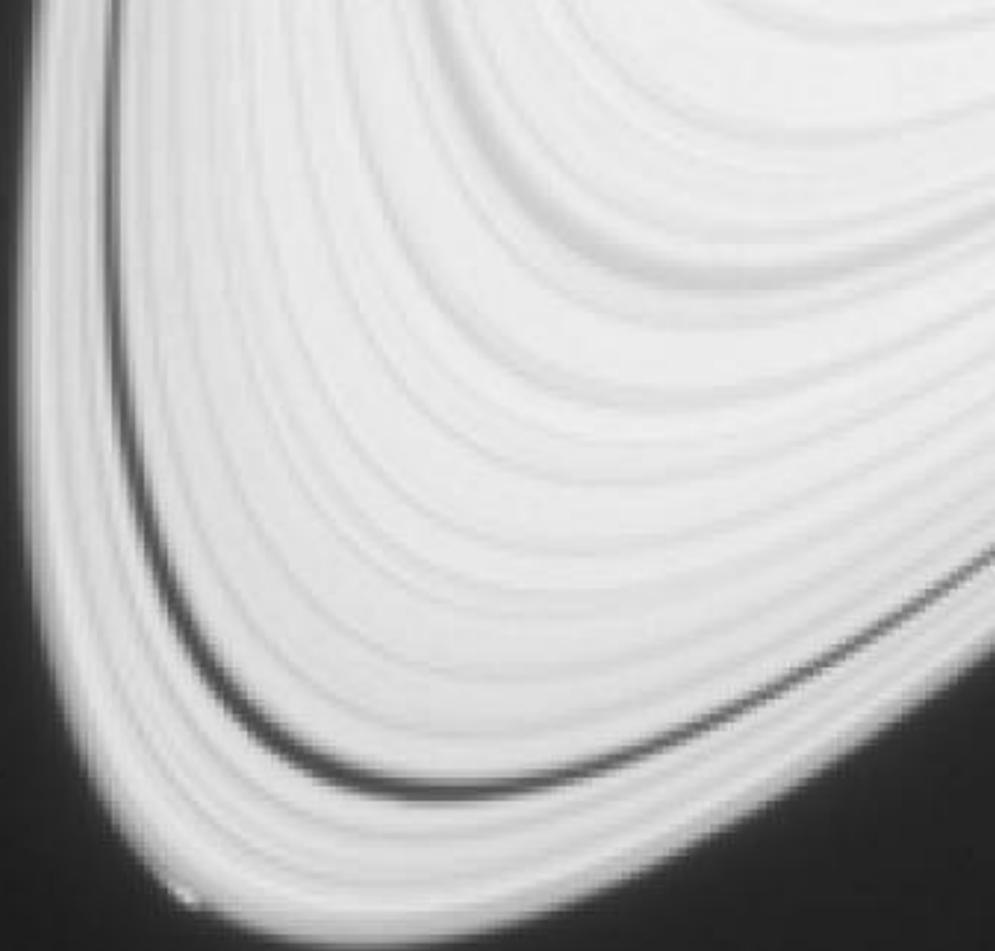
## Et même, une nouvelle lune se forme peut-être sous nos yeux

C'était du jamais vu. Une équipe d'astronomes pensait avoir découvert une lune en formation sur le bord d'un des grands anneaux de Saturne. Sur le cliché capturé par la sonde spatiale Cassini le 15 avril 2013, on peut en effet observer un ourlet de matière en marge de l'anneau A. Puisant la glace d'eau de l'anneau, il pourrait être un des derniers à naître dans cet environnement.



**Image agrandie de  
la région  
photographiée par  
la *Narrow Angle  
Camera* de Cassini  
le 15 avril 2013. À  
la limite de  
l'anneau A, Carl  
Murray et son  
équipe ont observé  
un ourlet de  
matière long de  
plus de 1.200 km et  
de 10 km de large,  
vraisemblablement  
provoqué par un  
petit satellite  
naturel en  
formation. © Nasa,  
JPL-Caltech,**

**Mais on n'en parle  
plus... qu'est-il  
arrivé ?**



## **Films explicatifs :**

- 1) [Saturne autour des lunes](https://www.youtube.com/watch?v=MIgl50ovXWQ) ( <https://www.youtube.com/watch?v=MIgl50ovXWQ> )
- 2) [Saturne et ses anneaux long film de 44 min \(entre 24:19 et 41:00\)](https://www.youtube.com/watch?v=O-dUyon-3sw)  
( <https://www.youtube.com/watch?v=O-dUyon-3sw> )

**Et un site vraiment bien fait sur le système solaire :**

<http://www.planete-astronomie.eu/fr/>