

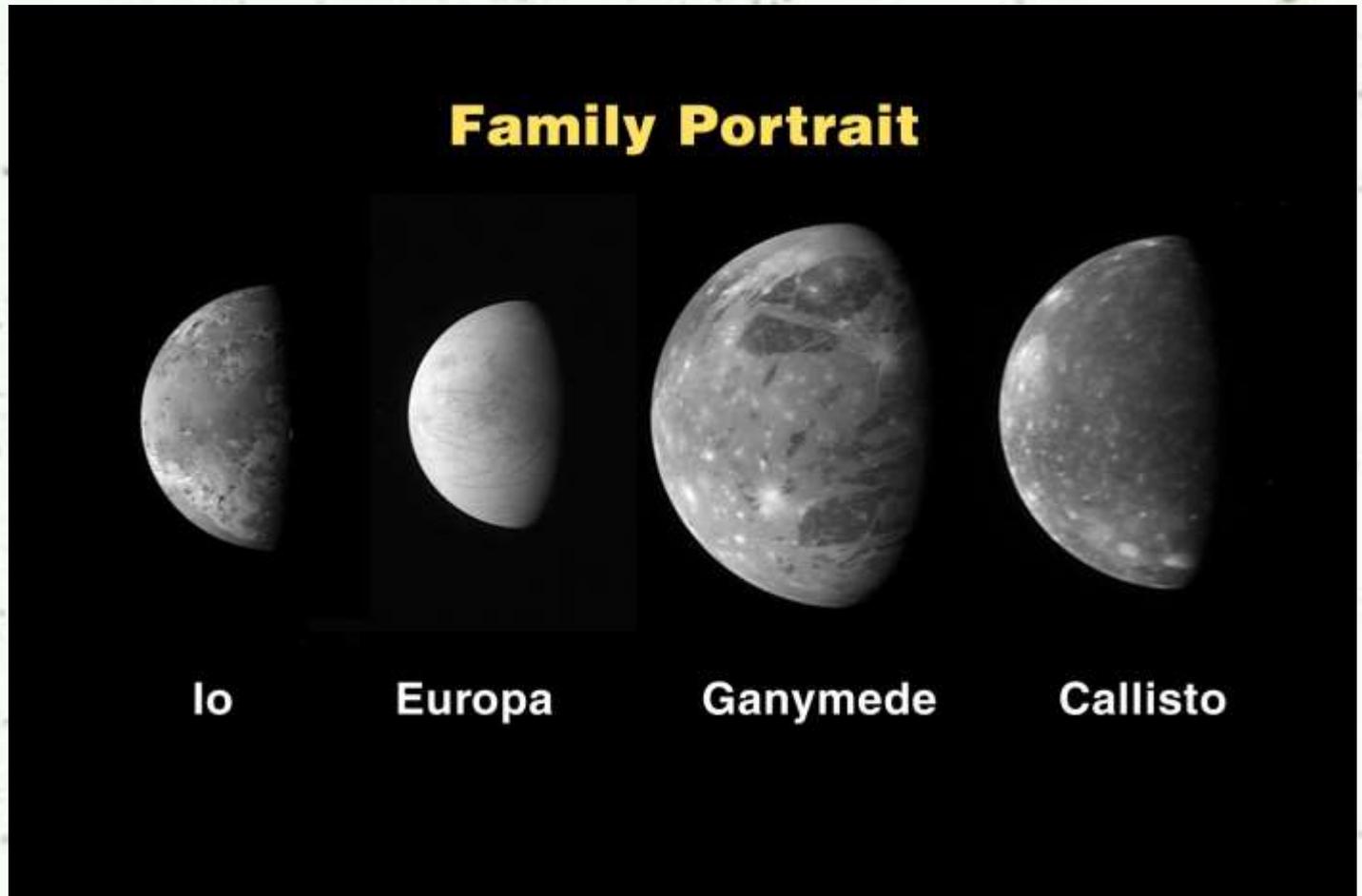
Les satellites de Jupiter



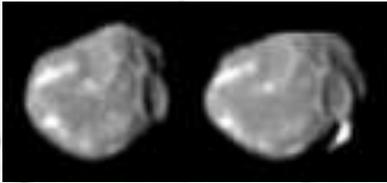
Premières découvertes

En 1610, Galilée pointa sa lunette vers Jupiter et il vit les quatre grands satellites du système jovien : Io, Europe, Ganymède et Callisto.

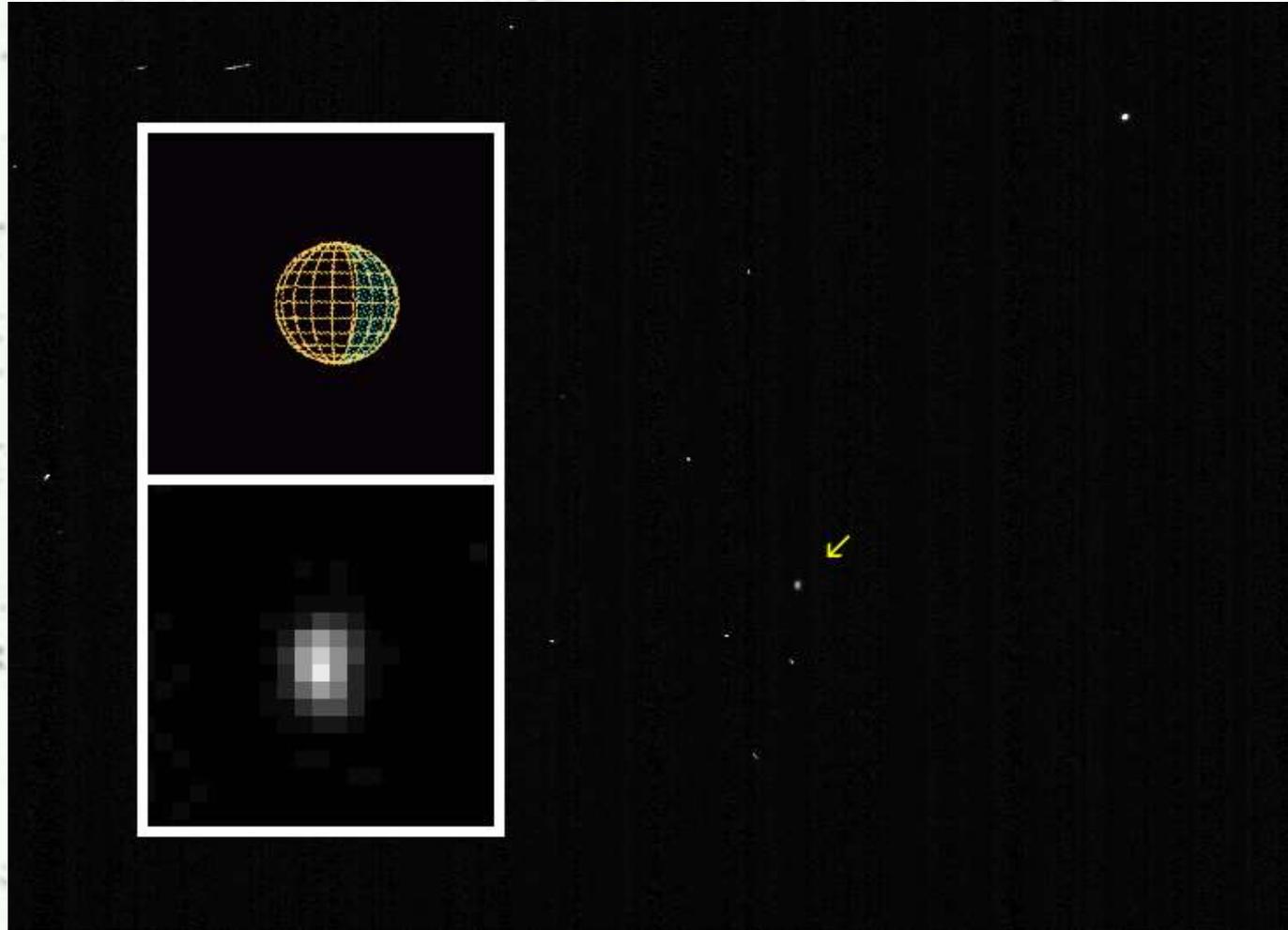
Ces satellites, les premiers à avoir été observés en dehors de la Lune, ont été ensuite nommés lunes galiléennes en son honneur, après qu'il les ait appelées lunes Médicéennes en l'honneur des Médicis ses mécènes. Il est possible cependant qu'une observation antérieure ait été réalisée en 362 av. J.-C. par l'astronome chinois Gan De.



Au cours des quatre siècles suivants, huit autres satellites furent découverts : Amalthée (*Amalthéa* 1892), Himalia (1904), Élara (1905), Pasiphaé (1908), Sinopé (1914), Lysithéa et Carmé (1938), et Ananké (1951). Pendant les années 1970, deux autres satellites furent observés à partir de la Terre : Léda (1974) et Thémisto (1975), qui fut ensuite perdu puis retrouvé en 2000.

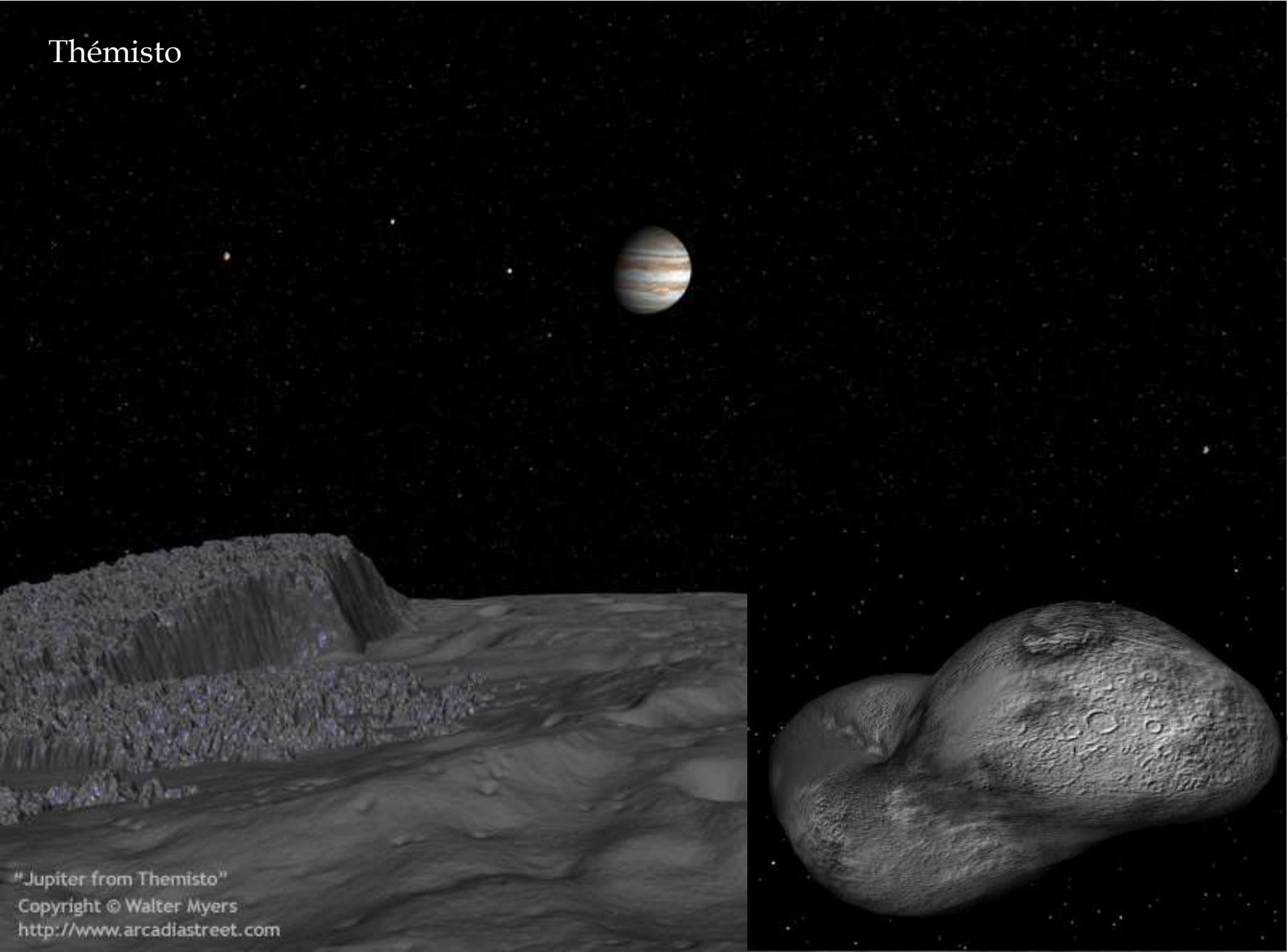


Amalthée



Himalia

Thémisto

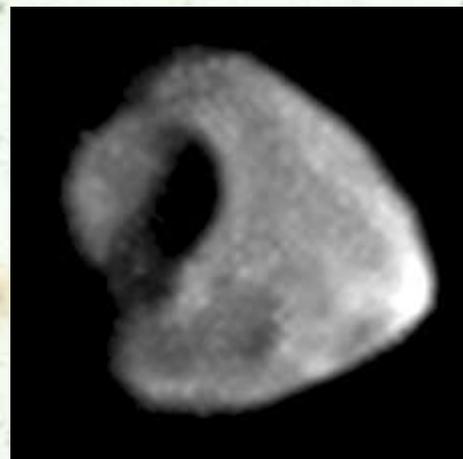


"Jupiter from Themisto"
Copyright © Walter Myers
<http://www.arcadiastreet.com>

Avant l'arrivée de sondes spatiales dans l'environnement de Jupiter, 13 satellites étaient donc connus (14 en comptant Thémisto). Les missions *Voyager*, qui survolèrent le système jovien en 1979, permirent la découverte de trois nouvelles lunes : Métis et Thébé en mars 1979 sur des photographies de *Voyager 1*, Adrastée en juillet 1979 par *Voyager 2*.

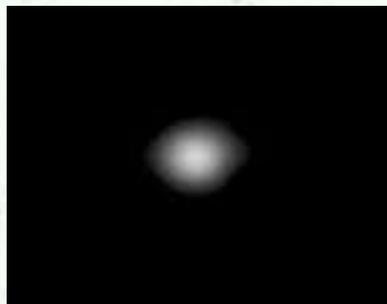


Métis



Thébé

Adrastée



Dernières découvertes

En 2012, on connaissait 66 lunes à Jupiter (67 en incluant S/2000 J 11), le record du Système solaire. Il est possible que d'autres lunes plus petites (moins d'un kilomètre de diamètre) restent à découvrir.



Ananké



Praxidiké



Erinomé



Jocaste

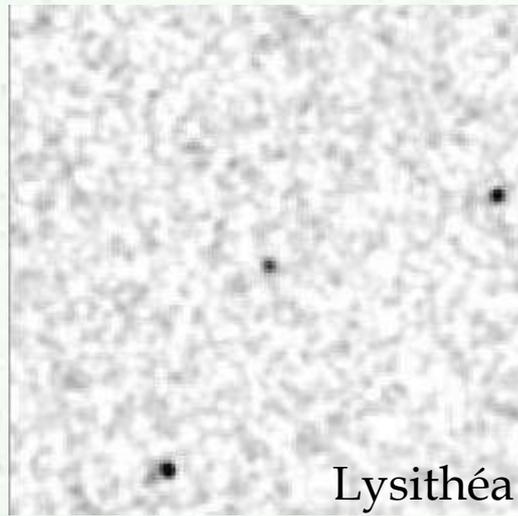


Isonoé



Harpalycé

Voici une petite partie de ces satellites découverts après 2000.

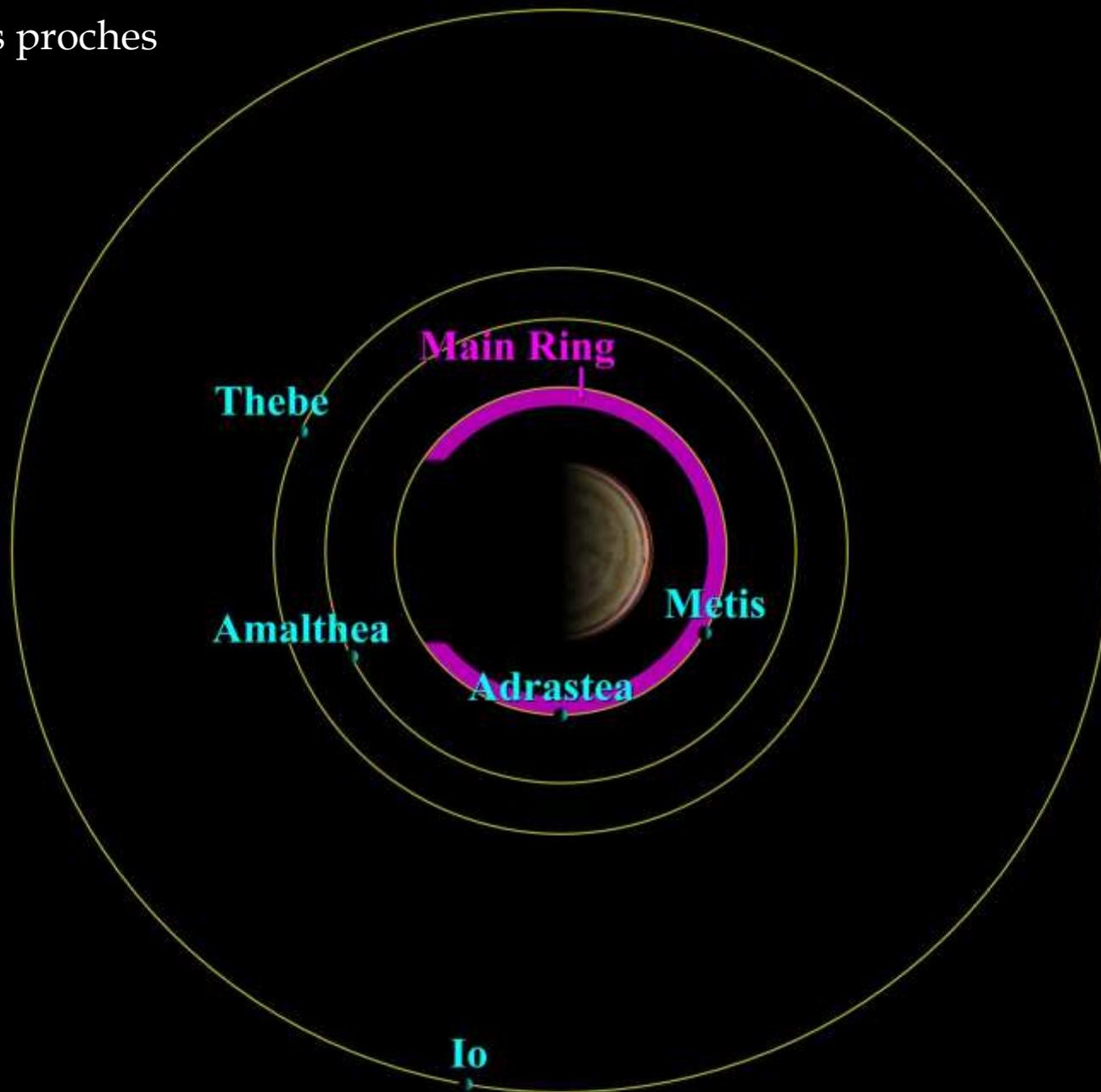


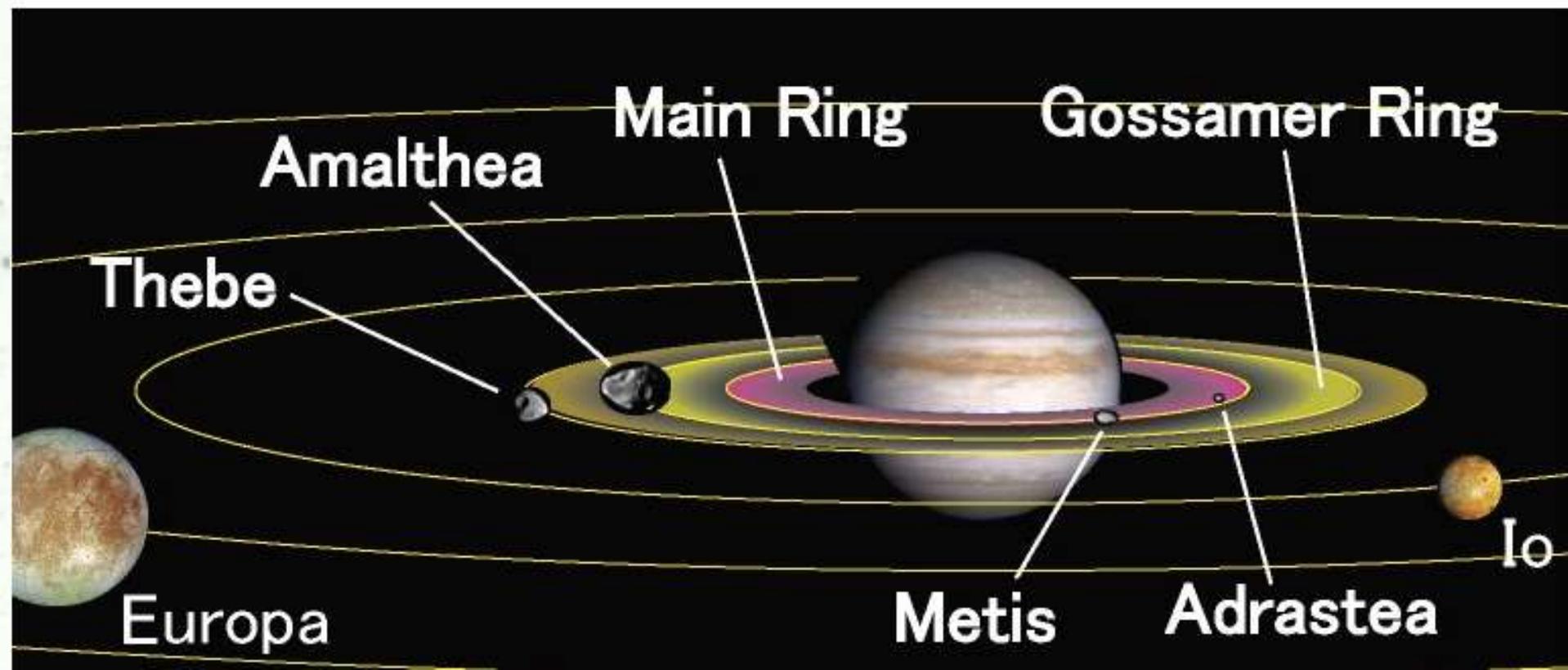
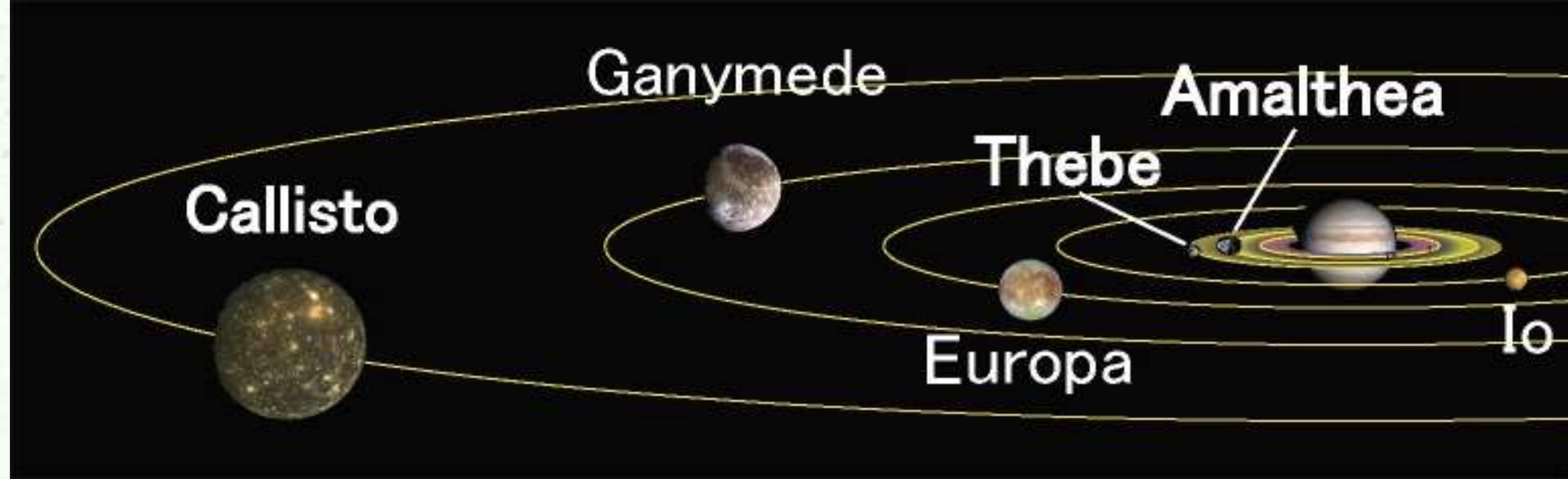
Les autres, beaucoup plus rares sont progrades.

Tous ces satellites sont regroupés en groupes, en fonction de l'inclinaison de leur orbites et de leur excentricité.

En fait Jupiter forme avec ses 69 satellites un véritable petit système solaire.

Les plus proches





Schematic of Jupiter's Outer Satellites

University of Hawai'i, Institute for Astronomy

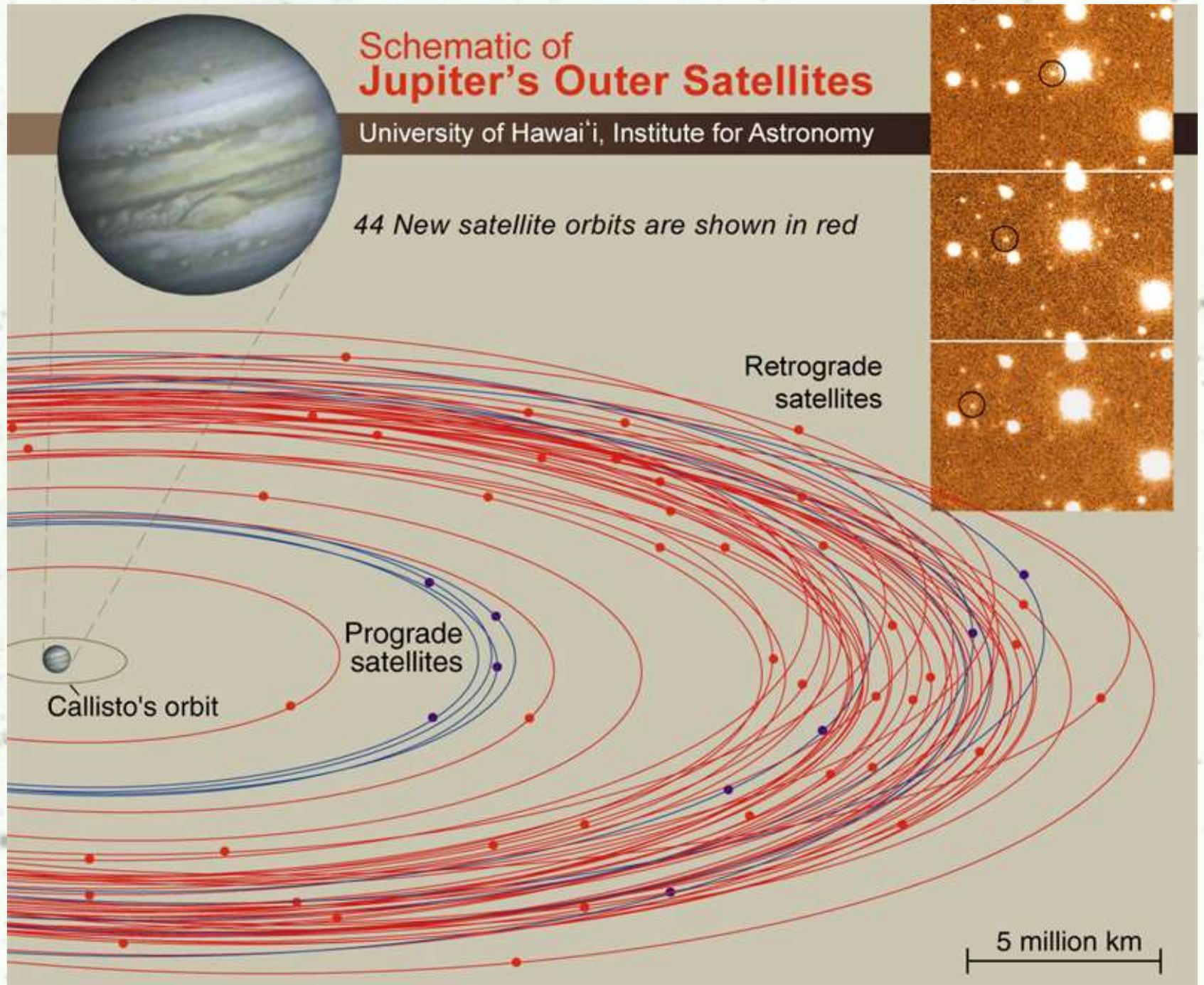
44 New satellite orbits are shown in red

Retrograde satellites

Prograde satellites

Callisto's orbit

5 million km



Maintenant passons à l'étude détaillée des quatre satellites Galiléens.

Si la postérité a gardé l'honneur de la découverte à Galilée, elle a en revanche gardé le nom de Simon Marius (il revendiquait la découverte de Io) comme étant celui qui nomma les satellites. Galilée avait en effet donné des noms rendant hommage à la famille des Médicis, alors que Marius leur avait donné des noms relatifs à la mythologie gréco-romaine, ce qui était plus classique.





Io



Europe



Ganymède



Callisto



Lune



Terre

*Comparaison de tailles
entre les 4 satellites
de Galileens et notre
systeme Terre-Lune.*

Comparaison de tous les gros satellites et de quelques planètes



Ganymede
5262 km



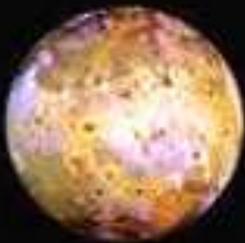
Titan
5150 km



Mercury
4880 km



Callisto
4806 km



Io
3642 km



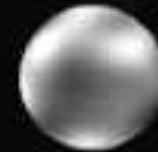
Moon
3476 km



Europa
3138 km



Triton
2706 km



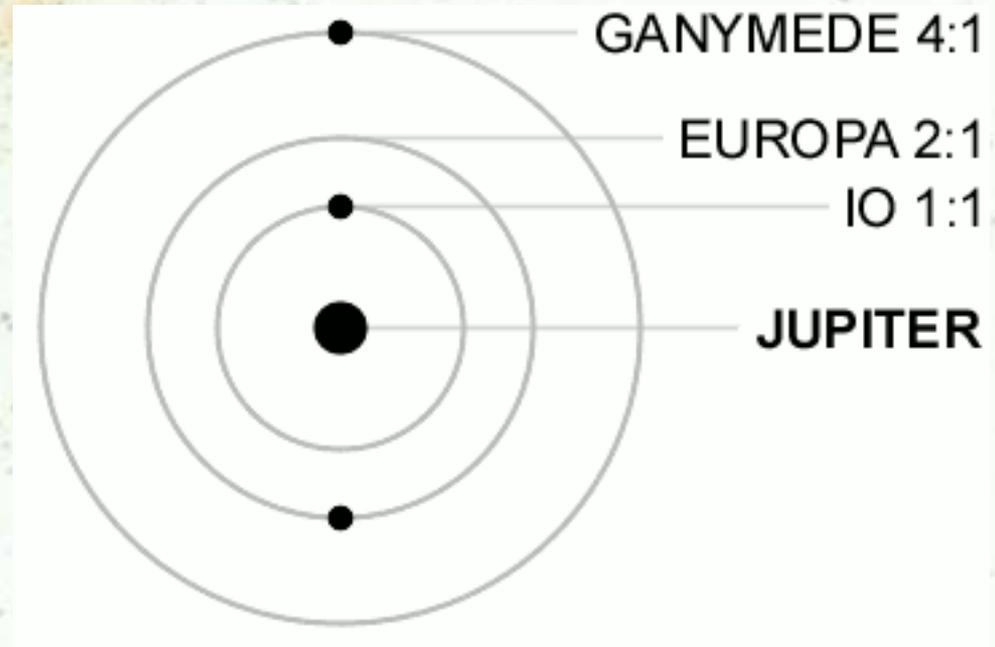
Pluto
2300 km



Titania
1580 km



- Io tourne autour de Jupiter en 42,5h,
- Europe en 85h (42,5 fois 2)
- Ganymède en 170h (85 fois 2).
- Ces trois satellites sont donc en résonance les uns avec les autres et en plus ils sont en résonance synchrone avec Jupiter.



Jupiter

Magnitude : 14.66

Magnitude absolue: 27.31

ADICSC (J2000) : 2455048.341-68°52'00.0"

ADYDSC (de la date) : 10100mas-0°01'29"

Angle horaire local: 1h05m41s-0°01'39" (géométrique)

Angle horaire local: 1h05m41s-0°01'39" (apparent)

Altitude: +208°52'30"/+73°36'6.8" (géométrique)

Altitude: +208°52'30"/+73°36'50" (apparent)

Distance: 6884.68746101 UA

Diamètre apparent: +0°00'03.5"

1h05m41s

1h05m41s

1h05m41s

1h05m41s

1h05m41s

Callisto

Jupiter

Europe

Ganymède

10h06m17s

10h06m17s

10h06m17s

10h06m17s

10h06m17s

10h06m17s

10h06m17s

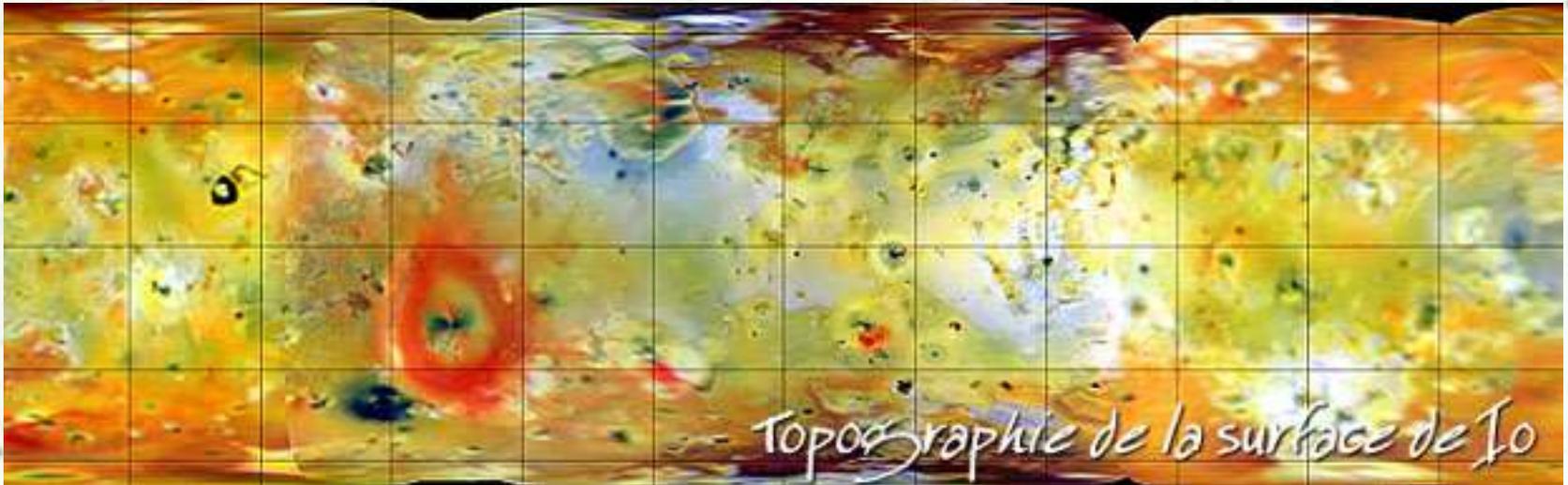
Le premier, le plus proche de Jupiter : Io

Ce satellite a été découvert en 1610 par Galilée, au moyen de la première lunette astronomique de l'histoire. Sa proximité avec la géante gazeuse fait de ce petit astre un monde très tourmenté, un volcan sans cesse en ébullition, véritable soufrière du système solaire ...

Demi-grand axe	421 800 km
Excentricité	0,0041
Période de révolution	1,769 d
Inclinaison	0,036 °
Caractéristiques physiques	
Diamètre	3 643,2±1,0 km
Masse	8,93×10 ²² kg
Masse volumique moyenne	3,528±0,006 x10 ³ kg/m ³
Gravité à la surface	1,79 m/s ²
Période de rotation	1,769 d synchrone
Albédo moyen	0,63±0,02
Température de surface	moyenne : 130 K min : 80 K soit -193°C max : 2 000 K soit 2273°C
Découverte	
Découvert par	Galilée
Découverte	7 janvier 1610
Désignation(s) provisoire (s)	Jupiter I



Io est situé à 421 600 kilomètres de Jupiter (*rayon 70 000km*), ce qui est très proche compte tenu de la grosseur de la planète (pour comparaison la Lune est distante de 384 000 kilomètres de la Terre (*rayon 6400km*)). On sait aujourd'hui avec précision qu'elle tourne autour de Jupiter en 42 heures et 27 minutes à la vitesse de 62 280 km/h. Son diamètre est de 3680km, pour une masse de $8,93 \times 10^{22}$ kg et sa densité est de 3.55 (eau = 1). Io étant très près de Jupiter est tirillée, avec de grands effet de marée, ce qui la rend très volcanique. Ces volcans d'ailleurs alimente une très légère atmosphère qui sans ça n'existerait plus depuis longtemps.

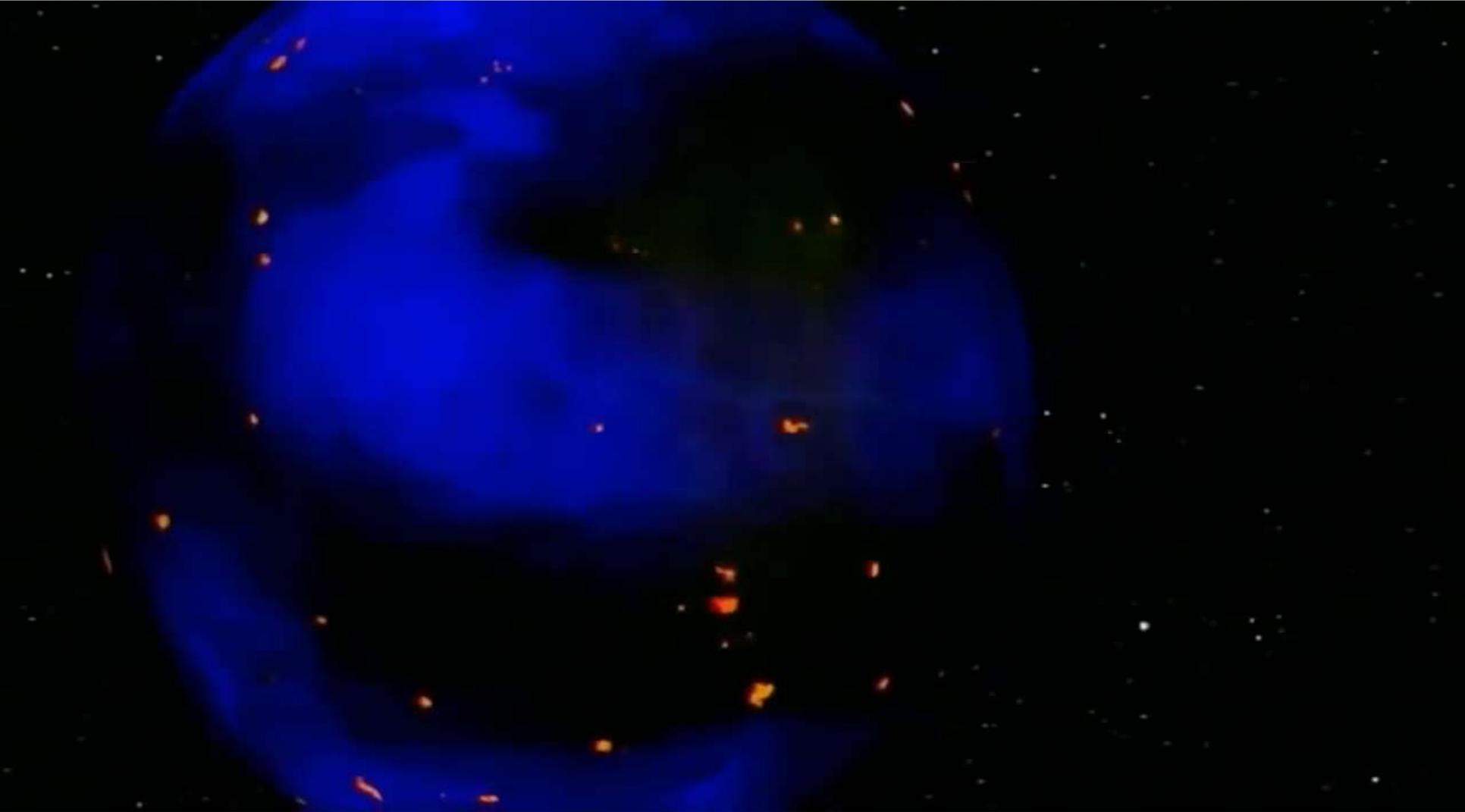




Détails très colorés du volcan Culann Paterra

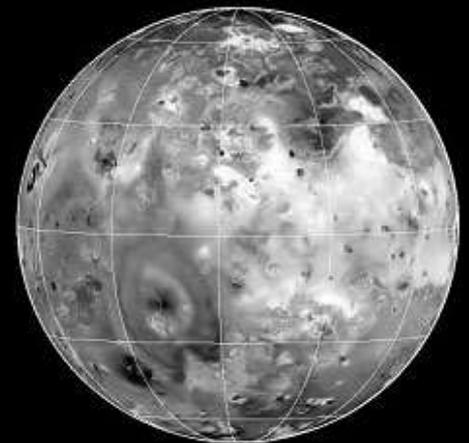
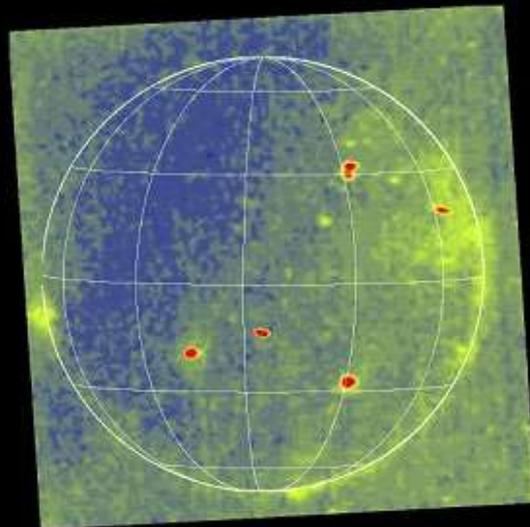
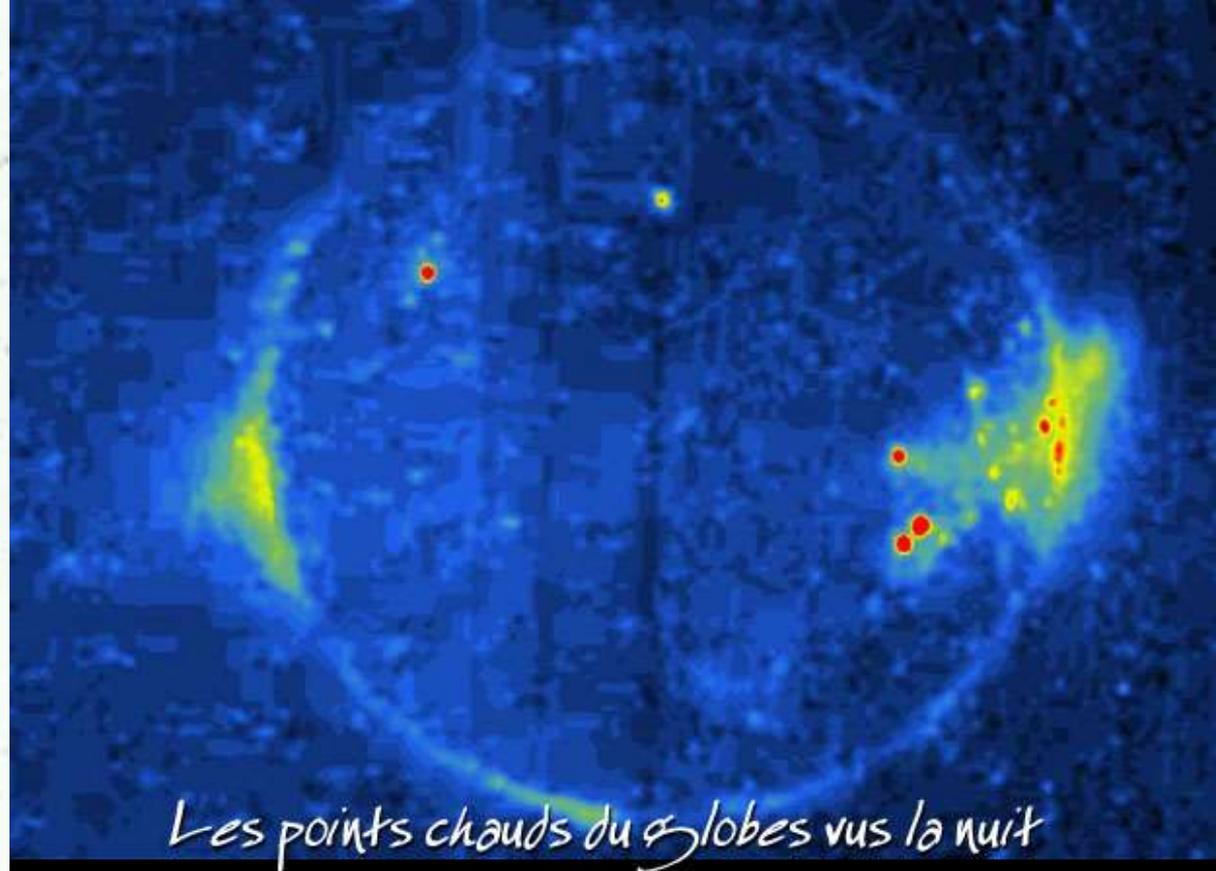
C'est voyager 1 qui vit le premier 3 panaches dus aux volcans, puis voyager 2 en vit 2 autres et enfin Galileo.

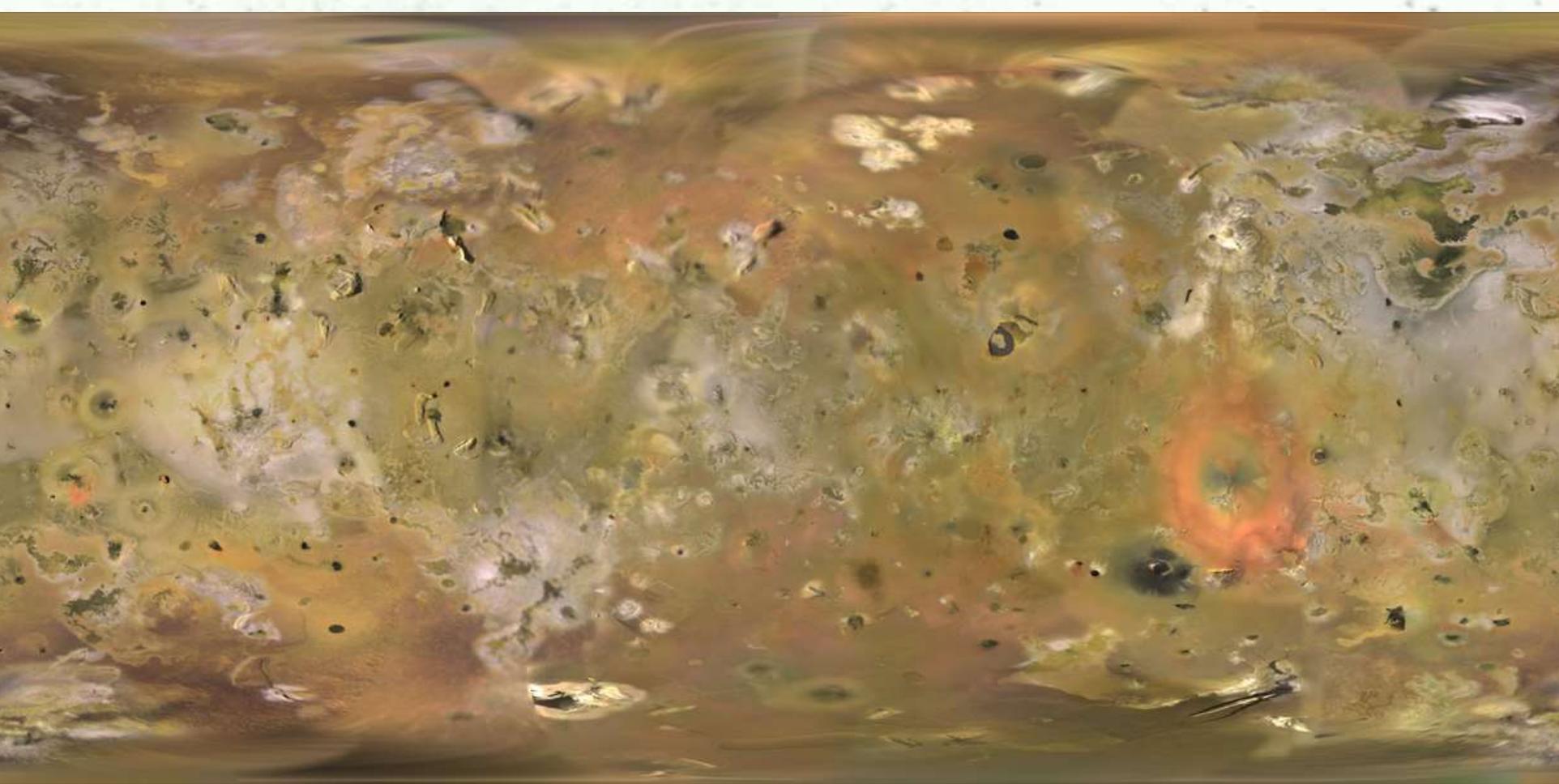
Io est tirailé entre Jupiter d'une part et Europe et Ganymède d'autre part.



Avec Galileo on s'est rendu compte que Io possède les volcans les plus actifs du système solaire. Mais paradoxalement, ce sont les plus discrets qui sont les plus chauds. Loki (15% de la chaleur totale) puis Pilan sont les points les plus chauds alors que Pelé qui est un grand volcan n'est pas très chaud.

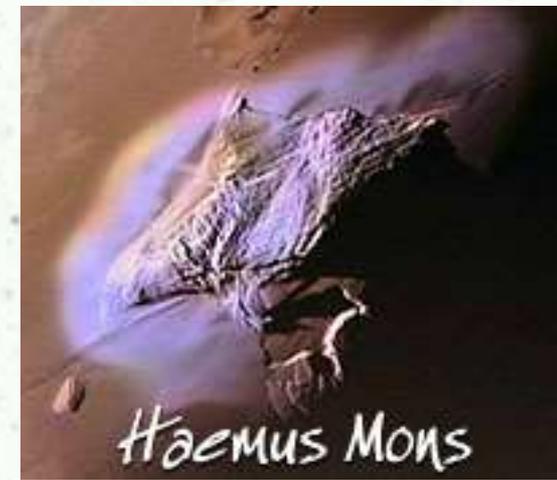
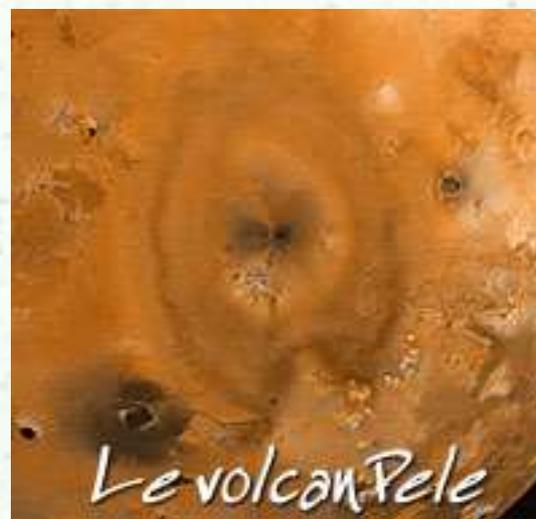
L'énergie développée peut aller jusqu'à 78 000 gigawatts.





En 1997, dans une région de l'hémisphère sud de Io appelée *Marduk Fluctus*, un brusque pic de chaleur est apparu, 4 à 10 fois plus élevé que la normale, avant de chuter de 20 % en une minute d'abord puis de 75 % la minute suivante. Environ 23 minutes plus tard, l'émission de chaleur était redevenue standard.

La surface de Io, modelée par le volcanisme, est très colorée. Il y a du jaune, du rouge, du noir...



Pourquoi toutes ces couleurs ? Cela vient du fait que le soufre n'a pas la même couleur suivant sa température, il passe du jaune à 113°C à l'orange à 150°C puis rouge à 180°C et enfin noir à 250°C.



L'atmosphère de Io est en perpétuel changement. Elle descend de 22K (127K à 105K) au cours des deux heures du jour d'Io, passées derrière Jupiter.

Io's Atmospheric Collapse

The atmosphere on Io, Jupiter's volcanic moon, collapses during daily eclipses.



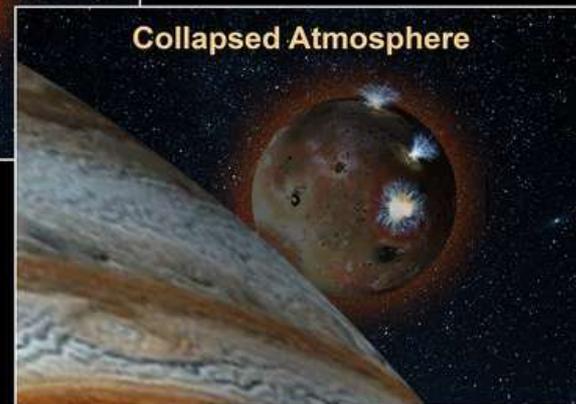
SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE



An artist's rendering depicts Io's volcanic plumes creating the atmosphere in sunlight.



For two hours of Io's day (1.7 Earth days), it is eclipsed by Jupiter. The temperature drop freezes sulfur dioxide (SO₂) gas, causing the atmosphere to "deflate."

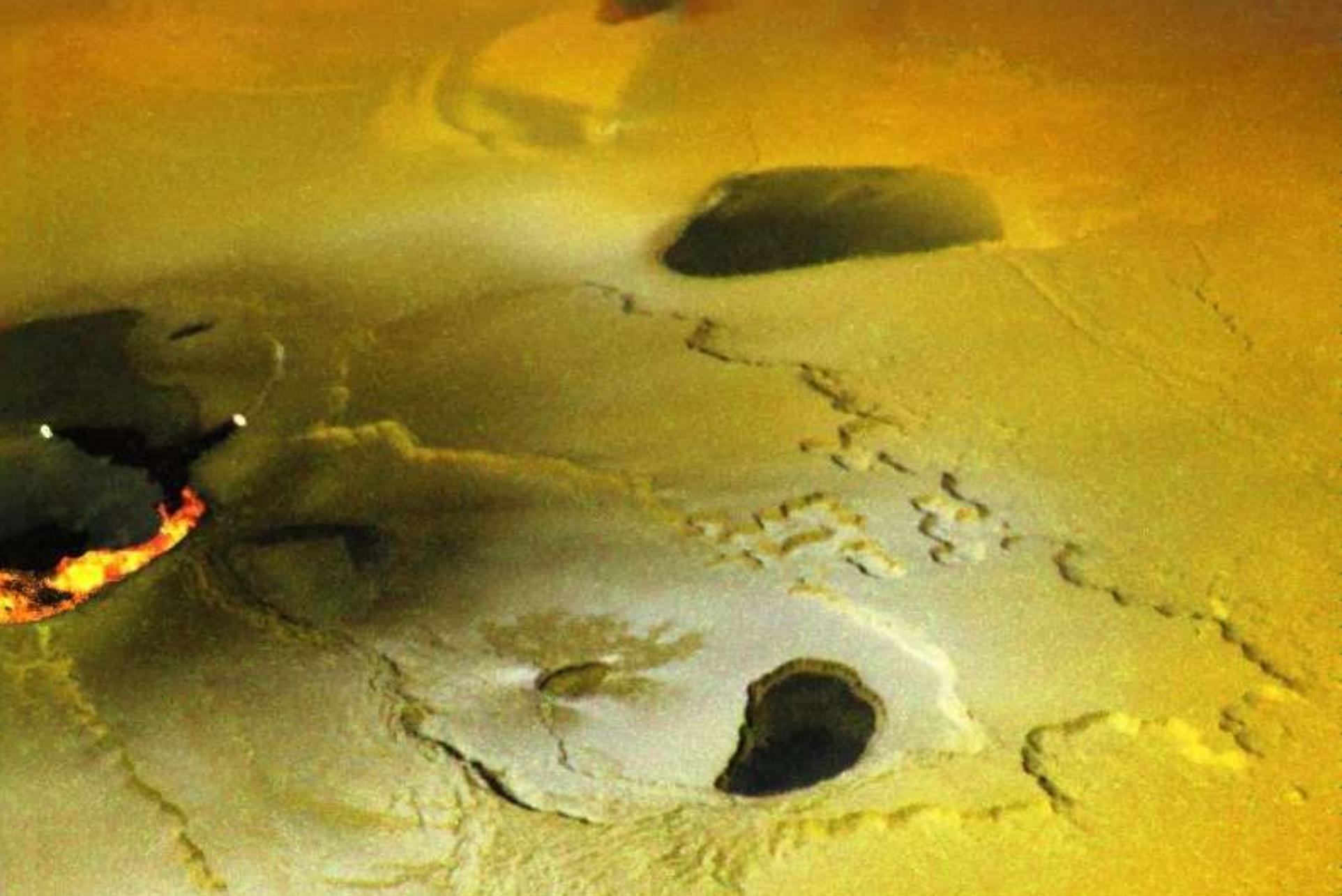


In full eclipse, Io's atmosphere "collapses" as SO₂ gas becomes frost on the moon's surface. The atmosphere redevelops when sunlight returns.



Actual Image: This image from the Cassini spacecraft captures Io's volcanoes and atmosphere in the shadow of Jupiter.

Le dioxyde de sulfure (SO₂) gèle alors, et se sublime dès que Io sort de l'ombre.



Pour finir une dernière image d'une éruption qui a duré 15 mois et qui s'est reproduite 7 ans plus tard

Le deuxième : Europe

Découvert en même temps que les trois autres satellites galiléens par Galilée et l'astronome allemand Simon Marius en 1610, Europe est le deuxième satellite de Jupiter. Le nom d'Europe a été donné par Marius en l'honneur d'Europe, princesse phénicienne, qui dans la mythologie grecque fut kidnappée par Zeus, transformé en taureau blanc, pour en faire sa femme.



Caractéristiques orbitales

Demi-grand axe 671 100 km

Périapside 664 862 km

Excentricité 0,0094

Période de révolution 3,551181 d

Inclinaison 0,469 °

Caractéristiques physiques

Diamètre 3 130 km

Masse $4,8 \times 10^{22}$ kg

Gravité à la surface 1,31 m/s²

Albédo moyen 0,67±0,02

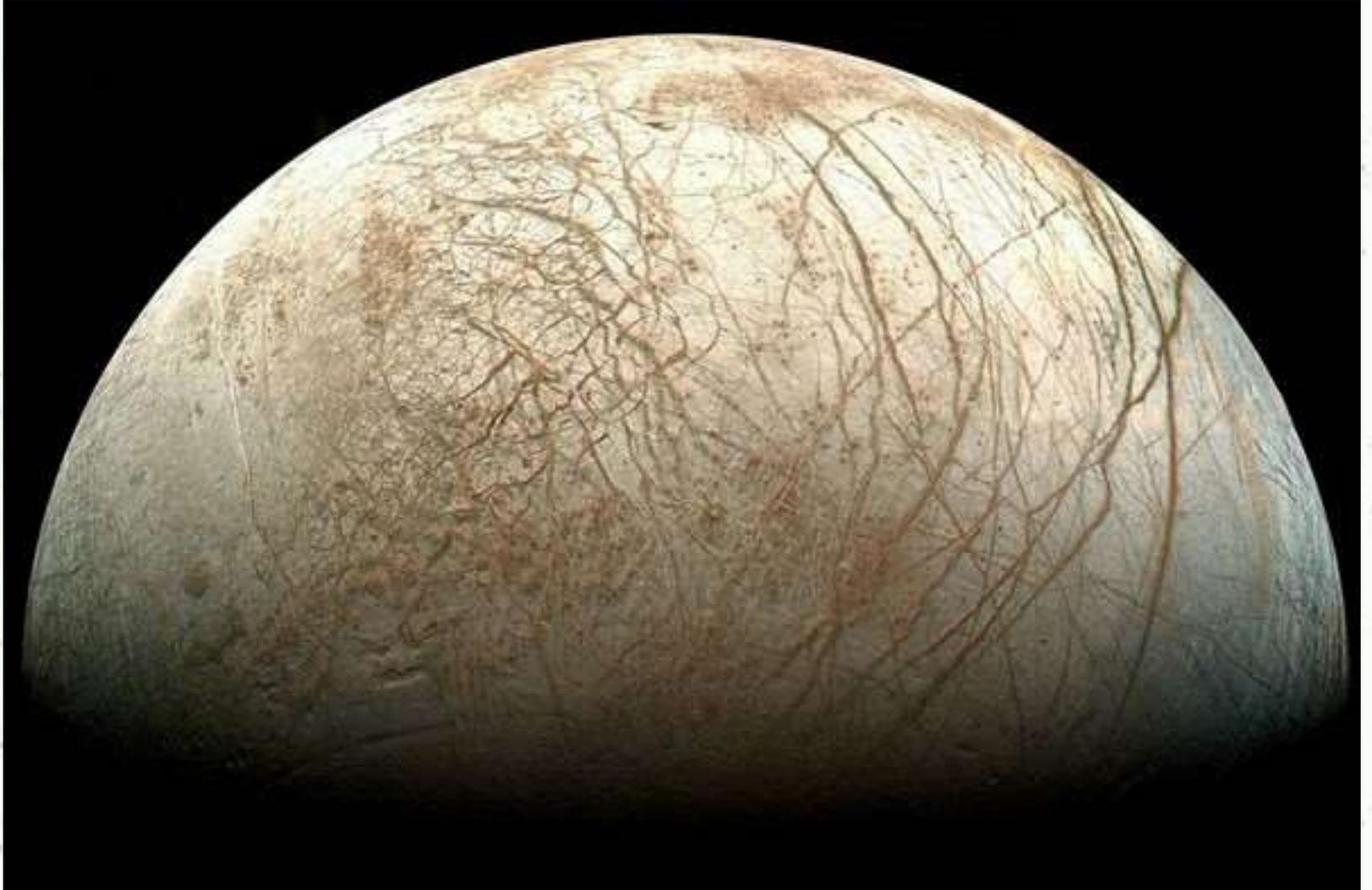
Température de surface moyenne : 125 K ou -148°C

Découverte

Découvert par Galilée et Simon Marius

Découverte 8 janvier 1610

Ce petit satellite fait le tour de sa planète en 3.55 jours terrestres, à la vitesse de 49 320km/h, sur une orbite excentrique à 0.0094 et dont l'inclinaison s'élève à 0.469° . Europe est en **rotation synchrone** avec Jupiter : Sa rotation sur elle-même est égale à sa période de révolution autour de la planète géante.



Europe orbite plus loin que Io, à 671 900 km de Jupiter, mais il est pourtant sujet aux effets de marée comme Io, dans une moindre mesure tout de même. Europe est une boule très lisse, le relief est très peu prononcé, moins de 100 mètres.



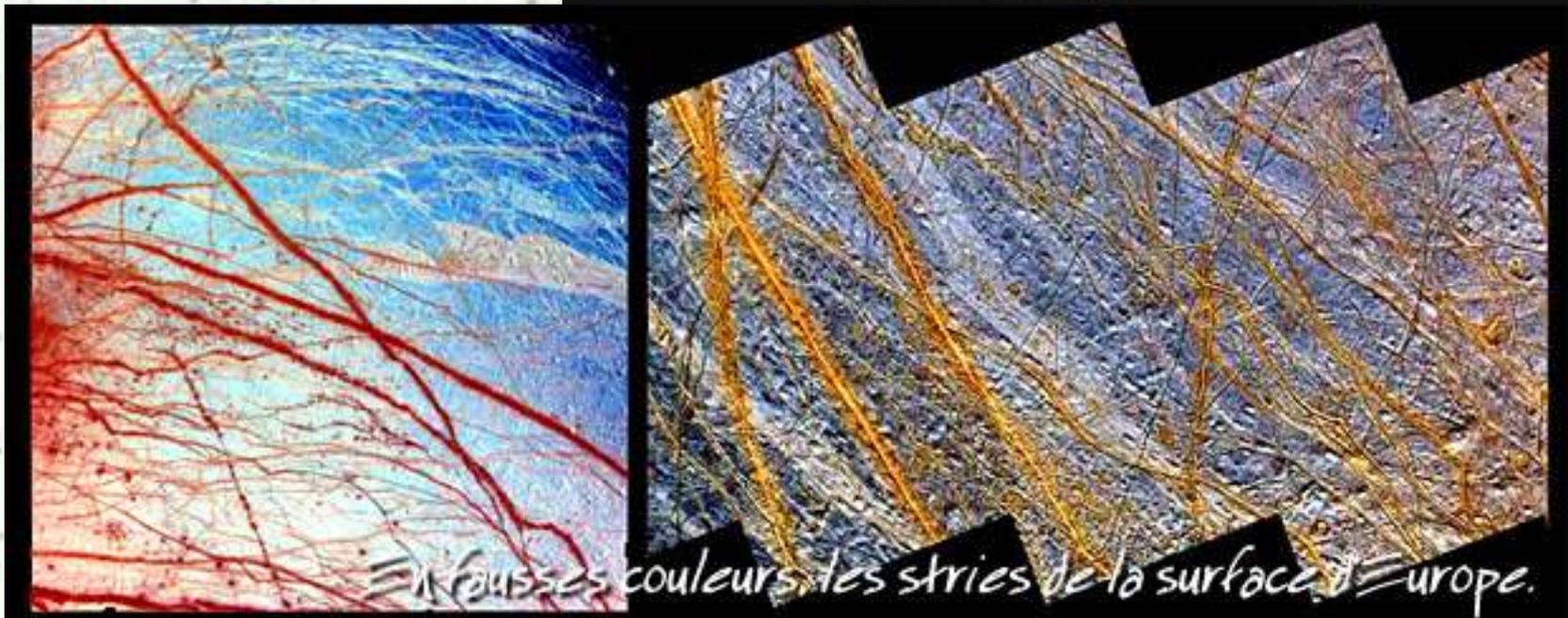
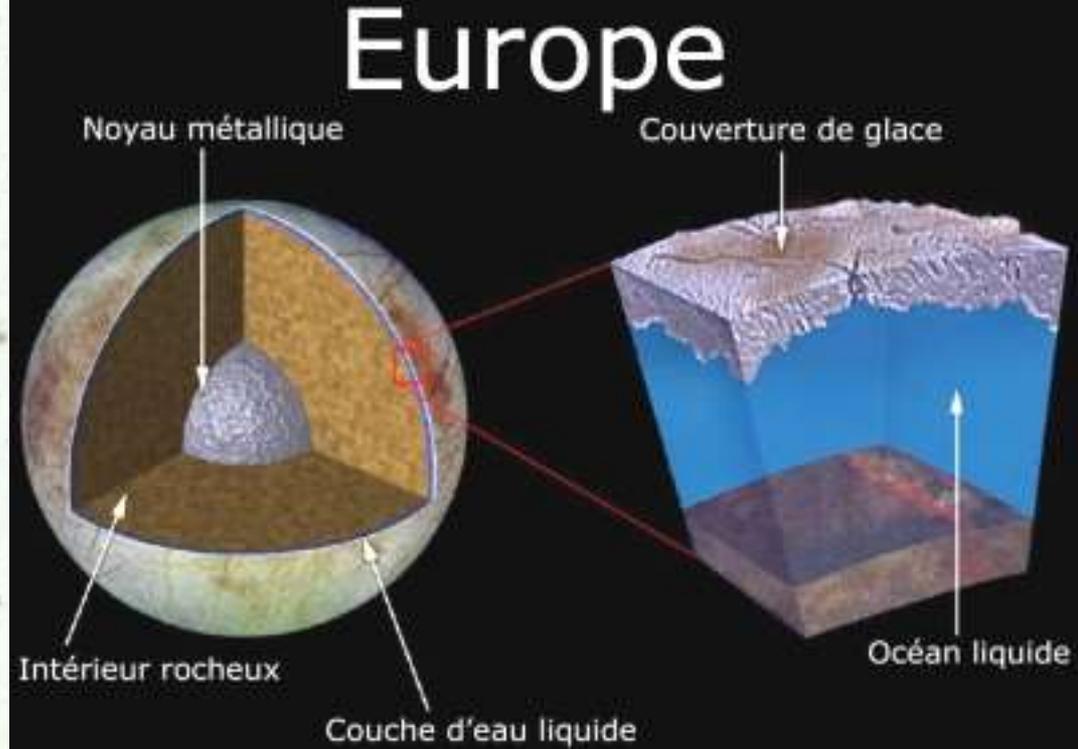
Europe possède
semble-t-il une activité
géologique et
volcanique silicatée,
résultante des
perturbations
gravitationnelles de
Jupiter et de ses
satellites. Cet effet de
marée et cette activité
volcanique sont
sources de chaleur, on
pense donc qu'Europe
possède un très vaste
océan d'eau liquide
sous son épaisse
couche de glace.

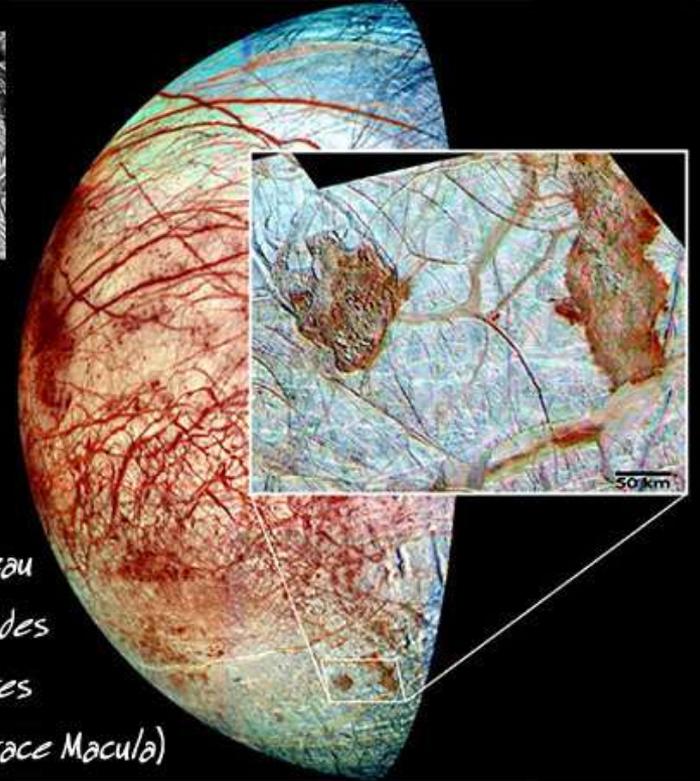
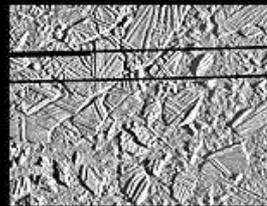
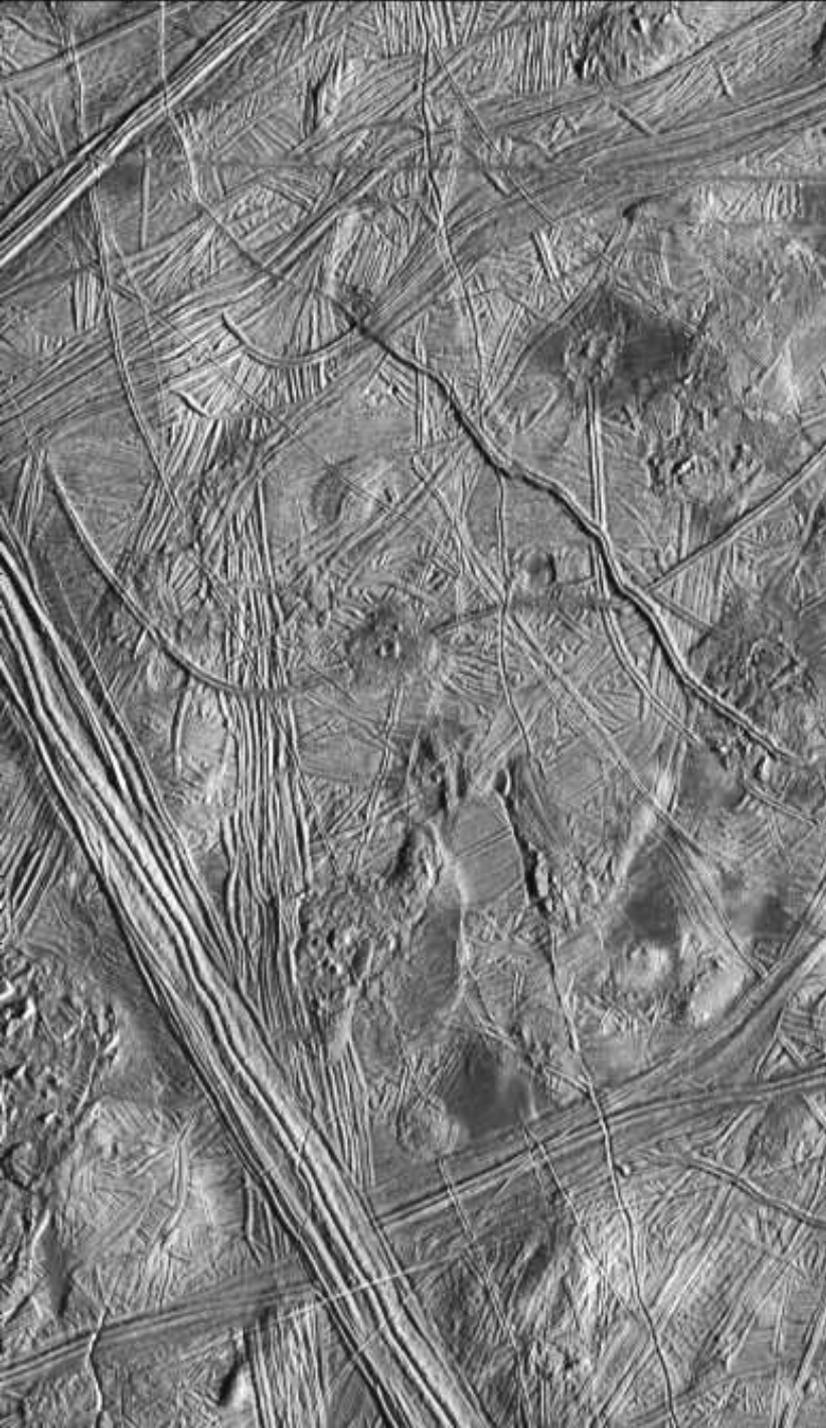


Sous cette importante couche de glace il y aurait une réserve d'eau liquide 2 ou 3 fois supérieure à celle de la Terre, sur environ 50 à 100km .

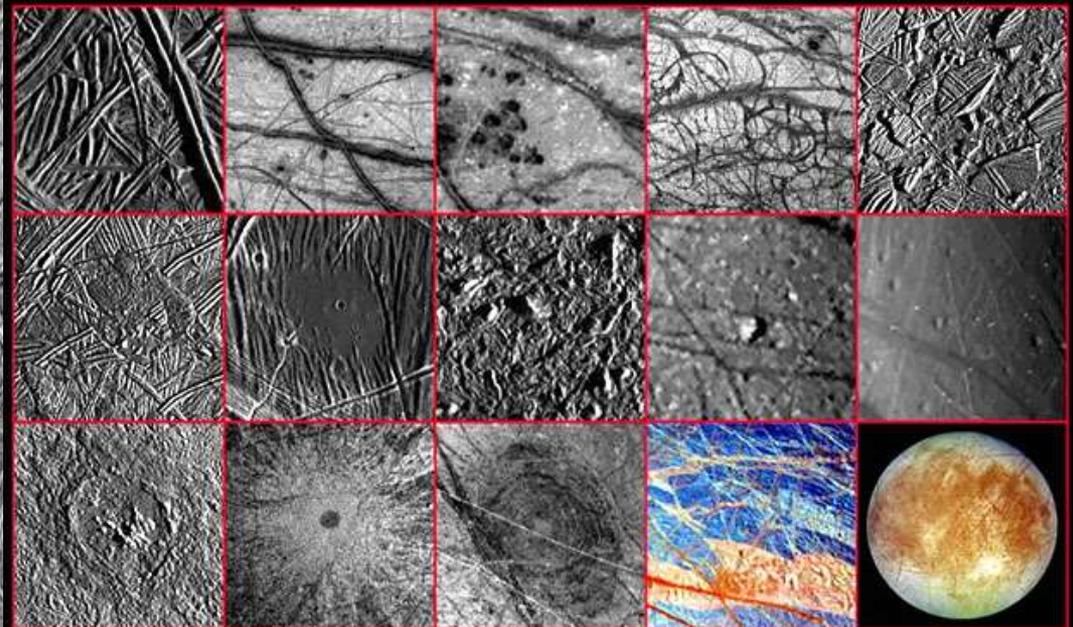
L'eau d'Europe est salée avec à priori du sulfate de magnésium.

Du fait des marées il se peut que cette eau soit boueuse d'où la couleur.





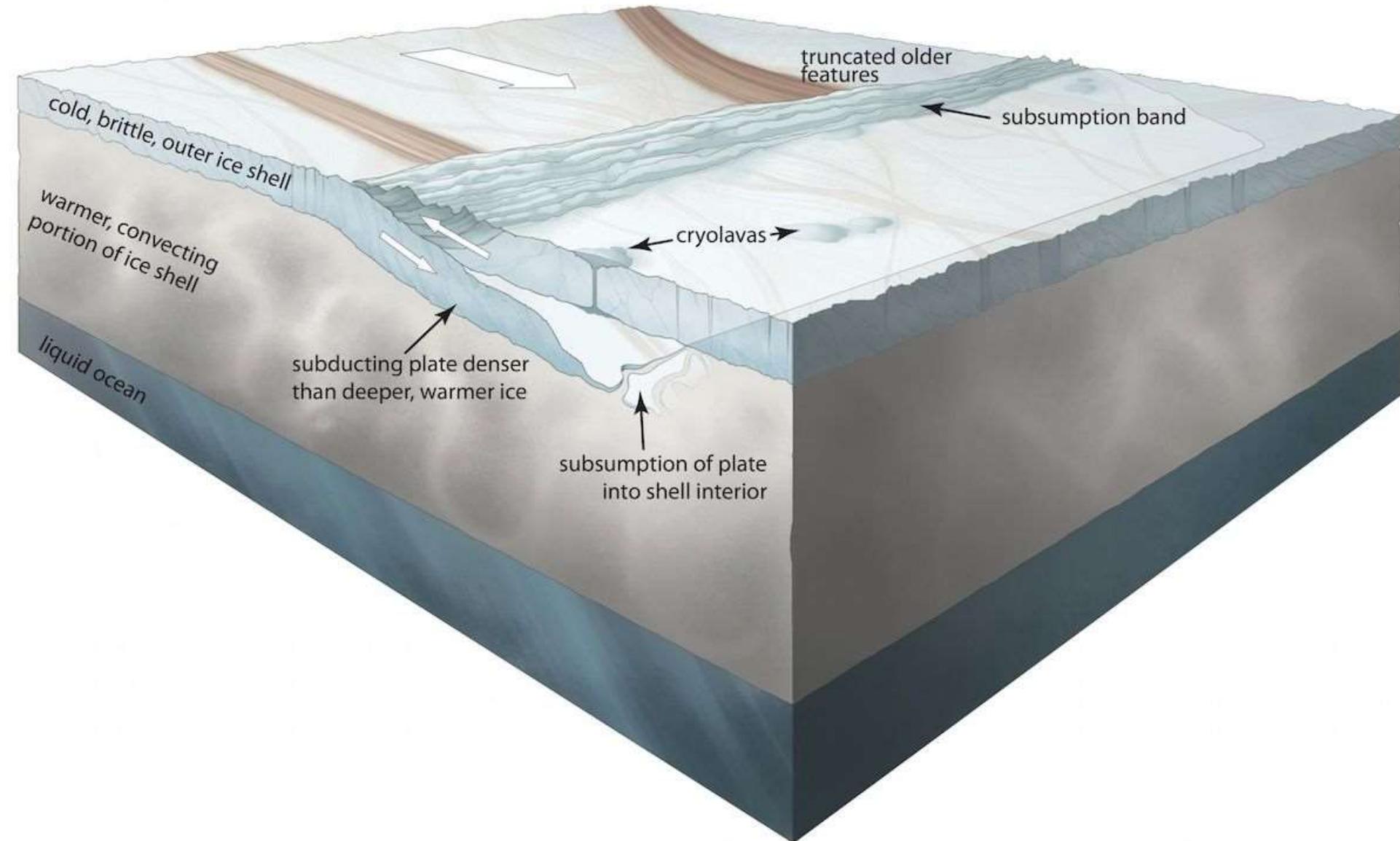
*Vue d'ensemble du réseau
de failles et zoom sur des
épandements brunâtres
(à droite, Thera et Thrace Macula)*



Dans les glaces d'Europe, il y a sans doute une tectonique des plaques

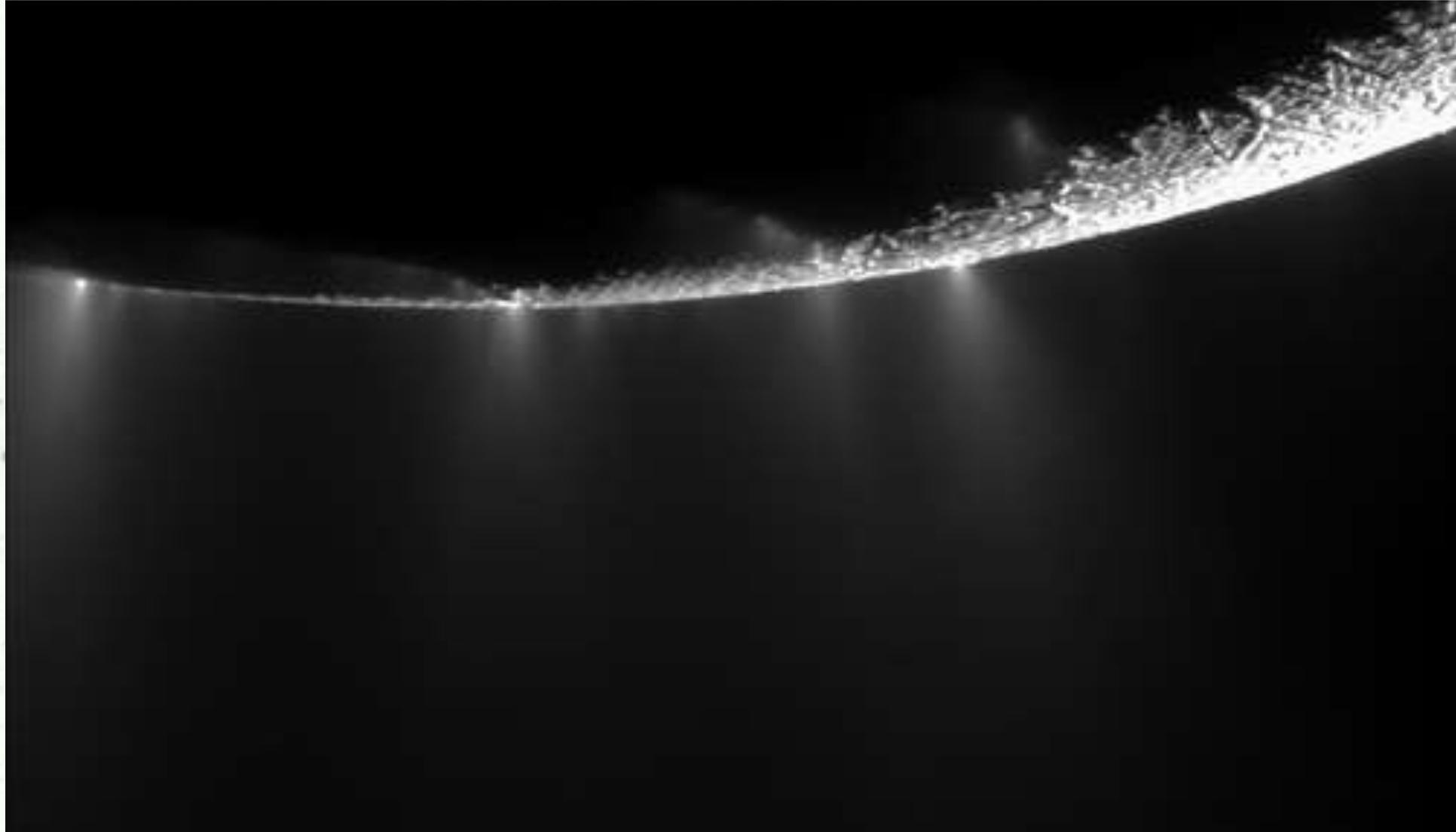


Voici une explication possible et plausible de **Phaidra Linea**

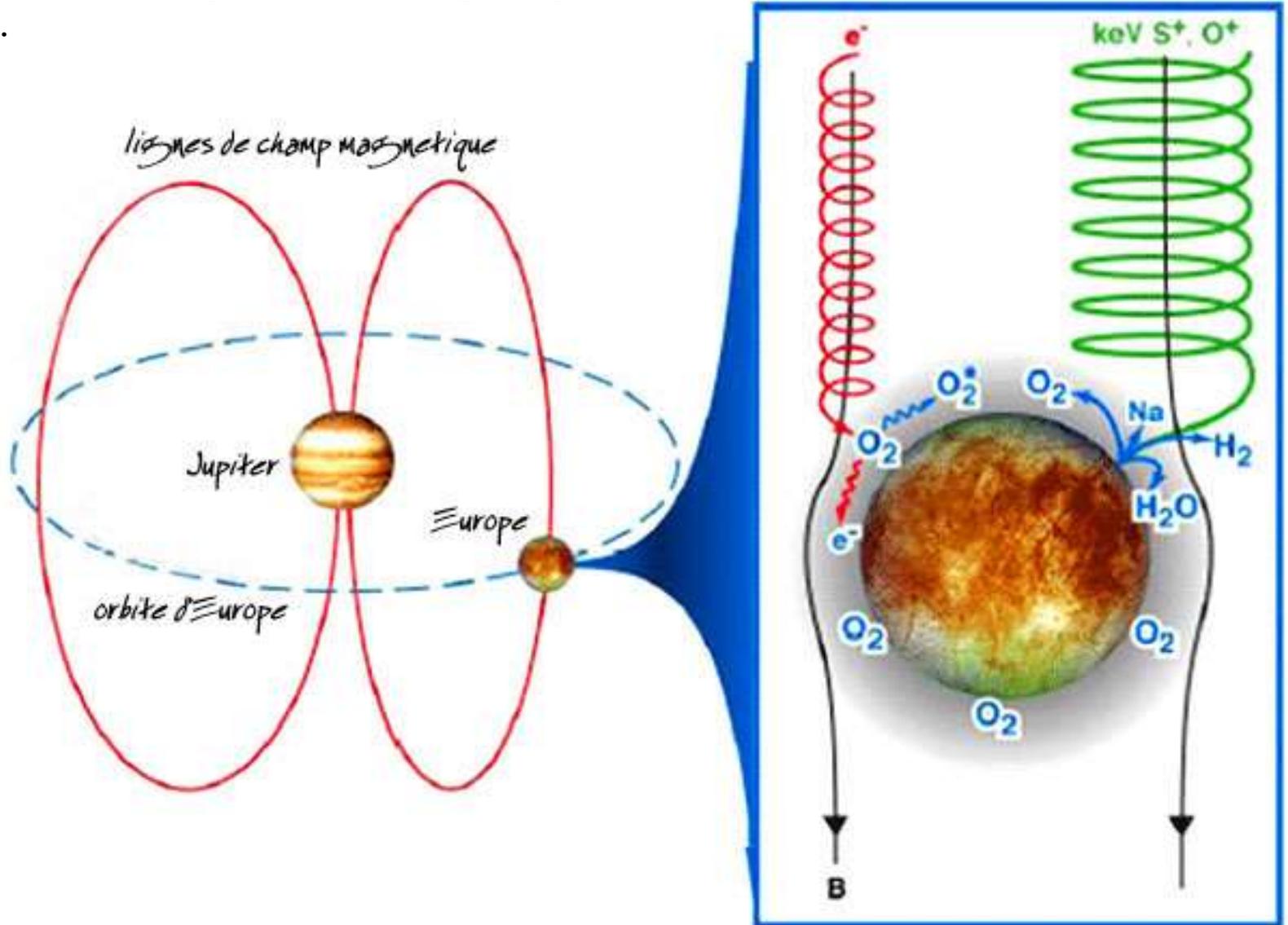


En fait on a vu des éjections, des « geysers »

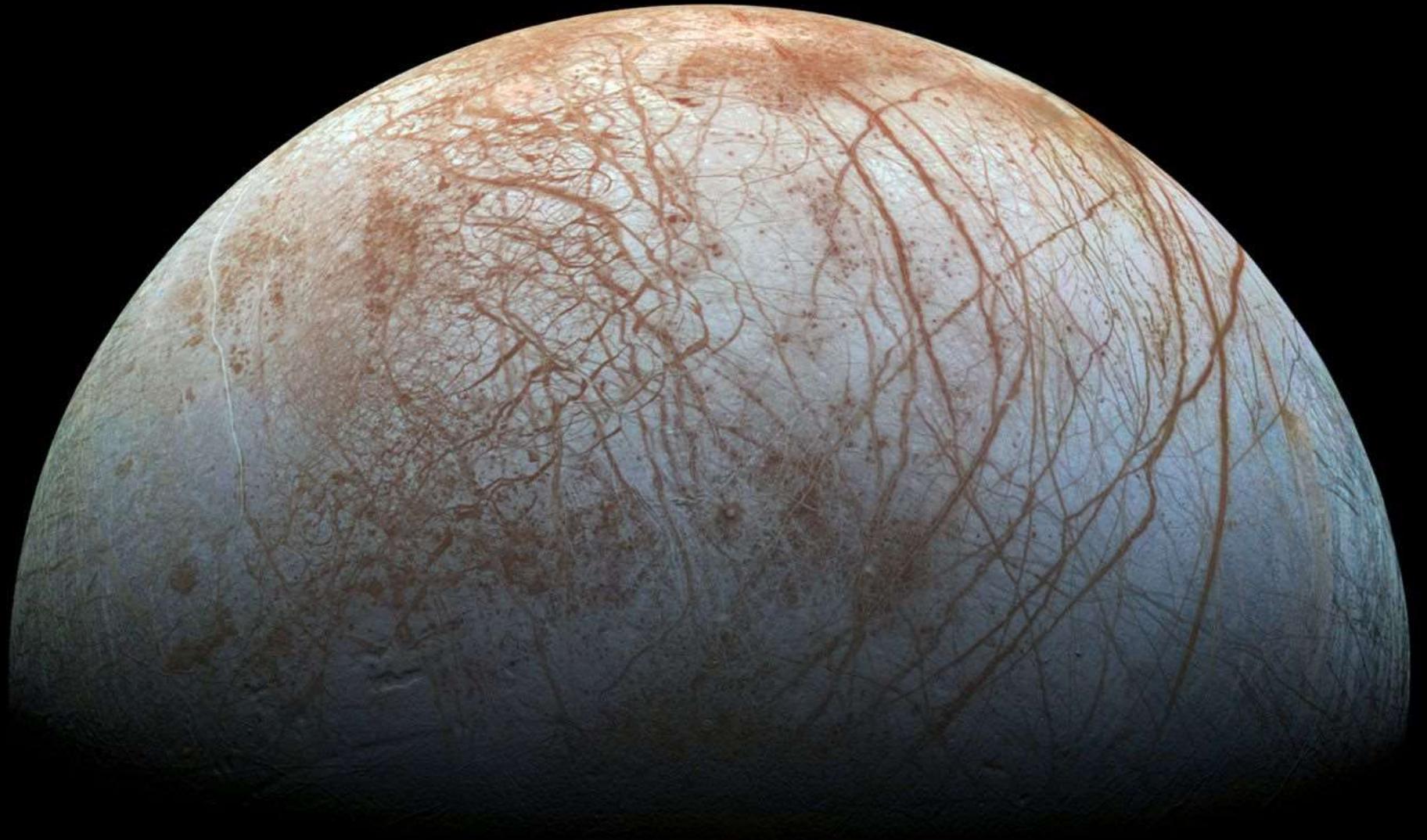
En 2013 on avait été très surpris de voir de gros panache venir d'Europe, mais il s'avère que ces jets sont peu fréquents et intermittents.



Tout comme pour Io il existe une atmosphère très ténue, d'oxygène moléculaire, à une pression 100 milliardièmes de fois celle de la Terre.
Et ici aussi du fait de la présence de Jupiter pas si loin que ça il existe un faible champ magnétique.



Les lignes du champ magnétique reliant Europe et Jupiter.



Saisissante image d'Europe, satellite de Jupiter

La troisième : Ganymède

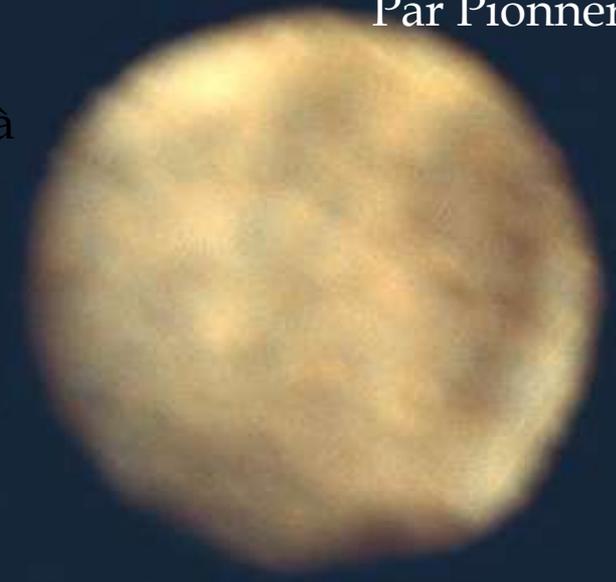
Ganymède, est le plus gros satellite de notre système solaire. Ganymède s'approche de la taille de Mars !

Caractéristiques orbitales	
Demi-grand axe	1 070 400 km
Périapside	1 069 200 km
Excentricité	0,0013
Période de révolution	7,155 d
Inclinaison	0,117 ° (par rapport au plan de Laplace de Jupiter)
Caractéristiques physiques	
Diamètre	5 262,4±3,4 km
Masse	1,4819×10 ²³ kg
Masse volumique moyenne	1,942±0,005 x10 ³ kg/m ³
Gravité à la surface	1,428 m/s ²
Période de rotation	7,155 d (Synchrone)
Albédo moyen	0,43±0,02
Température de surface	≈109 K
Caractéristiques de l'atmosphère	
Pression atmosphérique	Traces d'oxygène
Découverte	
Découvert par	Galilée
Découverte	11 janvier 1610
Désignation(s) provisoire(s)	Jupiter III



Ganymède tourne autour de Jupiter à une distance de 1 070 000 km, soit approximativement le triple de Io et le double d'Europe. Il parcourt cette distance en 7.154 jours, à la vitesse de 39 240 km/h. Le satellite entre d'ailleurs en résonance 2 avec Europe et 4 avec Io. Du fait de la forte attraction de Jupiter, Ganymède est lui aussi en rotation synchrone avec sa planète. Comme toutes les lunes de Jupiter elle fut visitée par plusieurs sondes mais les résultats les plus précis viennent de Galileo qui est restée en orbite.

Par Pionner



A gauche. par Voyager



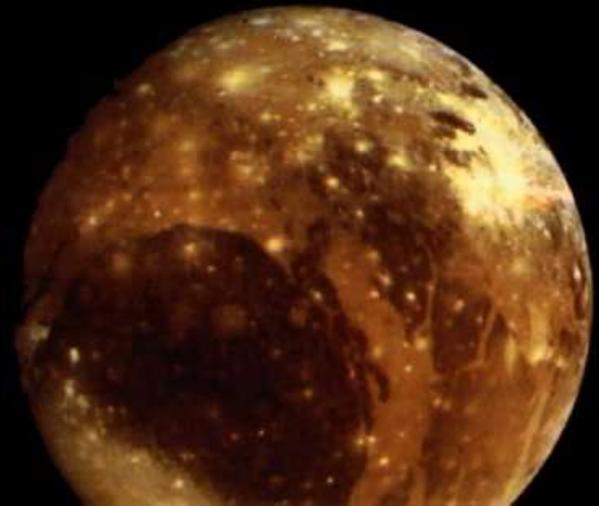
A droite. par Galileo



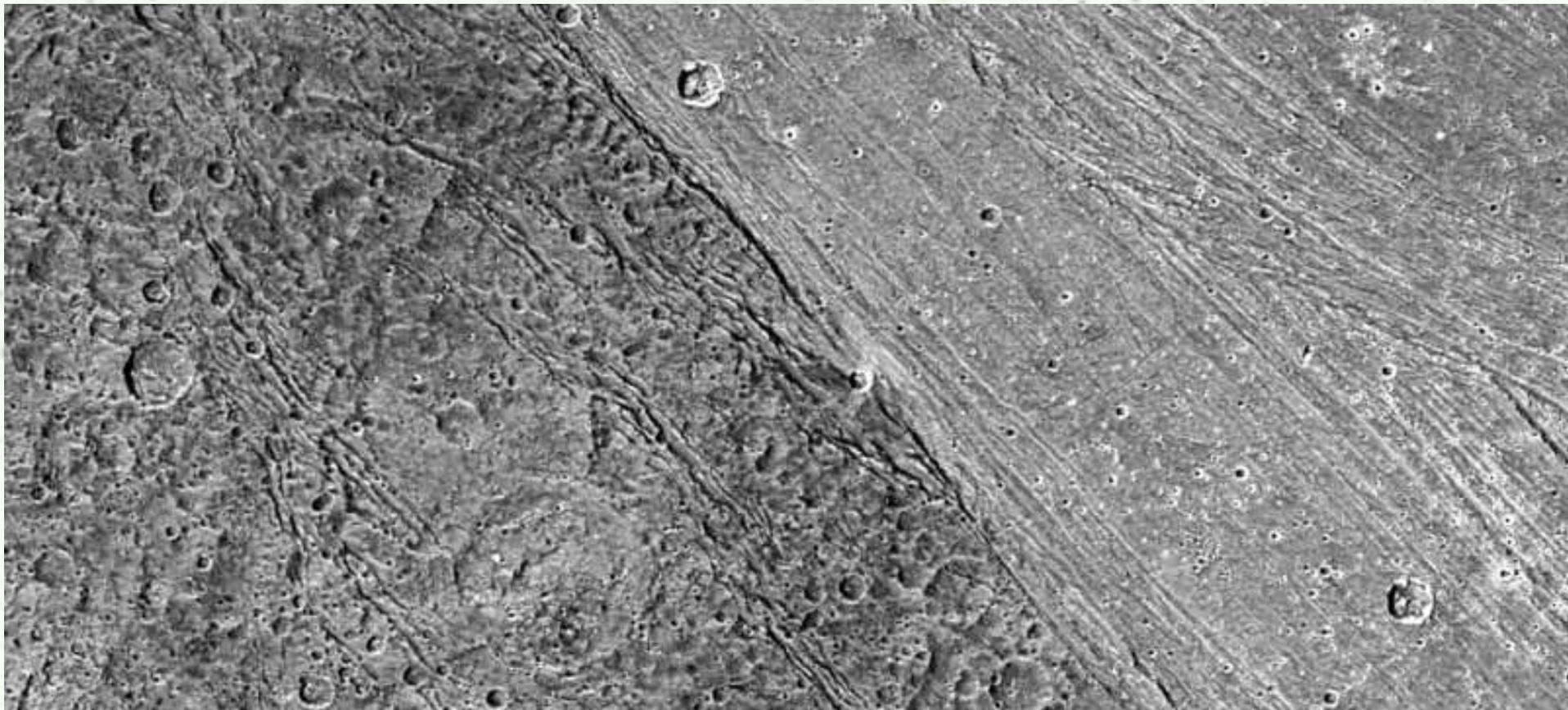
La première chose qui frappe notre regard est l'alternance de zones sombres et de zones claires.

Son albédo important (0,43) confirme l'abondance de glace à sa surface.

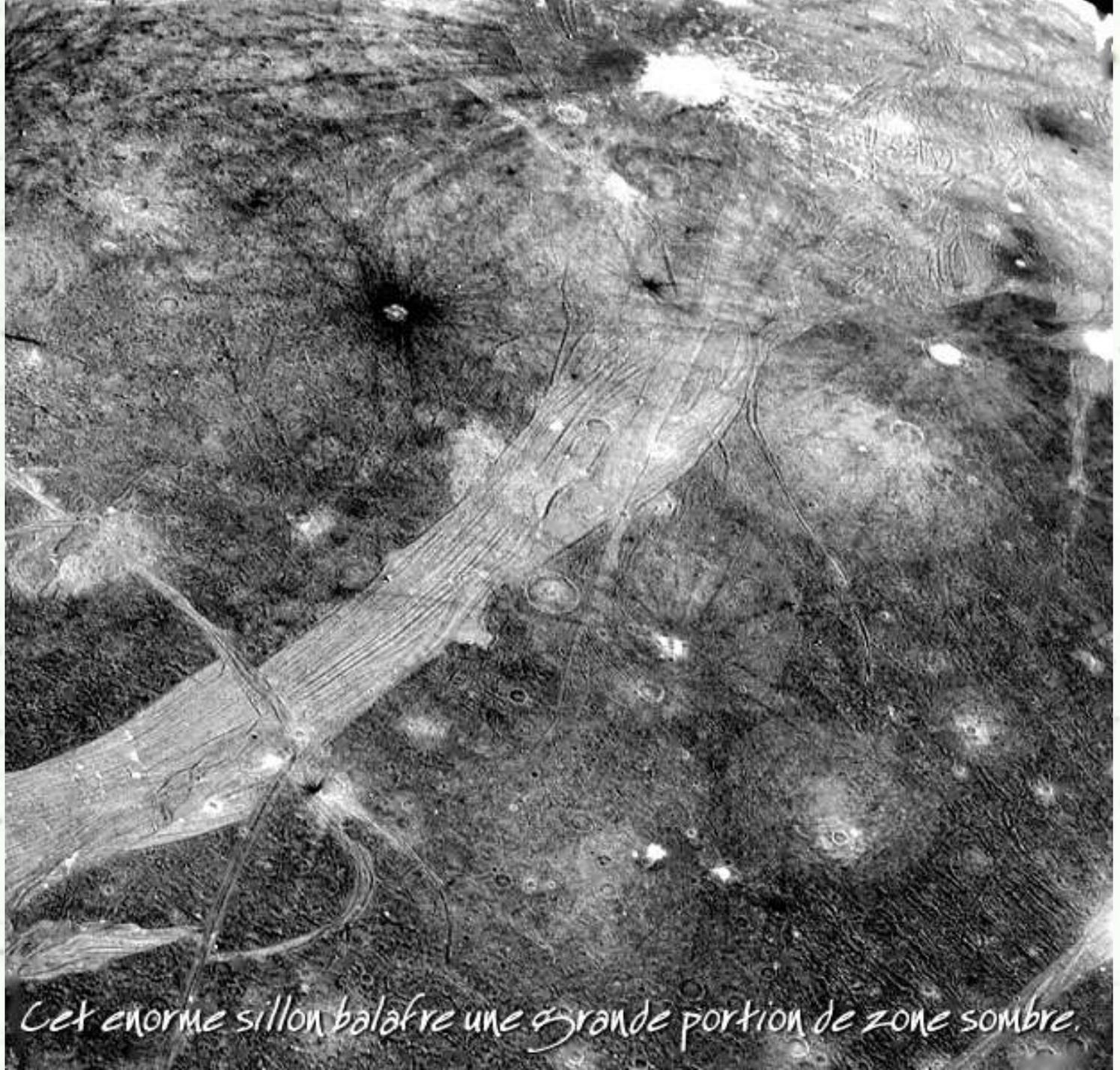
Les régions les plus vieilles sont aussi les plus sombres : il semble que le terrain rocheux se soit concentré là où la glace superficielle a été vaporisée.



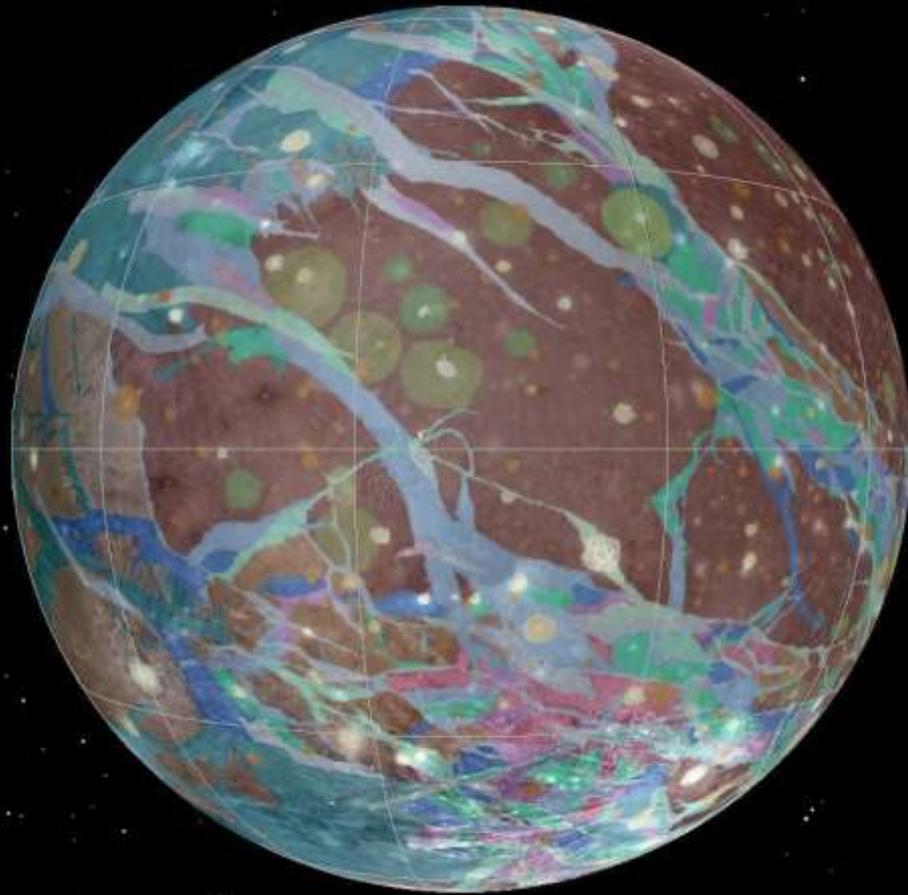
Les régions claires sont d'avantage marquées par un vaste ensemble de cannelures et d'arêtes constituées en grande partie de glace pure et recouvrant les terrains sombres, ce qui renforce l'idée d'une activité tectonique.



Ces terrains sont formés d'une juxtaposition de sillons plus ou moins parallèles, et longs de plusieurs centaines de kilomètres.



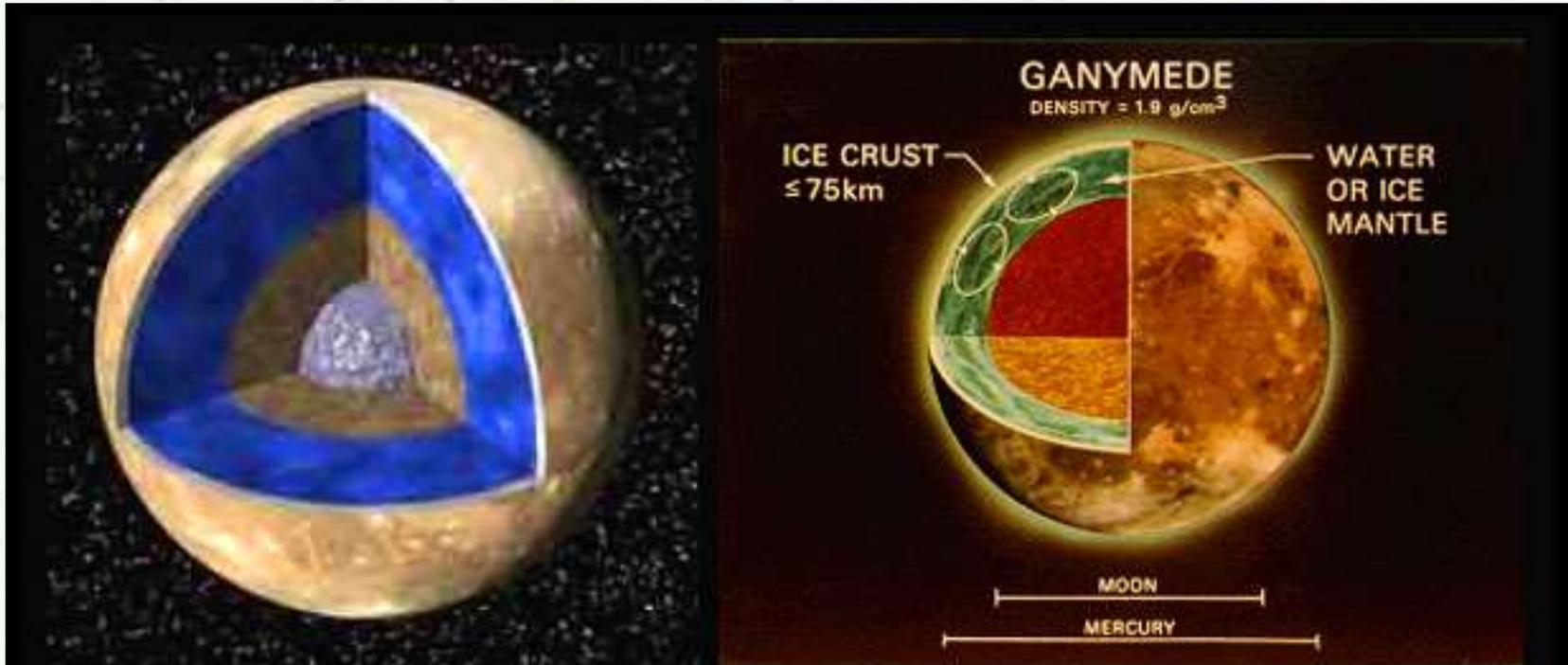
Cet énorme sillon balafre une grande portion de zone sombre.



En assemblant les images de Ganymède, plus gros satellite naturel de Jupiter, recueillies par les sondes spatiales Voyager 1 et 2 avec celles collectées par Galileo (qui explora Jupiter dans les années 1990), des chercheurs ont élaboré la carte géologique la plus précise riche en informations sur sa surface. © USGS Astrogeology Science Center, Wheaton, Nasa, JPL-Caltech

Ganymède est aussi soumis à d'importants effets de marée qui agitent et réchauffent sa structure interne. Ganymède semble avoir eu un passé beaucoup plus actif que ce qu'il n'est aujourd'hui. Les scientifiques pensent qu'il était plus chaud par le passé, et qu'il y avait une importante activité tectonique et volcanique, un peu comme sur Io. Aujourd'hui, Ganymède est un astre froid dont l'activité s'est arrêtée, il fait environ -150°C en surface.

Voici comment on songeait à Ganymède



À gauche · Cette coupe de la structure interne inclut la présence d'un noyau et d'un grand océan d'eau liquide.

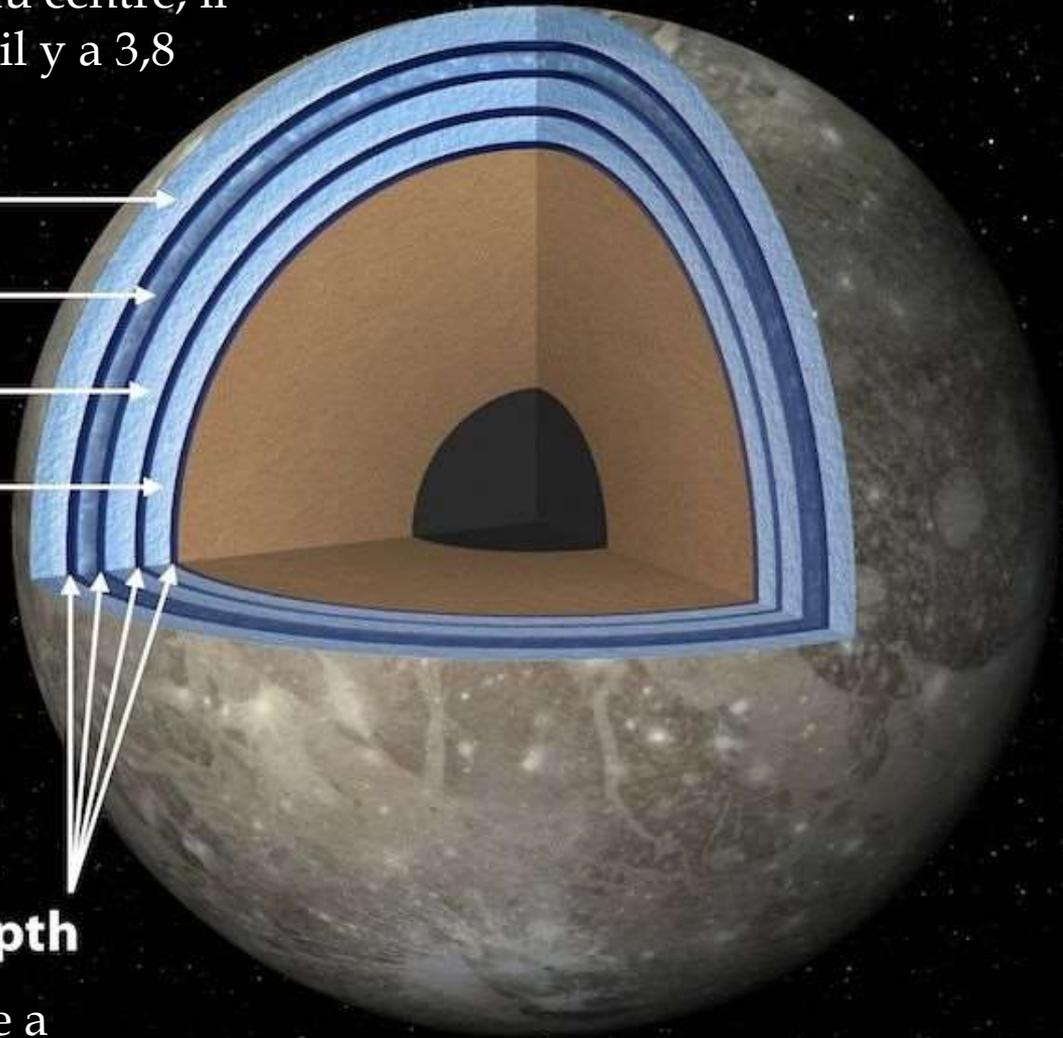
À droite · Les couches sont bien moins différenciées, avec uniquement un manteau silicaté et une couche de glace en surface.

Mais en 2014 on pensait qu'il y aurait des couches d'eau salées entre les couches de glace. Et dans la plus proche du centre, il pourrait y avoir la vie comme il y a 3,8 milliards d'années sur Terre.

Ganymede

Ice I →
Ice III snow →
Ice V →
Ice VI →

**Liquid ocean layers,
more saline with depth**



Moon

Mercury

Il faut rappeler que Ganymède a un noyau ferreux liquide et du magnétisme, d'où cette possibilité.

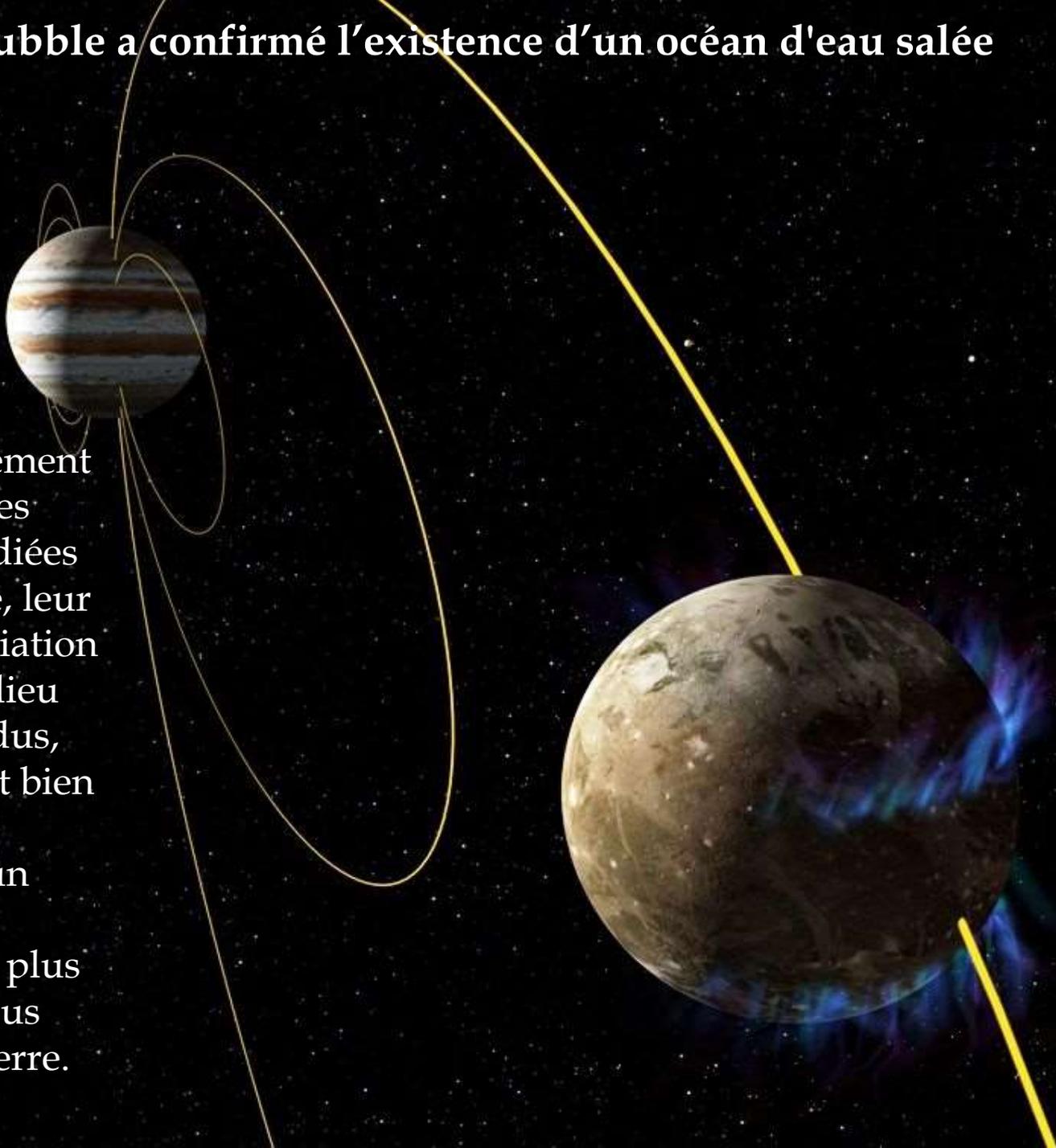
Ganymède possède un champ magnétique propre, incorporé dans l'immense champ magnétique de Jupiter. Ce champ magnétique serait notamment produit par la présence d'une matière conductrice à l'intérieur, ce qui accrédite la thèse du noyau ferreux. Mais le problème vient du fait que Ganymède est trop légère pour un noyau ferreux, le champ magnétique est donc peut-être résiduel.

Elle possède aussi une atmosphère très ténue.

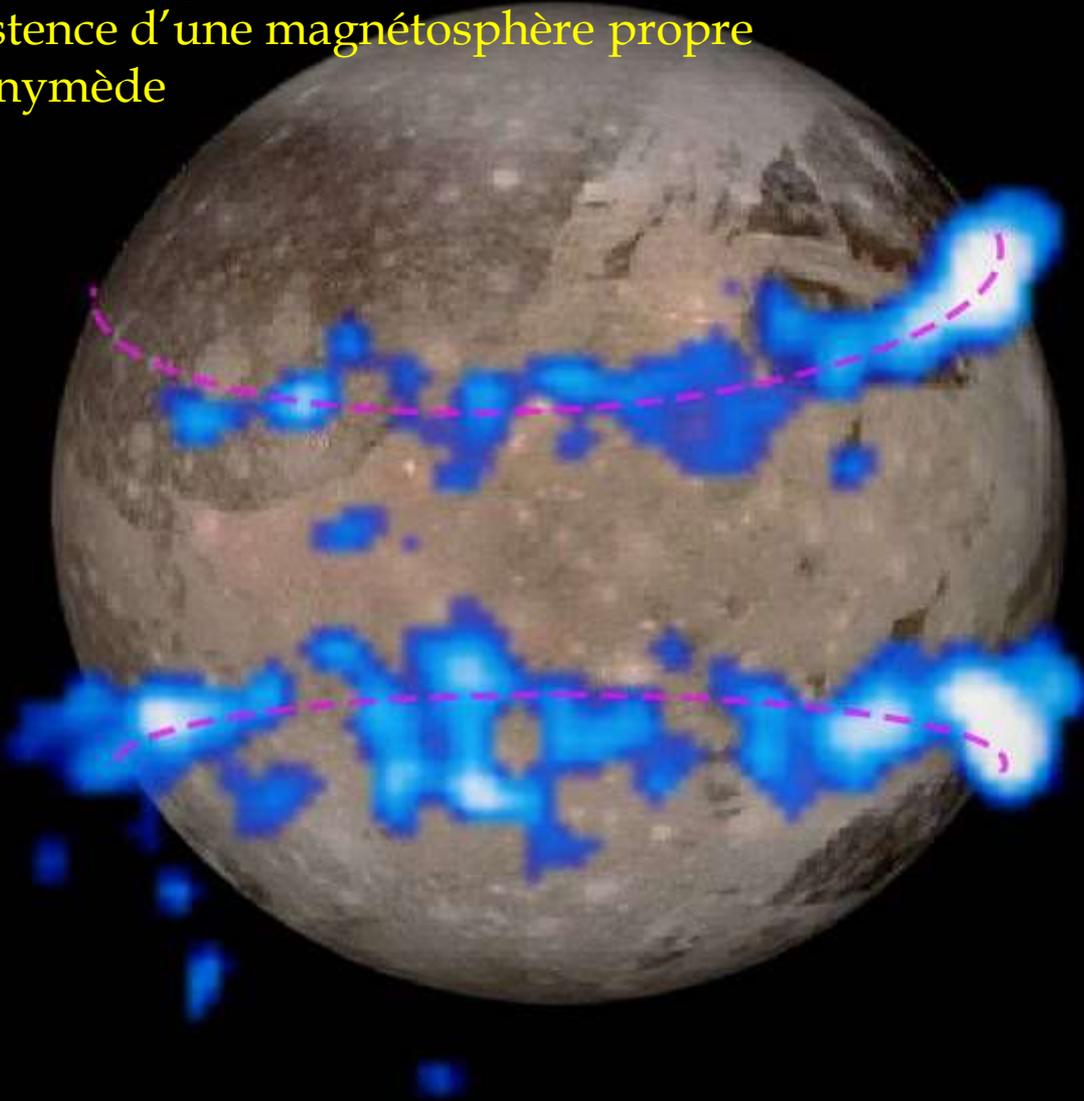


En 2015, Hubble a confirmé l'existence d'un océan d'eau salée

Le comportement de ses aurores polaires étudiées avec Hubble, leur angle de variation est de 2° au lieu des 6° attendus, semble bel et bien confirmer la présence d'un océan qui contiendrait plus d'eau que tous ceux de la Terre.

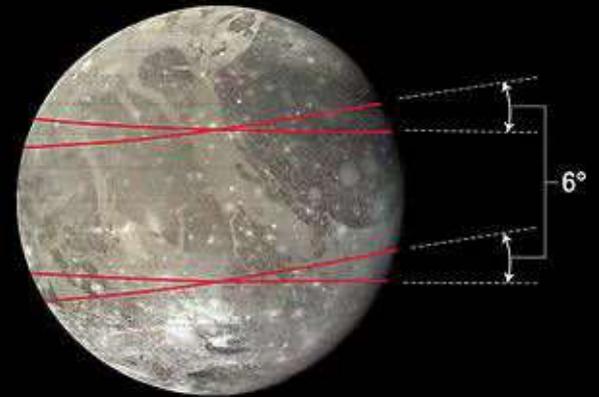


Le magnétomètre équipant la sonde Galileo avait permis de découvrir l'existence d'une magnétosphère propre à Ganymède

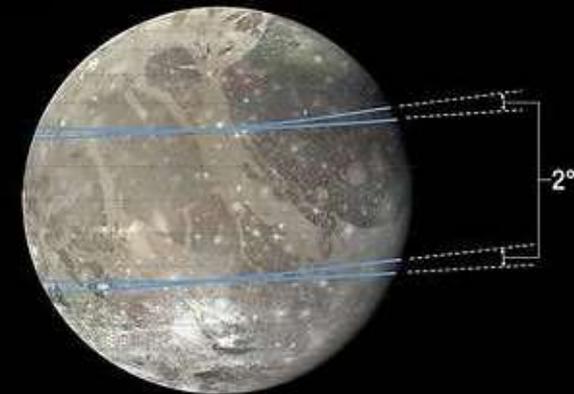


Ganymede Auroral Band Oscillation

No ocean



With ocean



La dernière : Callisto

Callisto est le quatrième et dernier satellite galiléen. Il orbite à une distance moyenne de 1 882 700 km de Jupiter en 16.689 jours, à la vitesse de 29 520 km/h. Il tourne sur lui-même exactement dans la même période, il est donc lui aussi en rotation synchrone. Avec un diamètre de 4840 kilomètres, Callisto a des dimensions proches de celles de Mercure.

Caractéristiques orbitales

Type	Satellite naturel de Jupiter
Demi-grand axe	1 882 700 km
Périapside	1 869 000 km
Excentricité	0,0074
Période de révolution	16,6890184 d
Inclinaison	0,192 ° (par rapport au plan équatorial de Jupiter)

Caractéristiques physiques

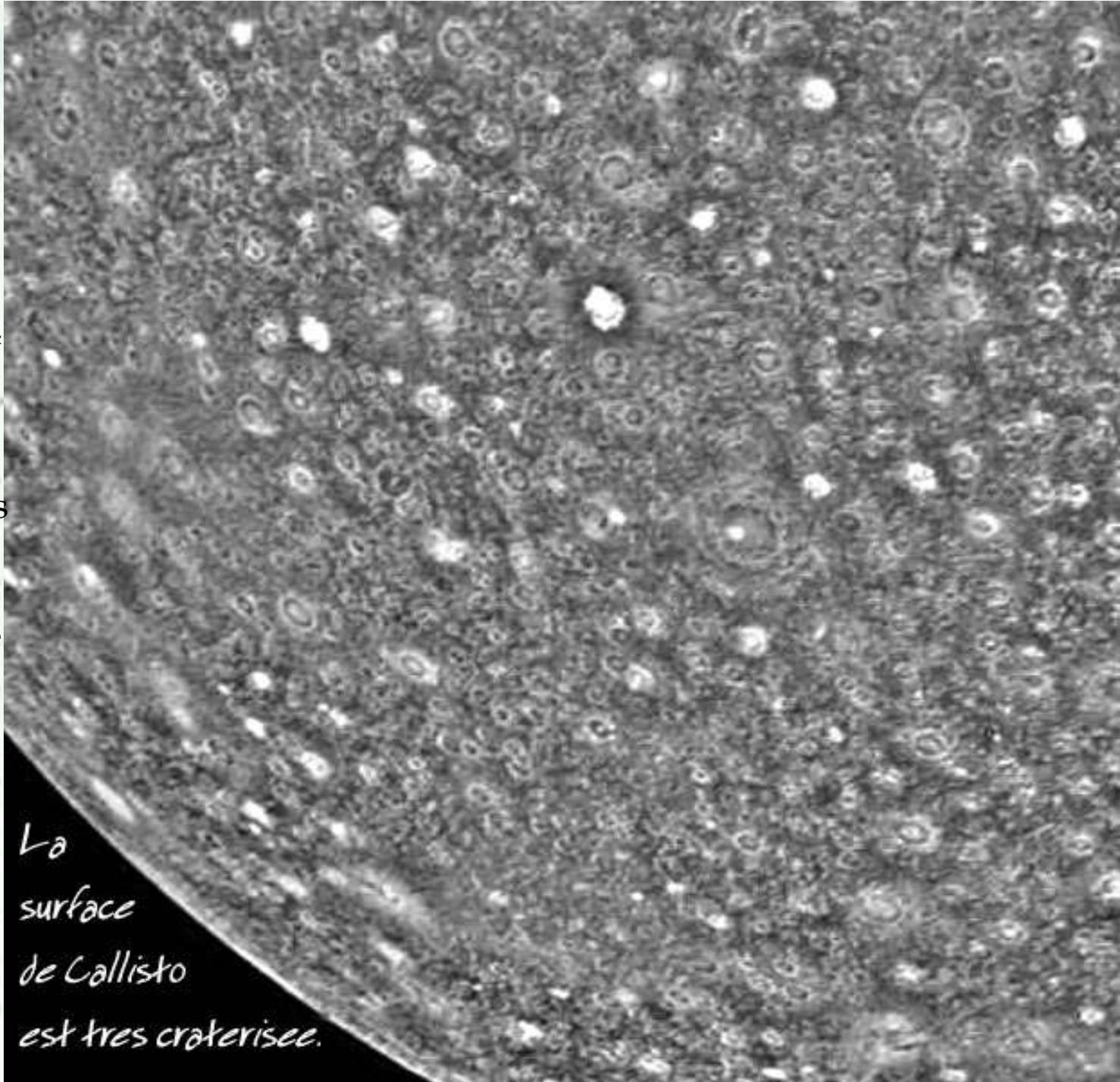
Diamètre	4 820,3±3,0 km
Masse	1,075938 ± 0,000137×10 ²³ kg
Masse volumique moyenne	1,834 4 ± 0,003 x10 ³ kg/m ³
Gravité à la surface	1,235 m/s ²
Albédo moyen	0,22 (géométrique)
Température de surface	165 ± 5 (max) ; 134 ± 11 (moy) ; 80 ± 5 (min) K

Découverte

Découvert par	Galilée
Découverte	7 janvier 1610
Désignations provisoires	Callisto, J IV Callisto, Jupiter IV



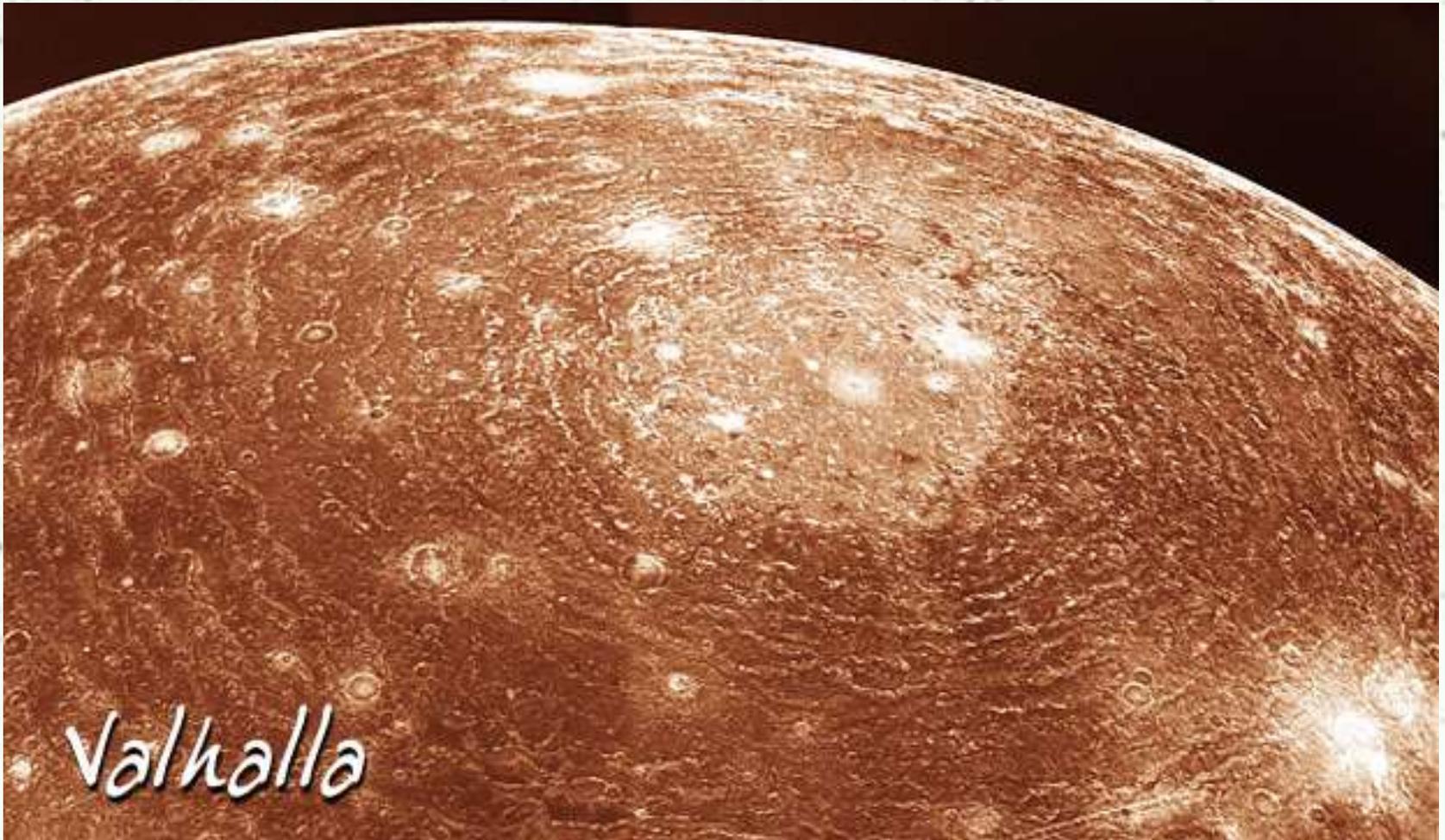
La surface de Callisto, à l'inverse d'Europe, est très sombre. Son albédo est de 0,19. L'âge de cette surface, la plus ancienne du système solaire, est estimé à 4 milliards d'années. Callisto ne subit pas les mêmes forces de marées que les autres satellites galiléens. Elle n'a donc jamais été renouvelée et elle n'a pas connu d'activité volcanique ou tectonique. De ce fait, la surface de Callisto est littéralement criblée de cratères.



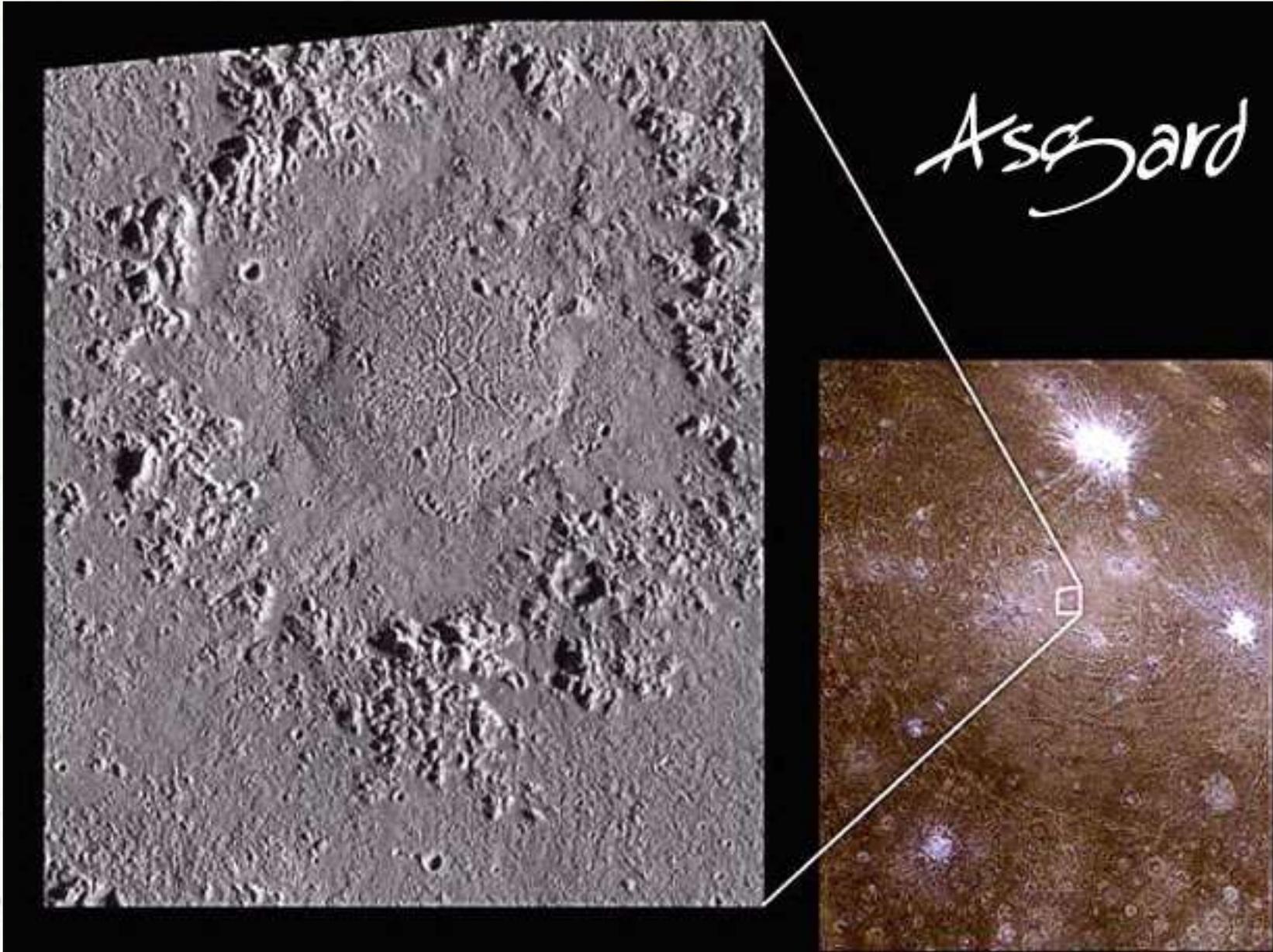
La surface de Callisto est très craterisée.

Cette surface est caractérisée par de vastes zones sombres silicatées parsemées de taches blanches faites de glace, vestiges des éjectas provoqués lors des nombreux impacts météoritiques. Le relief est peu prononcé, et la plupart des cratères ne dépassent pas les 150 km. Le relief, exempt de montagnes, est probablement lissé par des couches de glaces éjectées lors des impacts météoritiques.

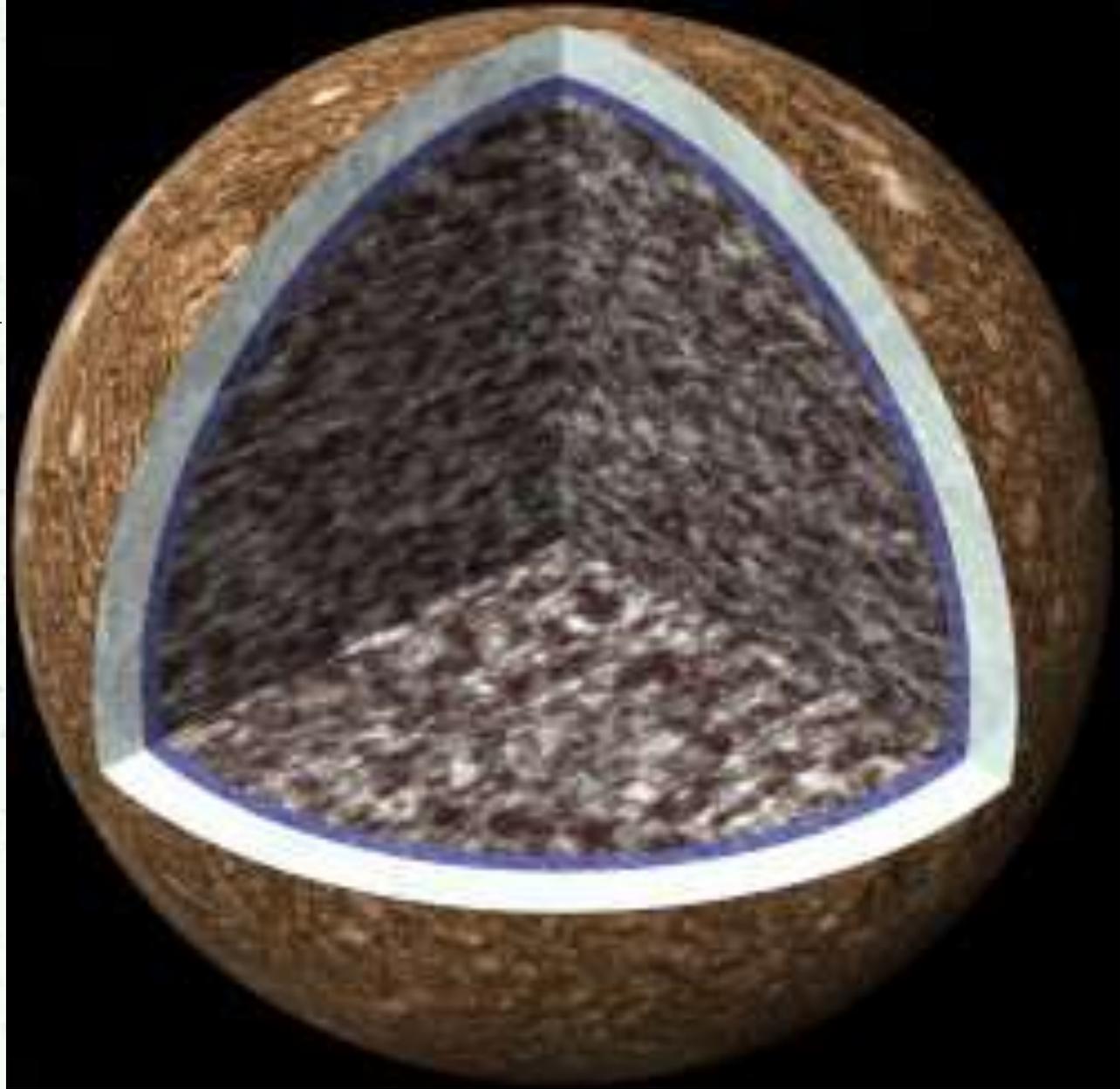
On trouve toutefois quelques formations intéressantes, ici le Valhalla, cratère dont le centre brillant fait 600km de diamètre, entouré de 10 anneaux, le tout faisant 2600 km de large. L'astéroïde responsable de l'impact devait vraisemblablement faire plusieurs dizaines de kilomètres de large ...



Asgard est une structure large de 1700 km, composée d'une zone centrale brillante et entourée d'arcs concentriques.



Sous la surface, les astronomes envisagent la présence d'un océan d'eau salée. Sous cette croûte, existerait soit un océan liquide, soit un manteau de glace d'une épaisseur de 1000 km, ce qui est énorme. Enfin, le cœur de Callisto serait un mélange indifférencié et plutôt homogène de glaces et de roches, d'environ 1200 km de rayon.

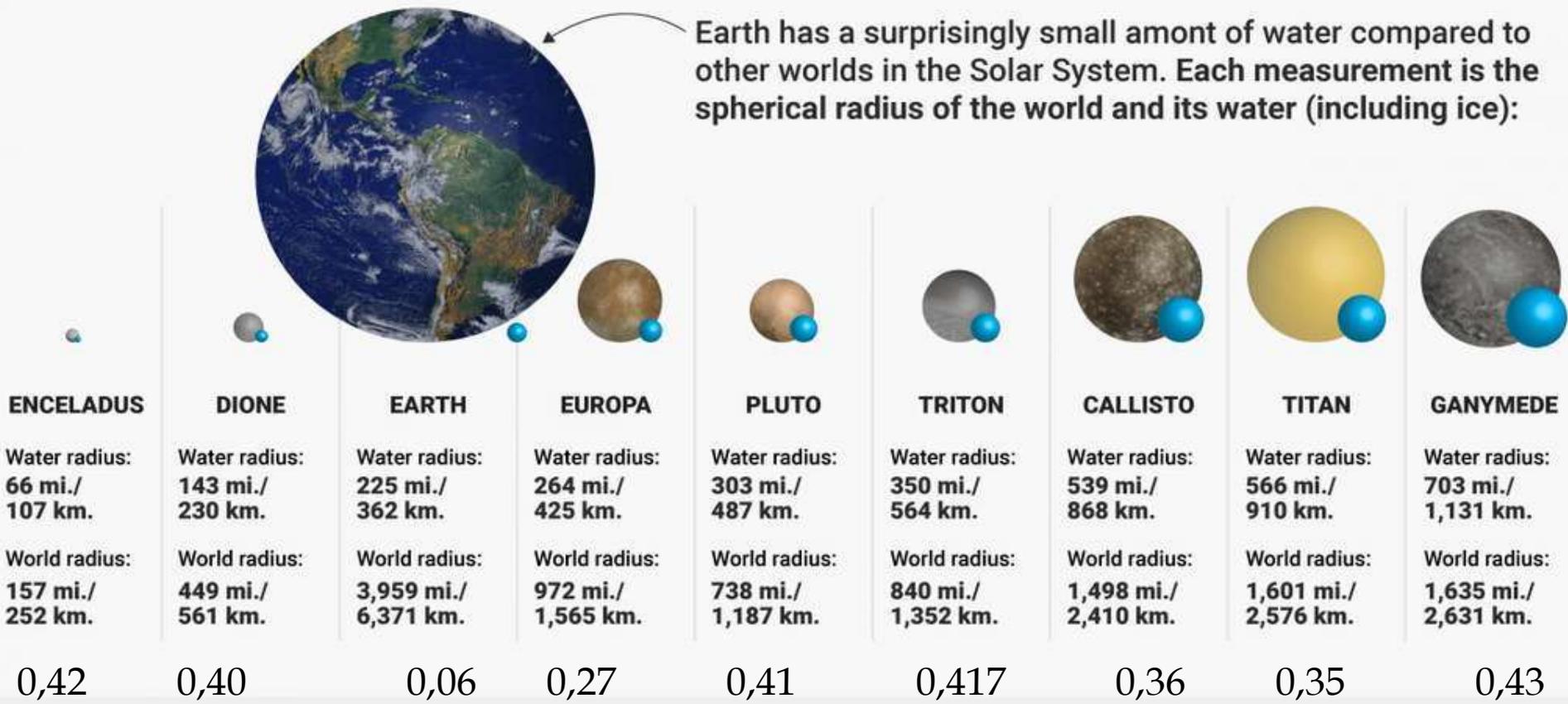


Callisto elle aussi possède une atmosphère ténue de dioxyde de carbone.

Et pour finir un récapitulatif des quantités d'eau dans le système solaire.

C'est en fait Ganymède et Titan, qui possèdent les plus importantes quantités d'eau... surtout sous leur surface.

HOW THE SOLAR SYSTEM'S LARGEST OCEAN WORLDS COMPARE IN SIZE



SOURCE: Steve Vance; NASA/JPL-Caltech

Bibliographie :

- Futura
- Wikipédia
- Sciences et avenir
- Le Cosmographe
- <https://www.le-systeme-solaire.net>

Et voici un film sur les lunes du système solaire

<https://www.youtube.com/watch?v=C0XS31FpCcw>