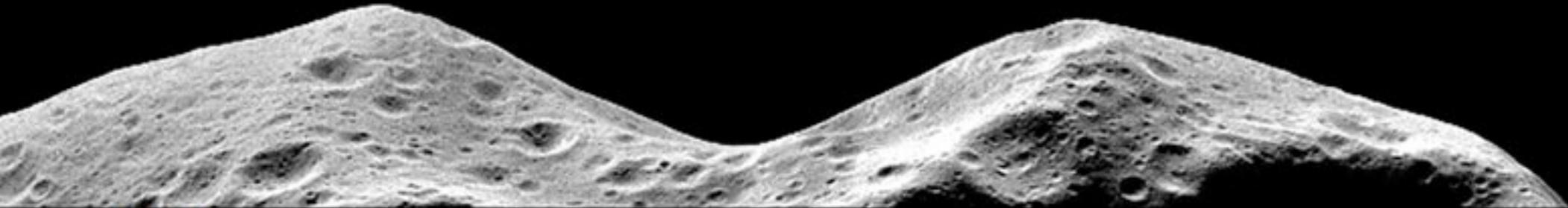


Un monde de glaces et d'eau



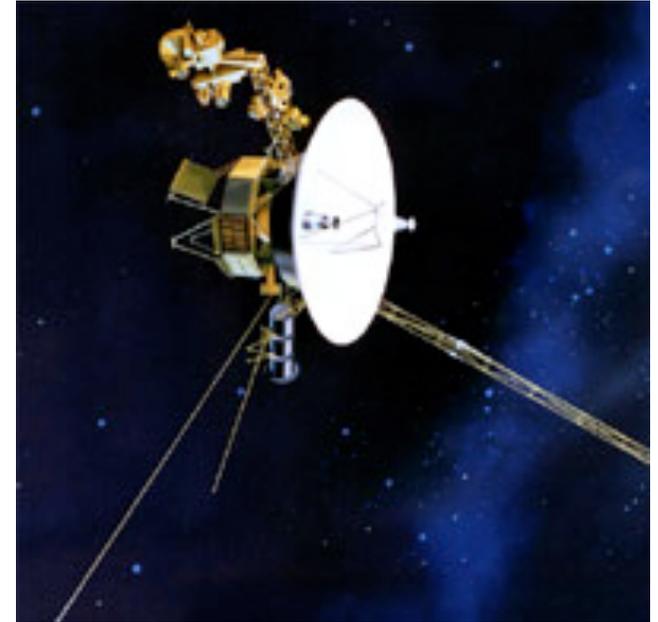
Exploration
Morphologie
Dynamique
Océan enfouit
Intérêt exobiologique



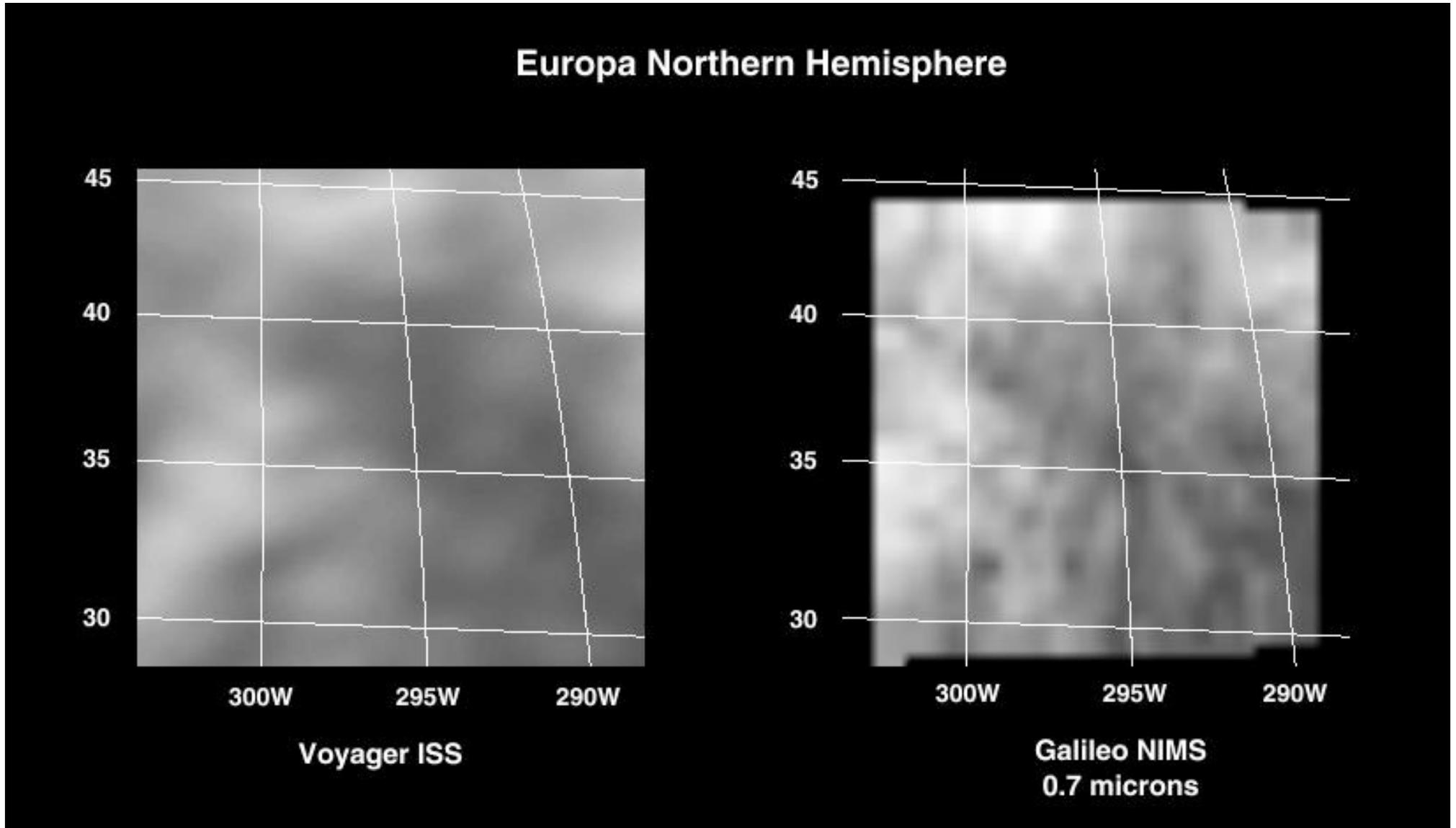


- Rayon orbital: 671079 km
- Période 3.5 jours
- Distance du soleil : 5.2 AU
- Rayon: 1565 km
- Densité : 2.99
- Excentricité: 1%
- Atmosphère: traces d'O₂
- Gravité : 0.135
- Albedo : 0.6
- Température: 128 K (-145 °C)
- Surface : Glace d'eau

Récits de Voyager

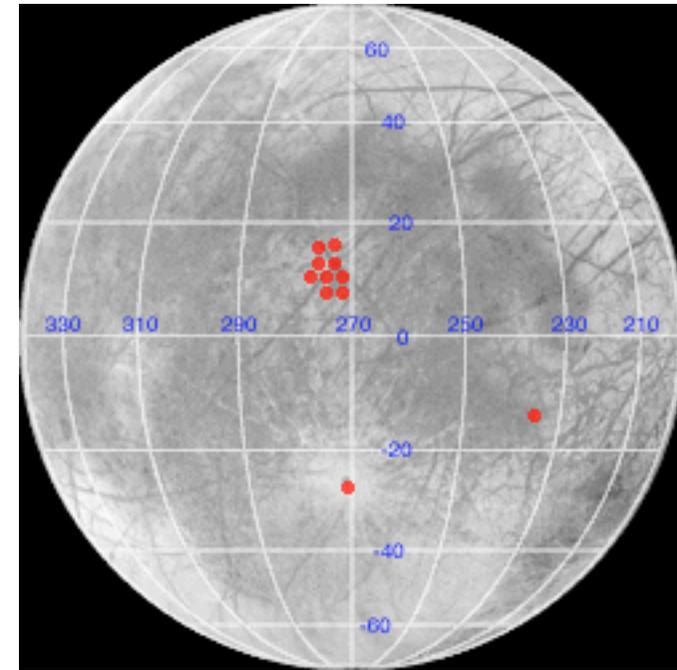
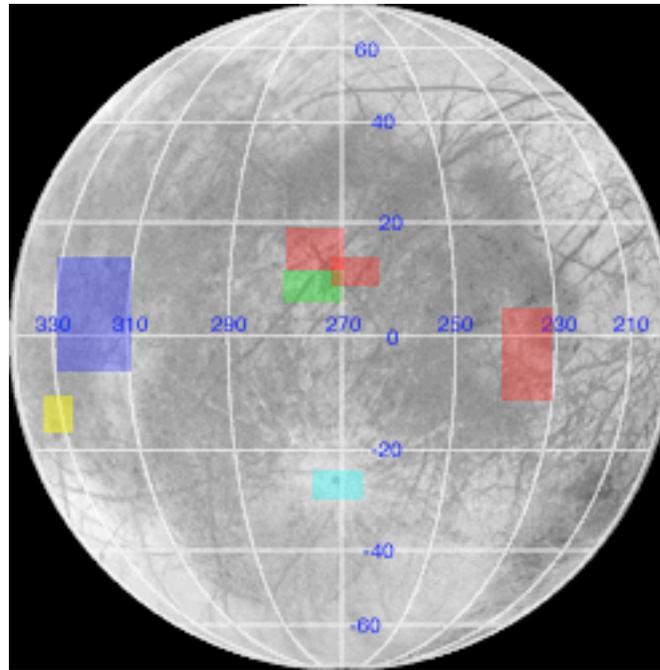
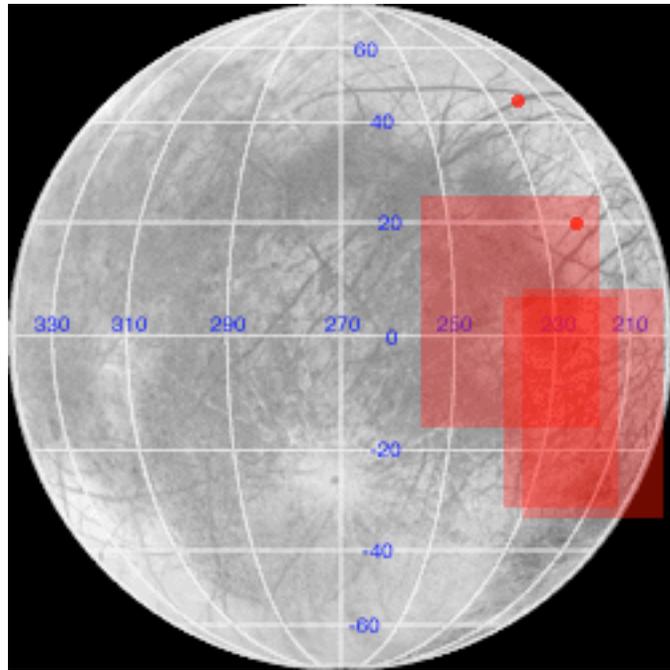


- Peu de cratères d'impacts, une surface jeune
- Un monde lisse, recouvert de glace
- des traînées colorées parcourant des milliers de km.



Révolution Galiléenne

- En orbite pendant 8 ans.
- 17 approches successives
- Meilleurs instruments
- Cartographie plus détaillée



- Ni Voyager ni Galileo ne peuvent détecter directement la présence de glace d'eau. On se base donc sur:
 - la réflectivité de la surface (albedo)
 - des observations terrestres (absorption IR 1.4 et 1.8 microns) s'expliquant par la présence de glace quasiment pure.

Les plaines

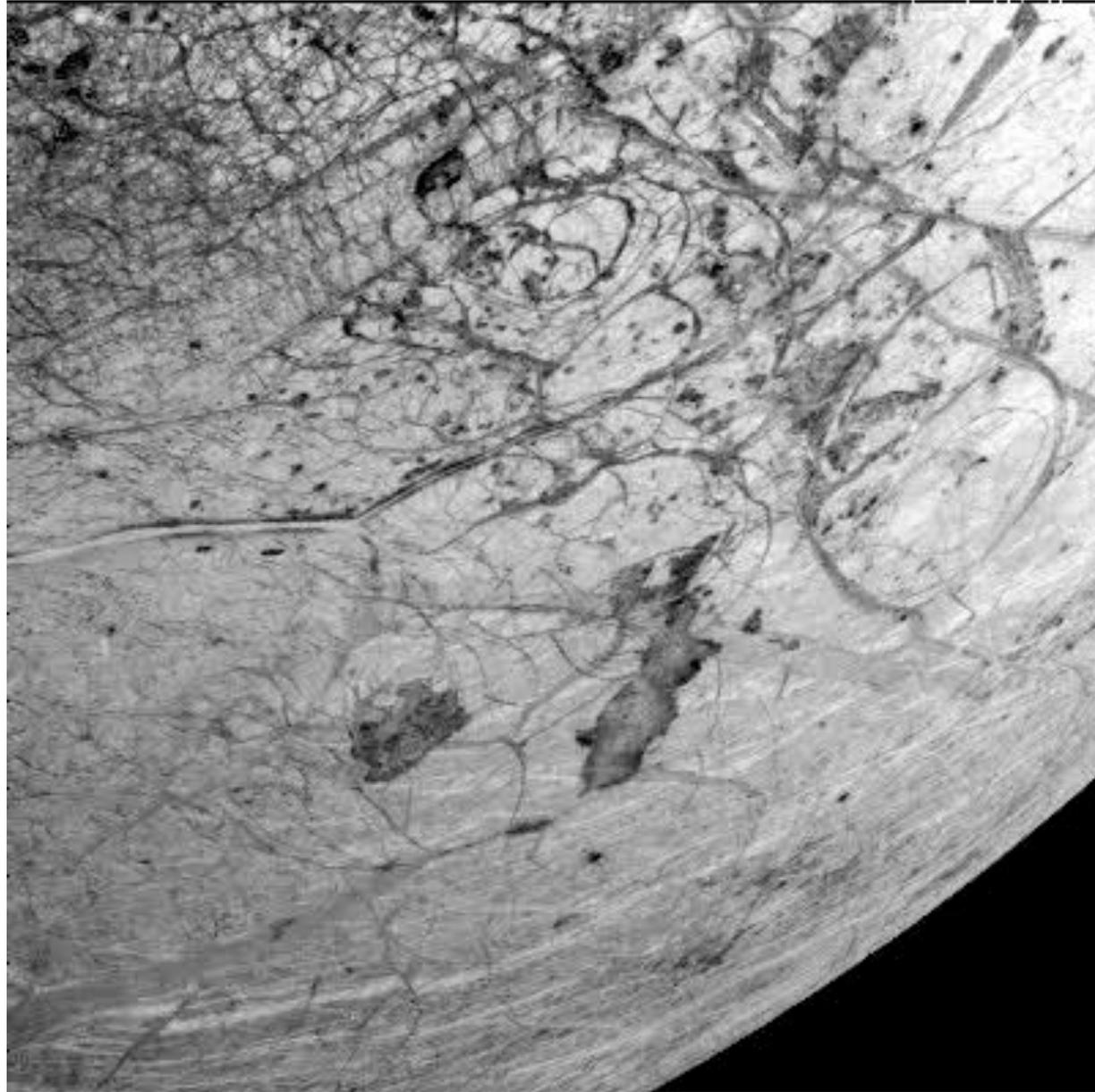
striées de sillons
orangés ou marron

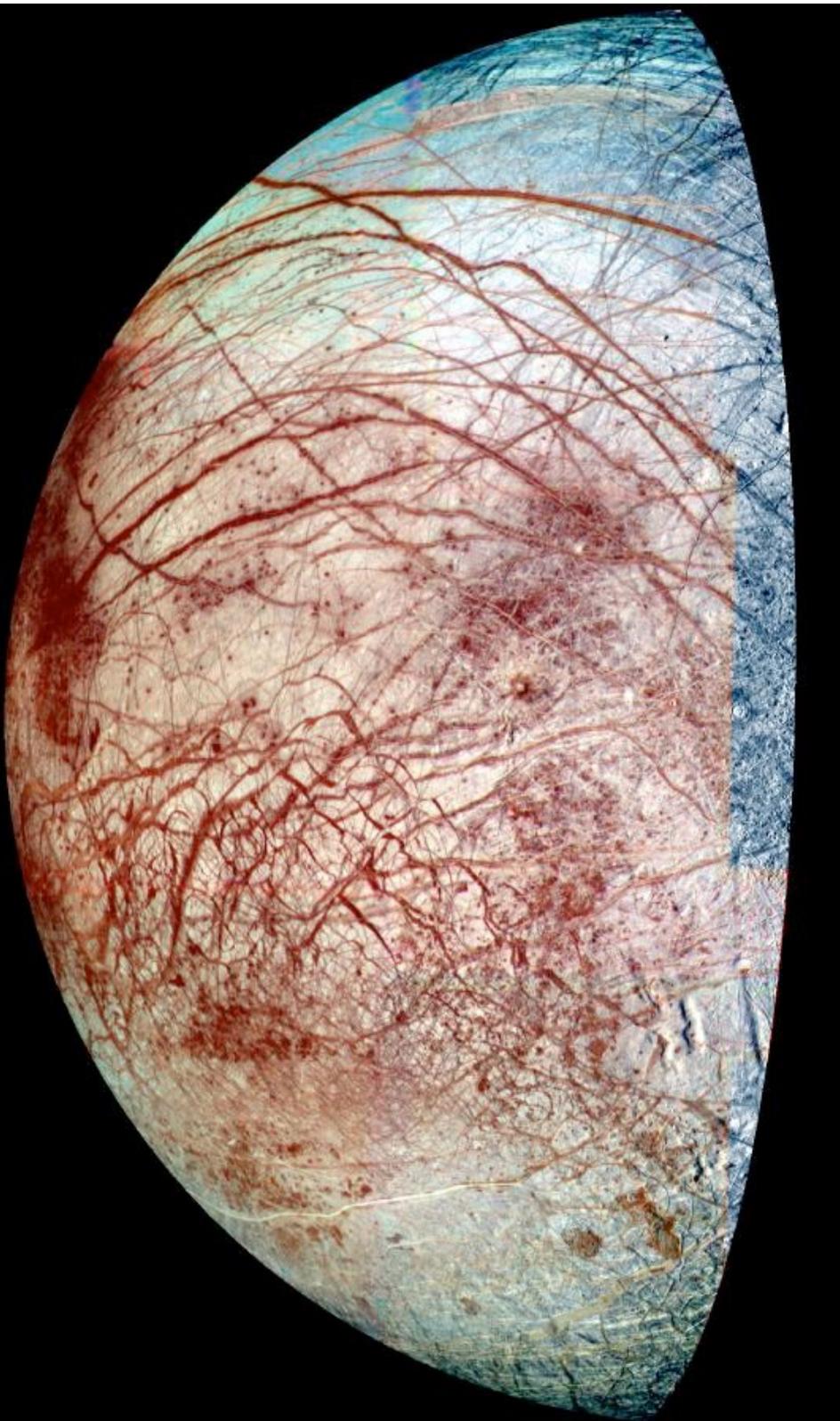
s'étendent sur des
milliers de km.
présentent des
structures similaires à
celles des banquises
terrestres

entrecoupées de
zones fracturées

terrains sombres
d'origine profonde

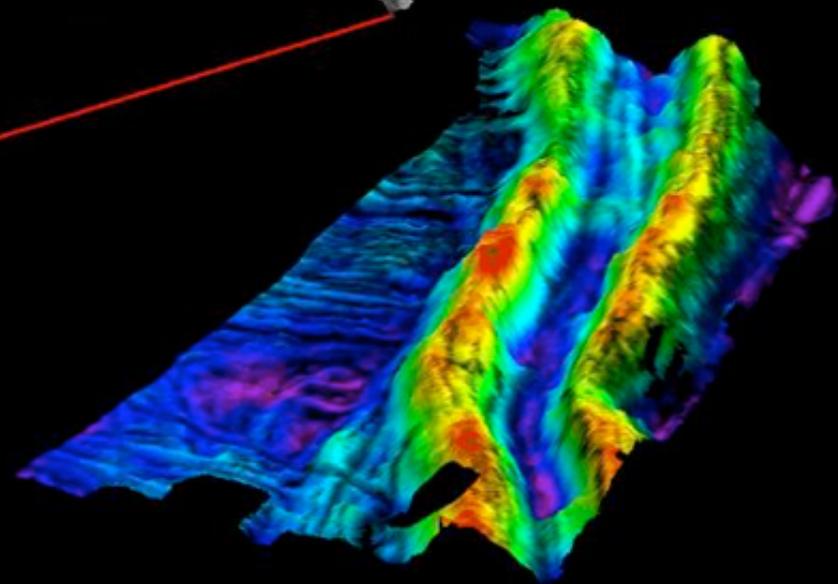
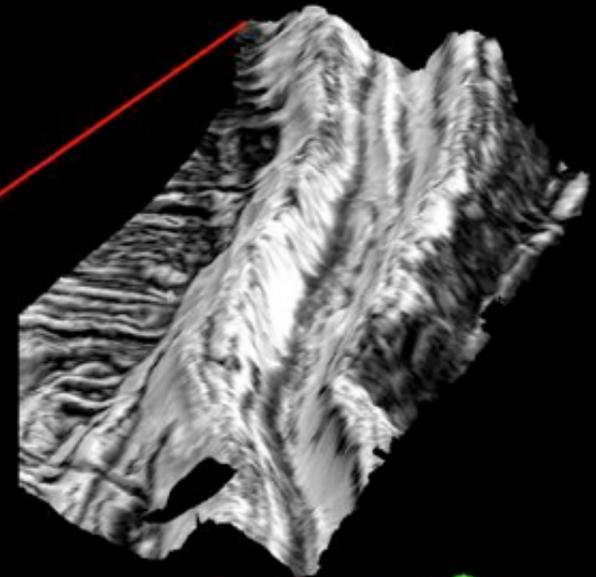
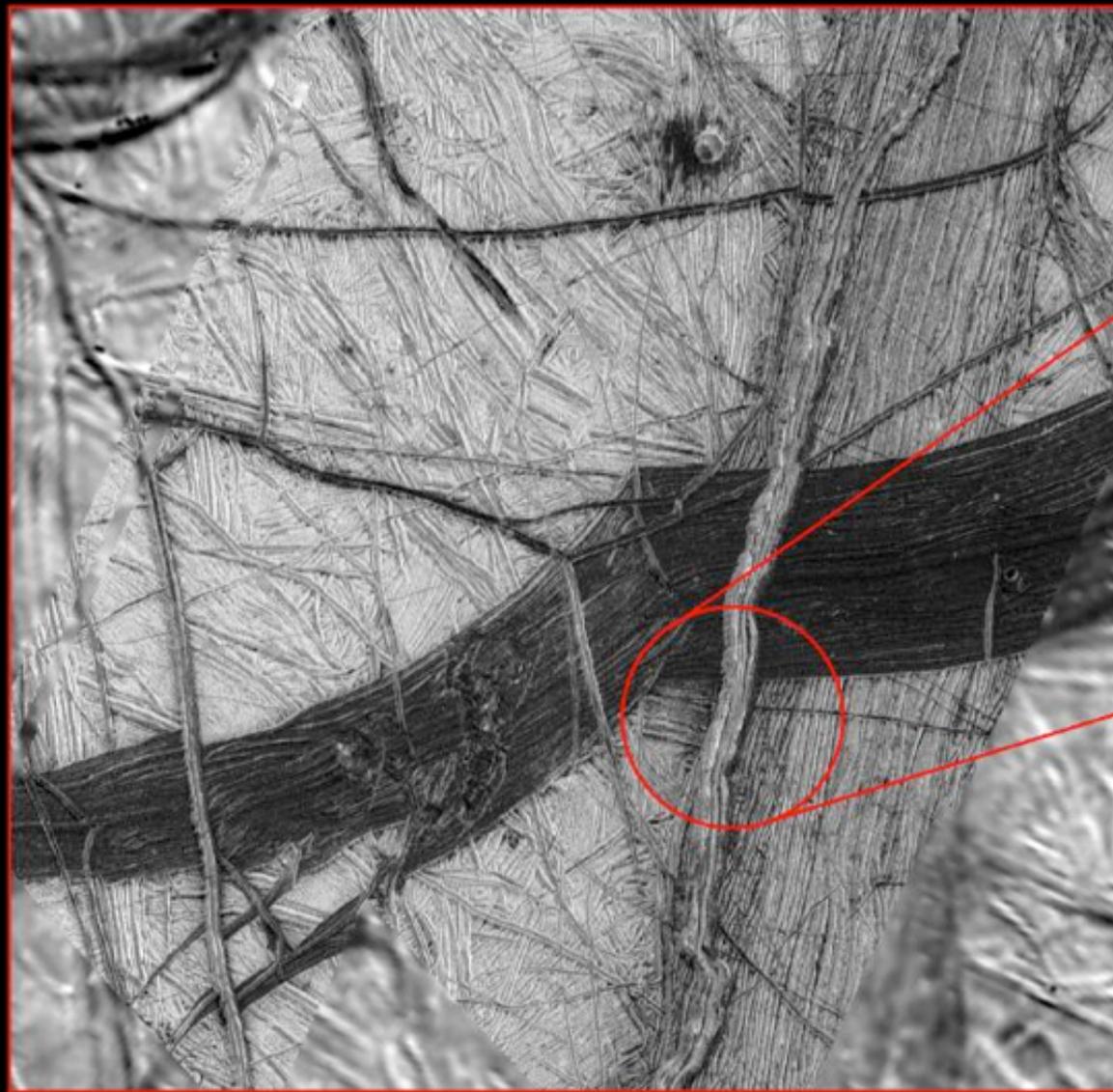
Thera & thrace



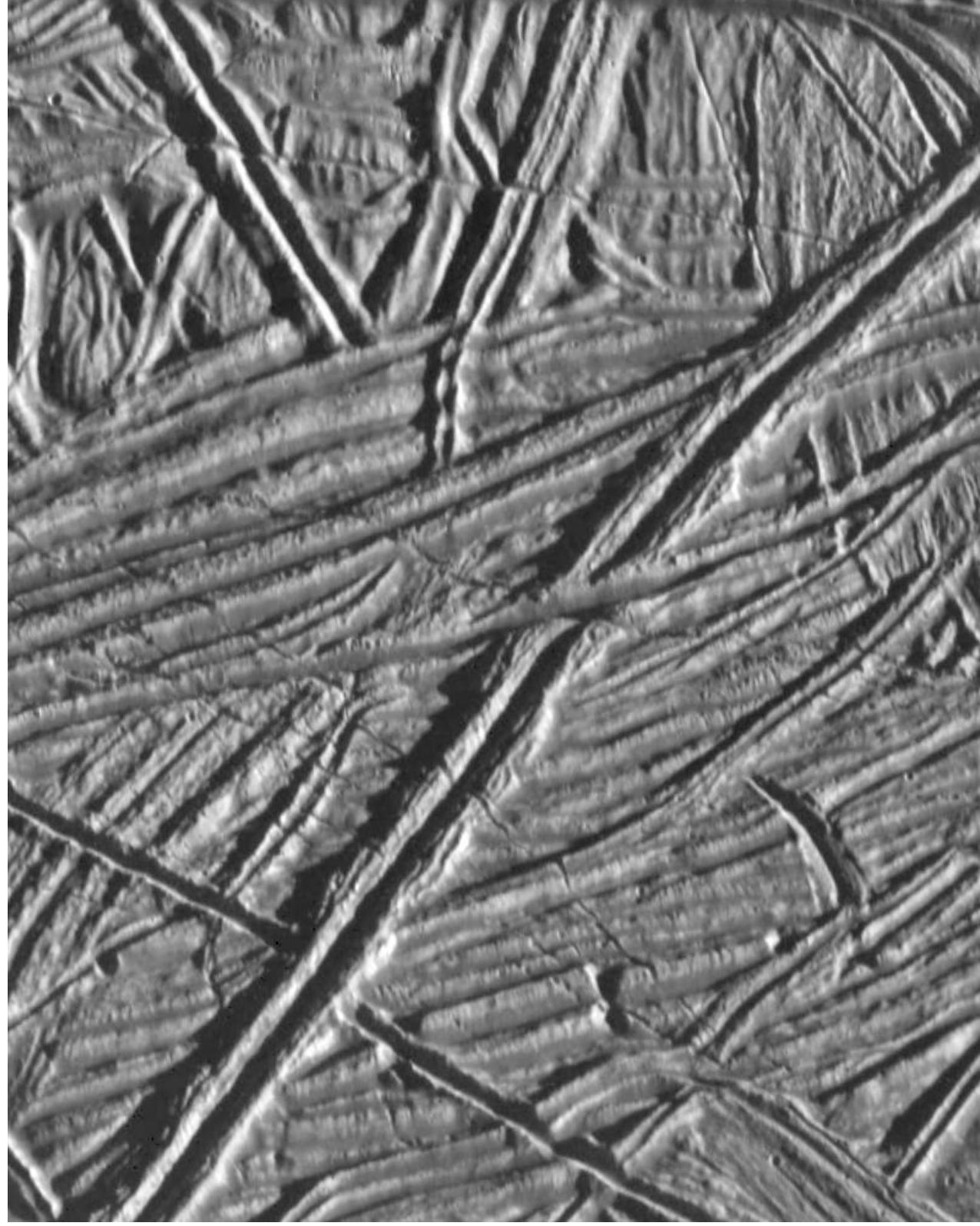


Les bandes striées

- Les stries résultent de la fracture d'une couche de glace comblée par des matériaux plus jeunes
- phénomène cumulatif.
- Très faible altitude: quelques centaines de m seulement.



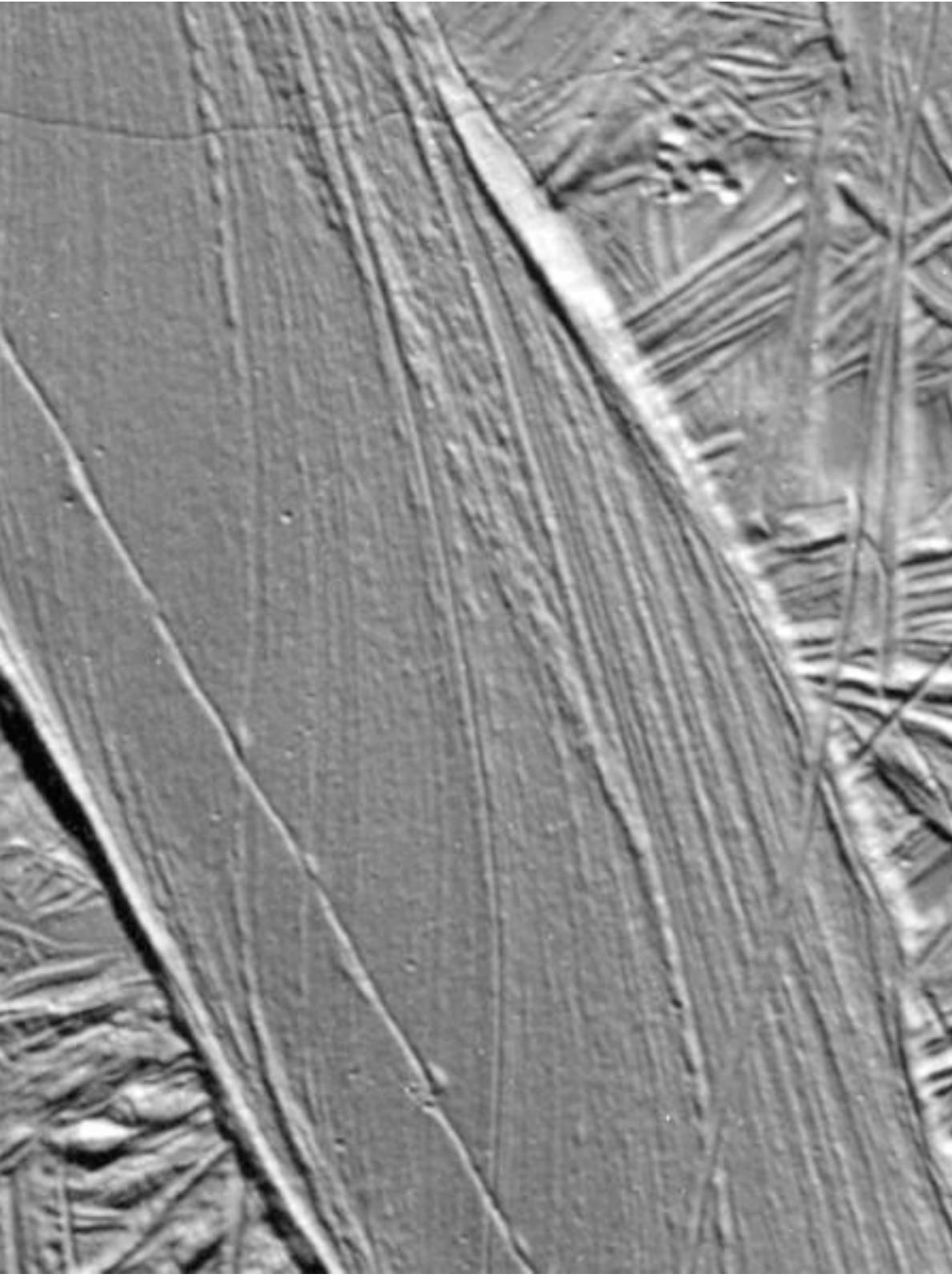
2 crêtes de 300 m espacées de 1,5 Km.



- Sillons découpées de failles
- mouvements de glissement
- sillons = compression
- failles = tension
- 15x12 km, 2/1997



- réseau de failles, cassures et bourrelets



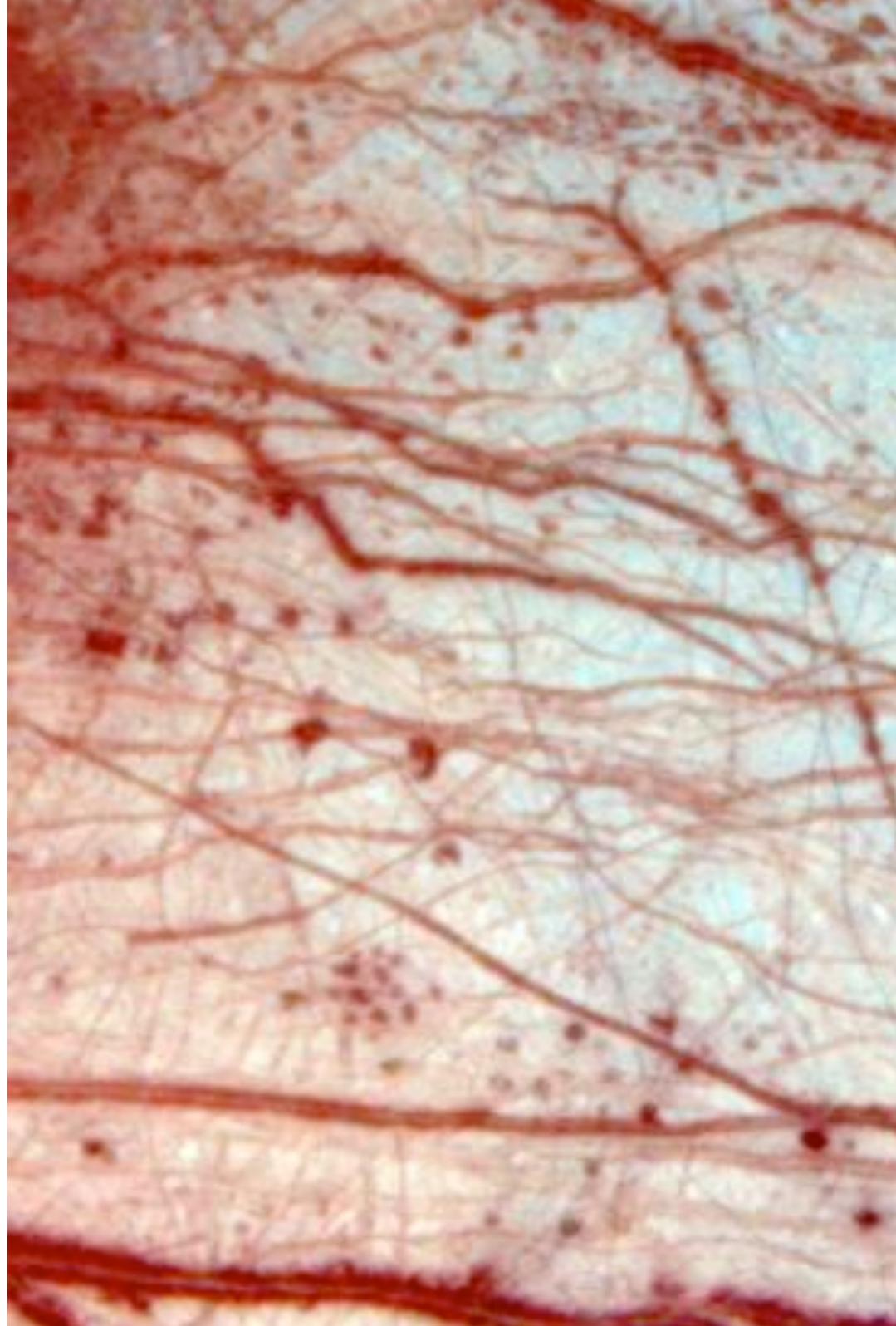
Bande générée par une faille. Mouvements horizontaux

Provoquent des cassures par lesquelles les matériaux profonds remontent (glace molle, eau, éléments minéraux et organiques...)

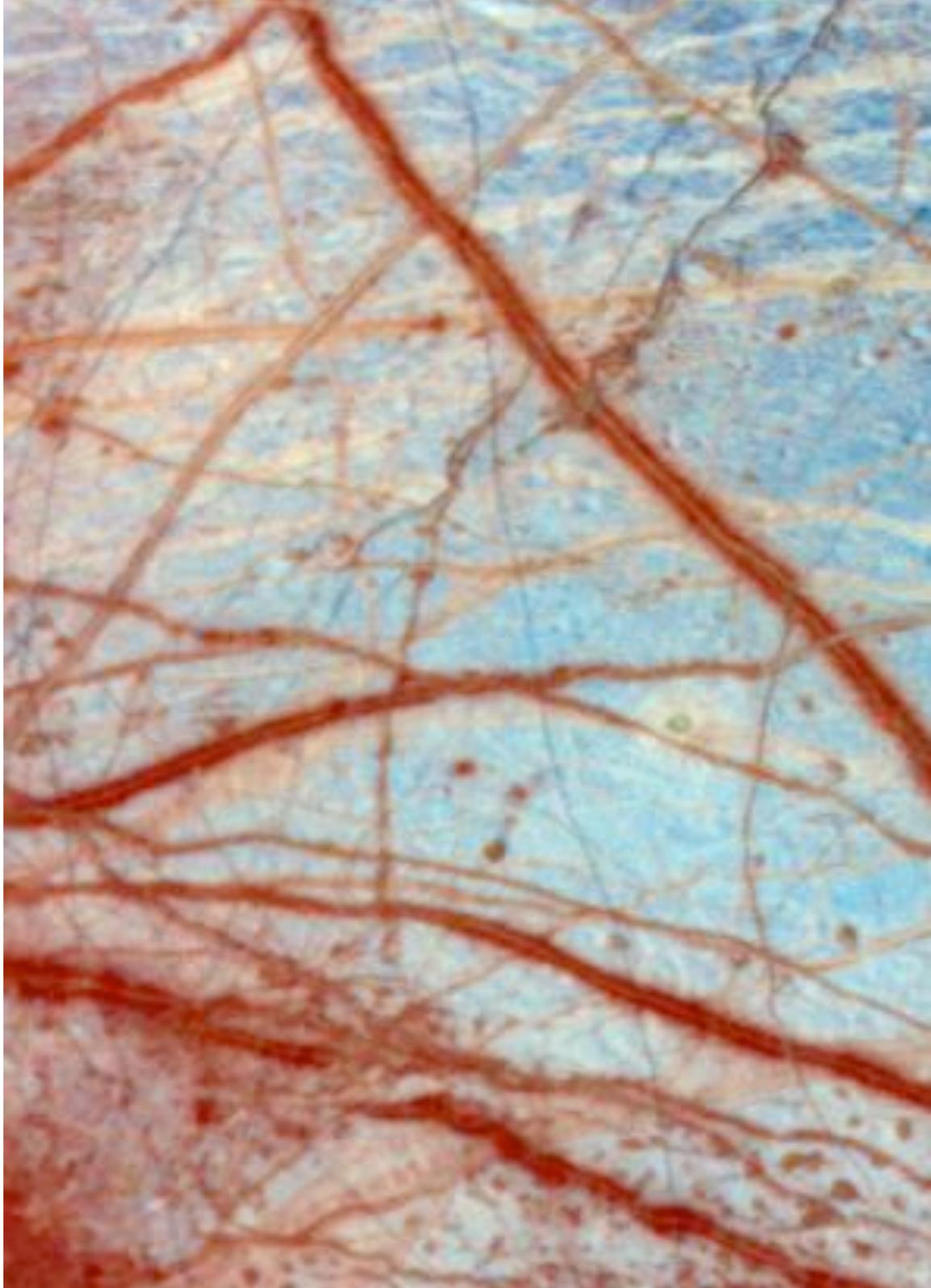
La bande se forme par couches successives, parallèlement à la faille centrale.

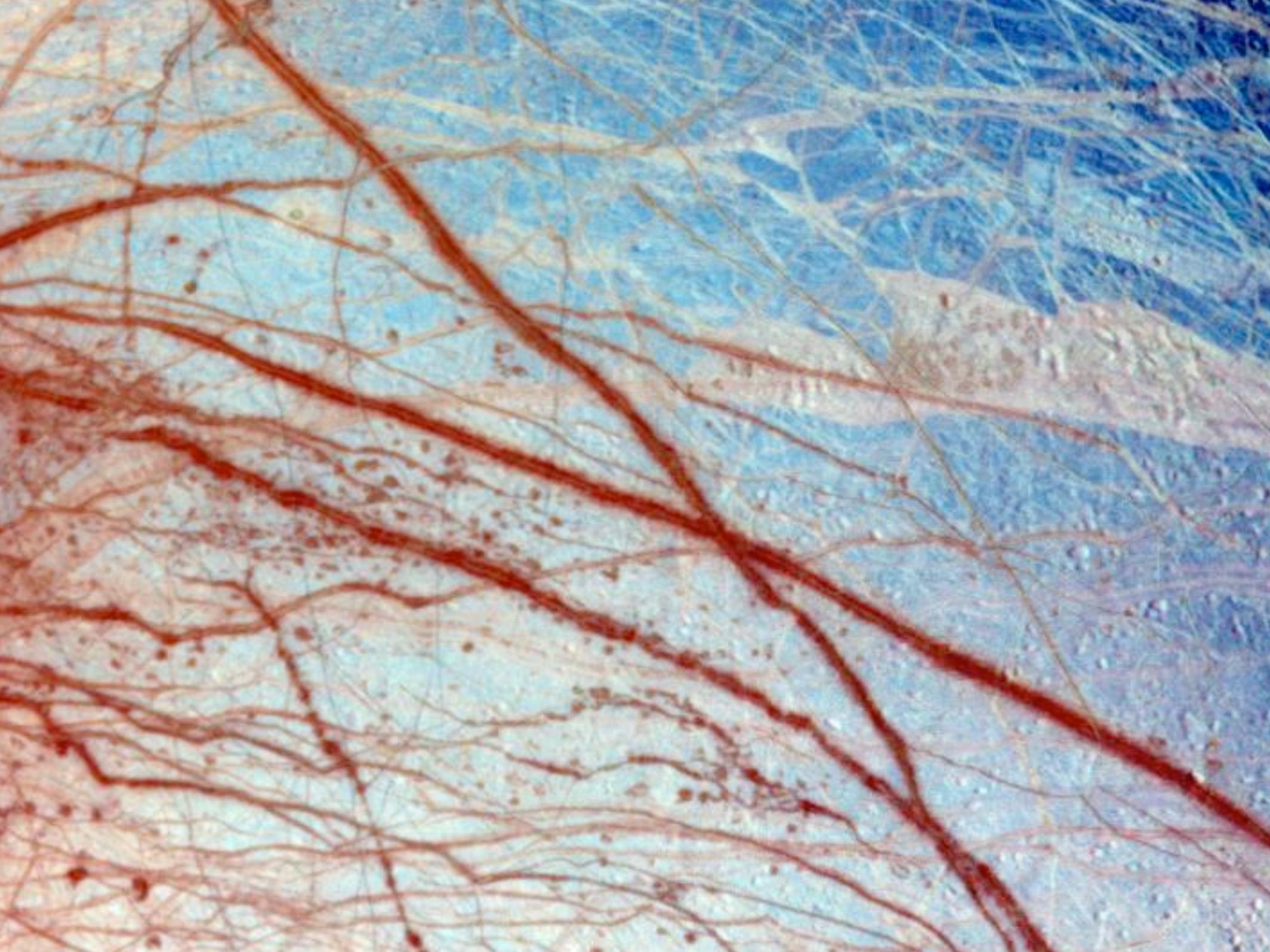
La cassure visible à l'ouest recoupe la faille, ce qui indique que cette dernière n'est plus

- Les stries orangées se révèlent composées de soufre, acide sulfurique et dioxyde de soufre.
- Surface de glace d'eau contenant des composés soufrés formés par la décomposition de l'acide sulfurique d'origine profonde par les particules issues de la magnétosphère de Jupiter.



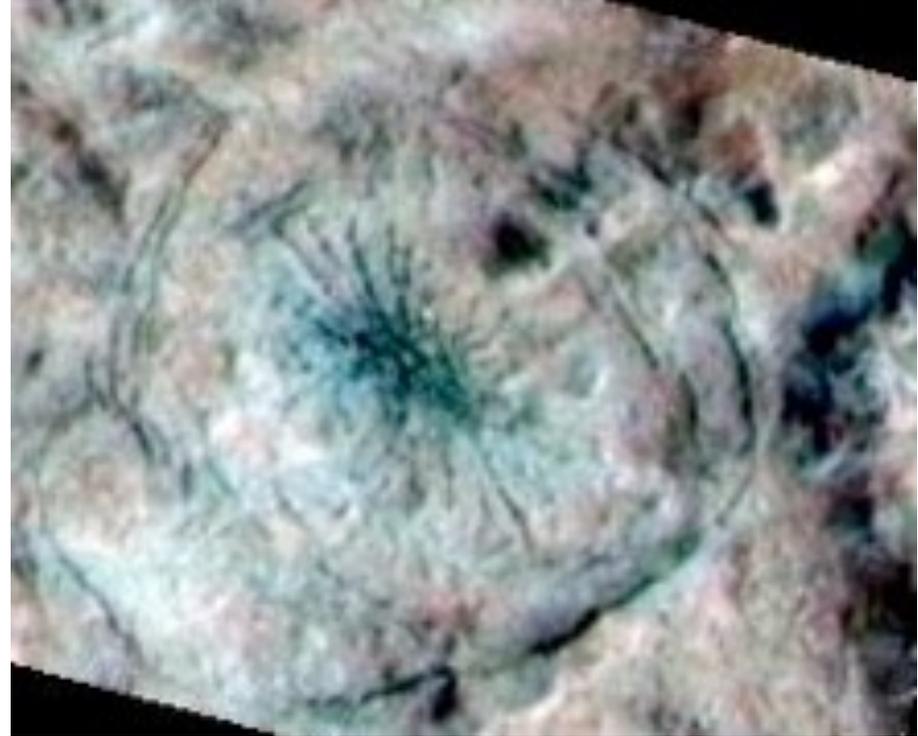
- Les composés oxydants formés à ce niveau (à l'origine des traces d'O₂ détectées à la surface) peuvent être entraînés dans les profondeurs du satellite.
- Leur présence peut diminuer de moitié l'épaisseur de la couche de glace solide.

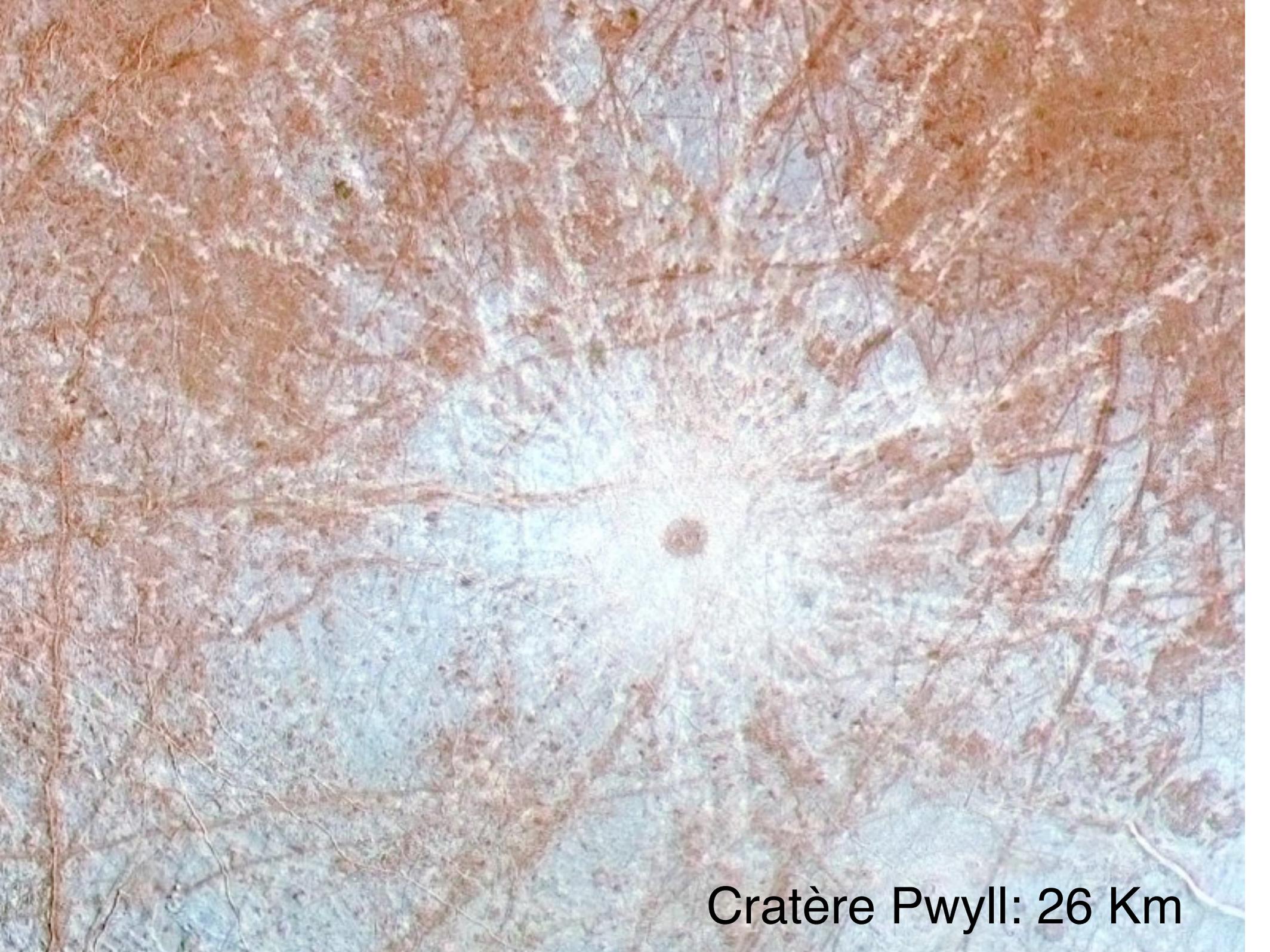




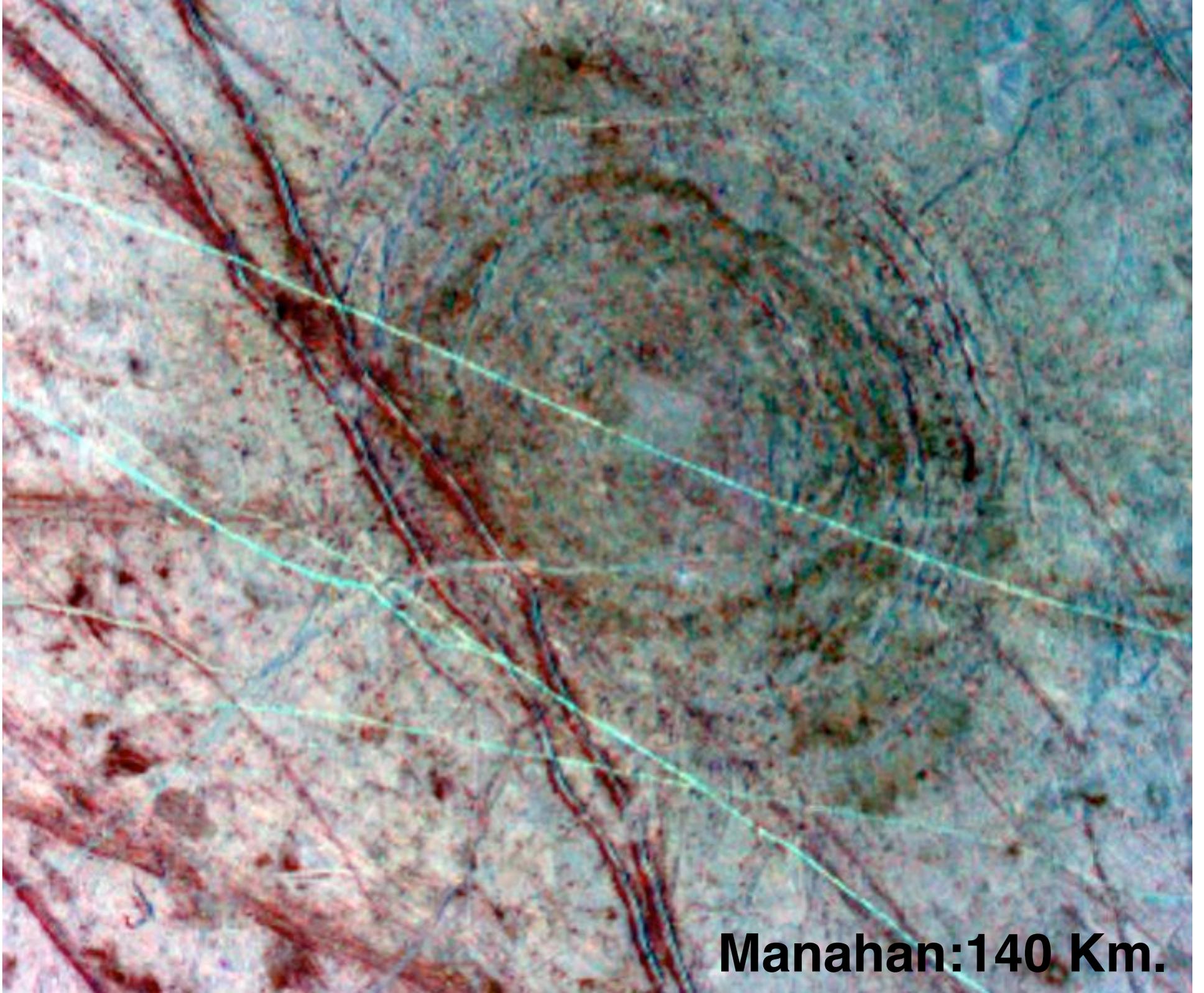
Les cratères d'impact

- Nombreux de petite taille, en forme de bol
- Grands cratères à fond bombé: remontée de matériaux profonds
- Exposent des contaminants bruns





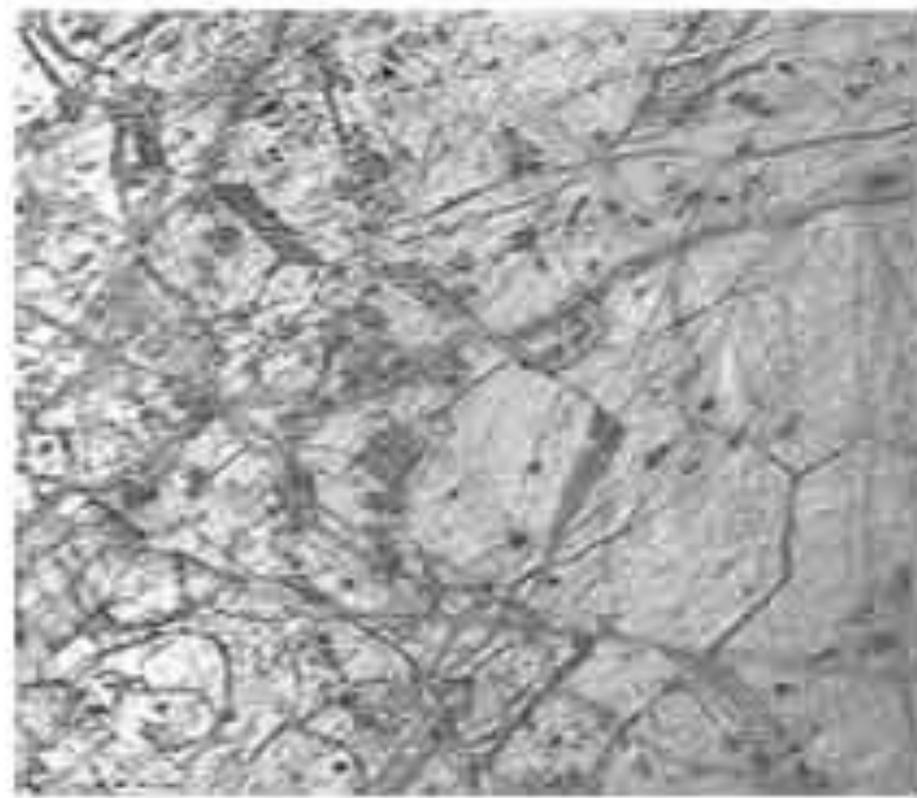
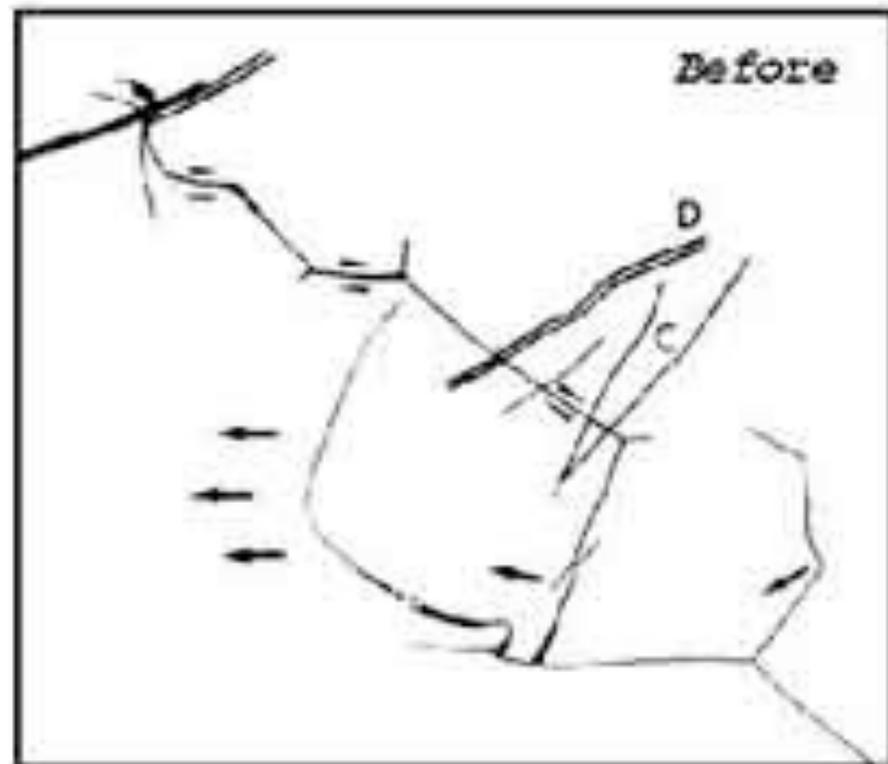
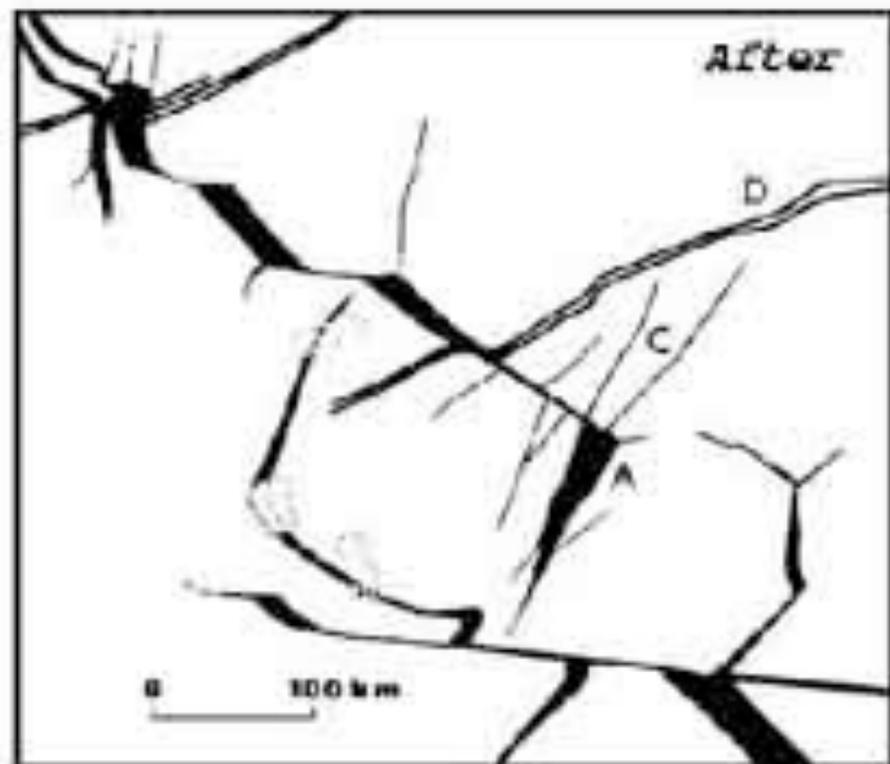
Cratère Pwyll: 26 Km

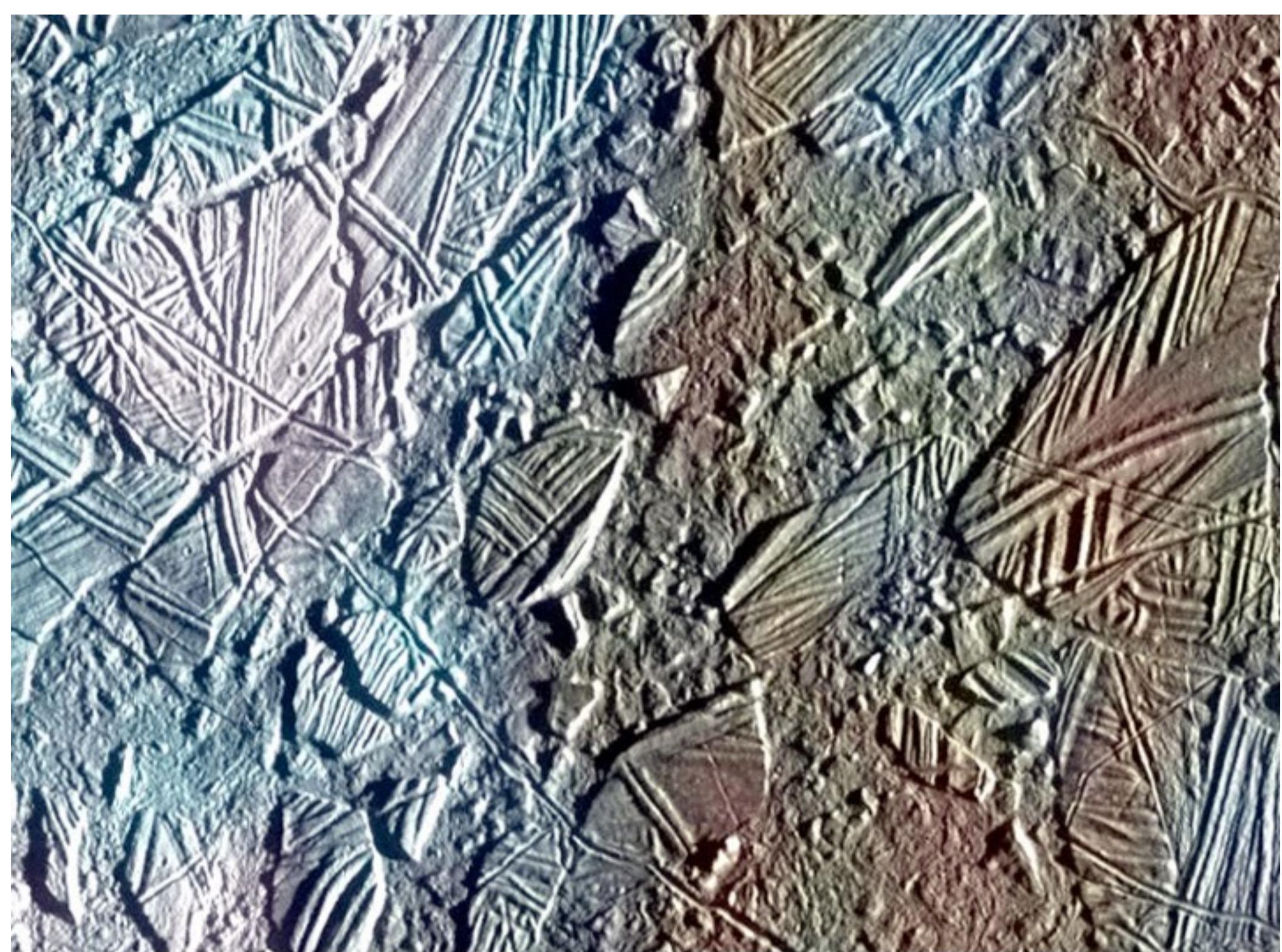


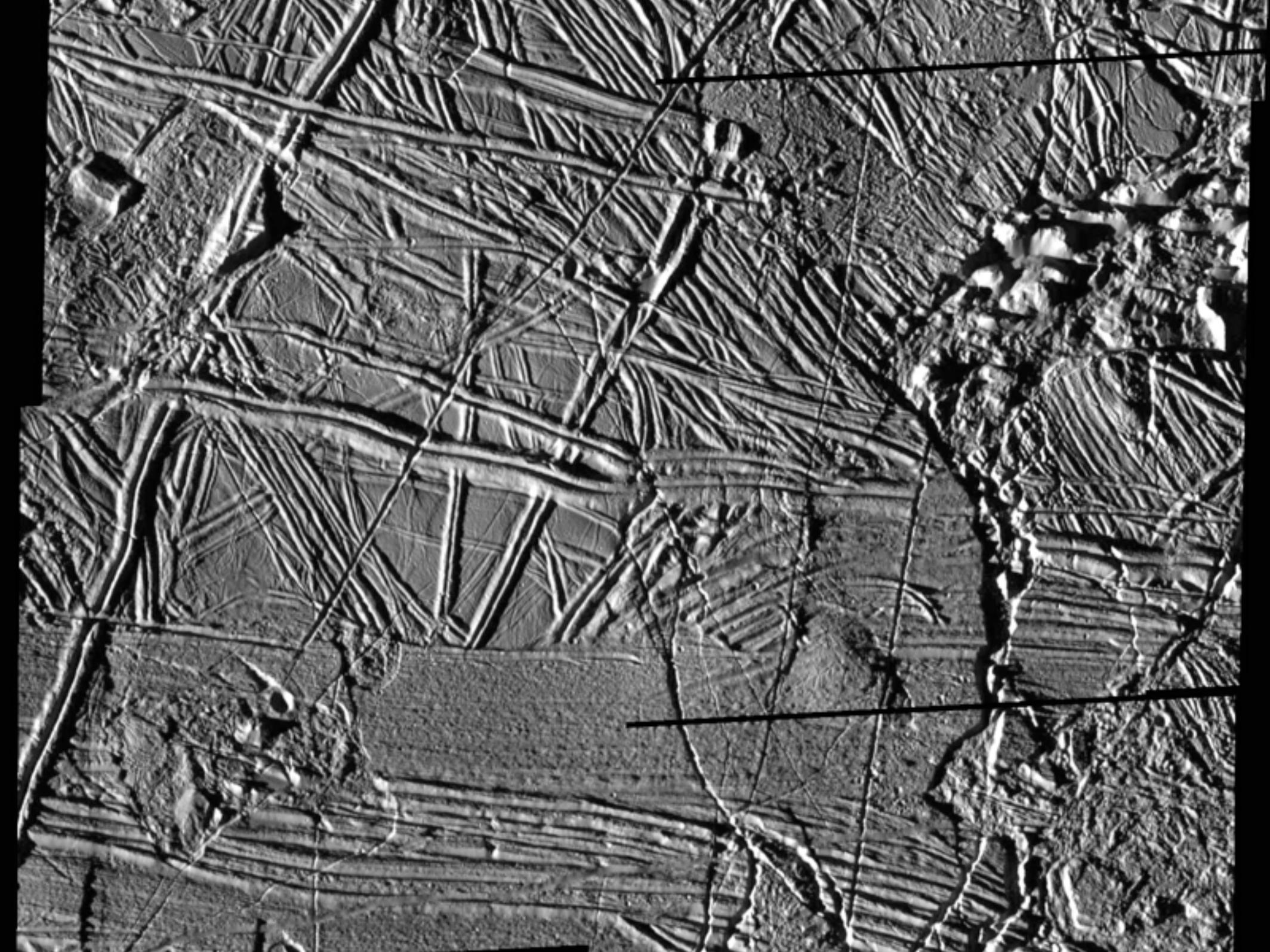
Manahan:140 Km.

Les Chaos

- régions de quelque centaines de Km²
- plaques (ressemblent à des iceberg tabulaires terrestres) basculées dans une gangue solidifiée.
- Les différents morceaux sont séparés par un matériau orangé.
- Résultent probablement d'une activité «volcanique» a base d'eau, des courants d'eau liquide remontant du manteau provoquant la fonte de régions entières, la surface se brisant en morceaux dérivant tant que le froid (-145°C) et le vide ne provoquent pas la solidification de l'ensemble de la région.





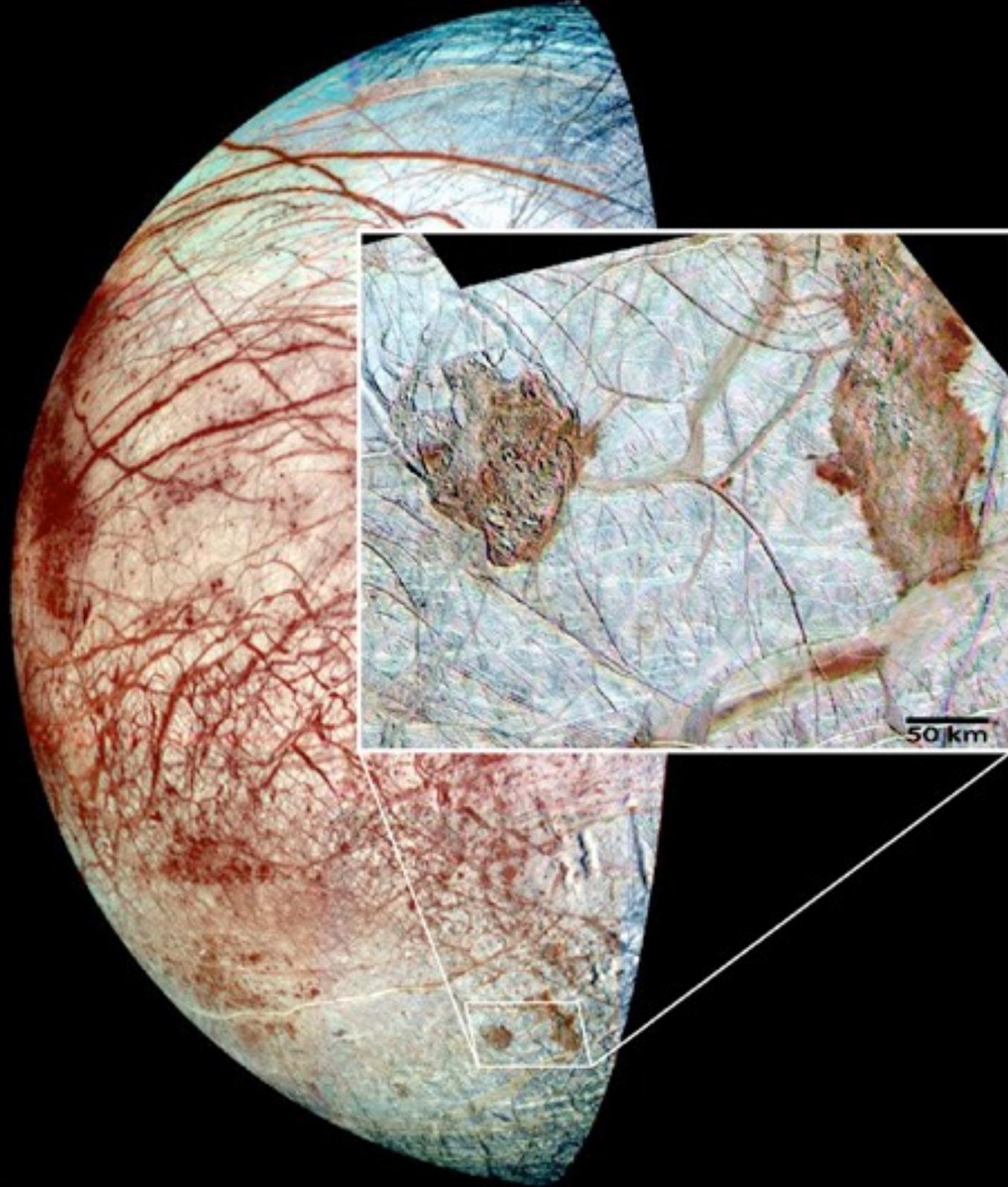




Dômes et reliefs

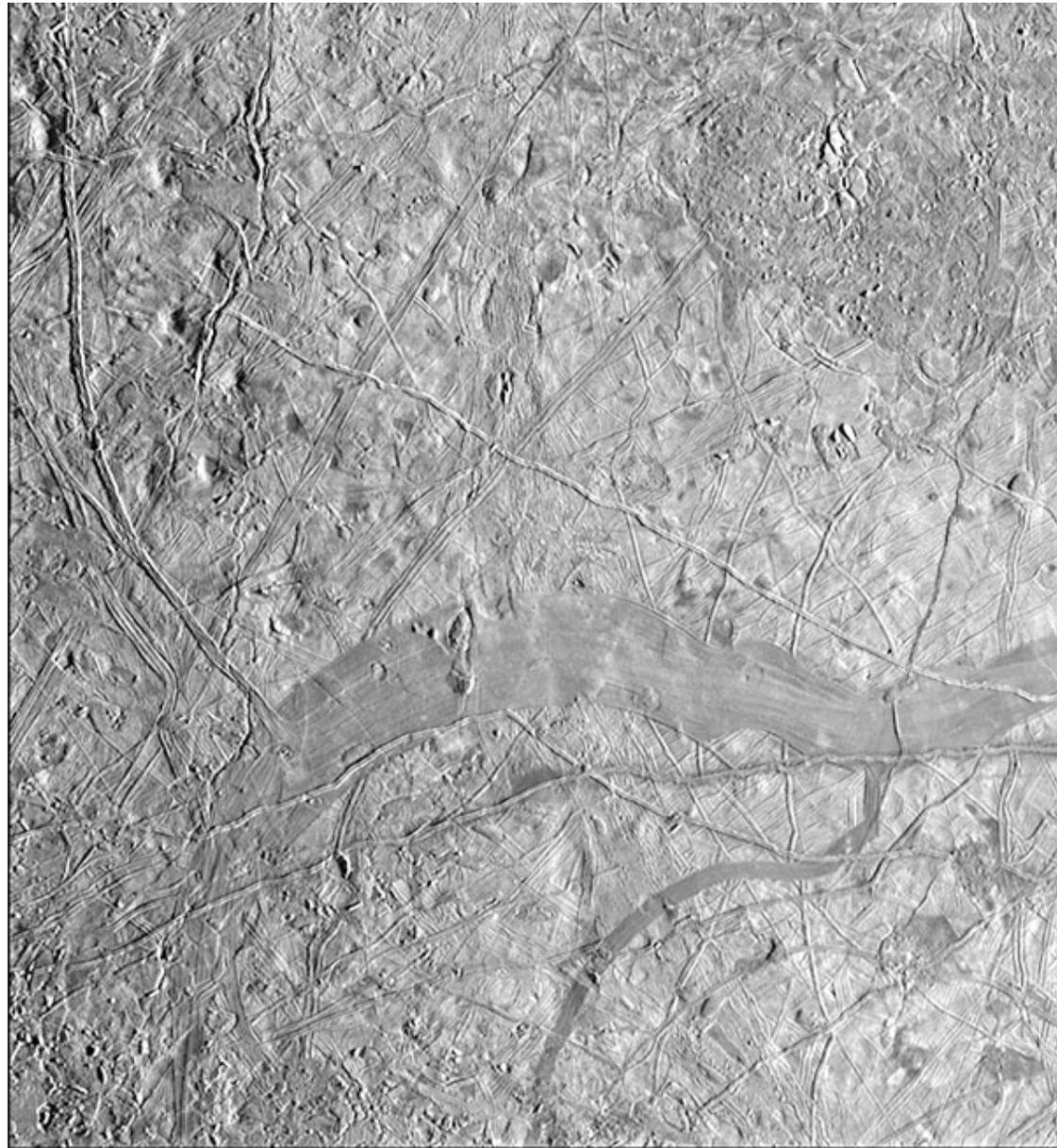
- Taches rouges qui peuvent indiquer une remontée de glace chaude des profondeurs.
- Traces d'éruptions ressemblant à des geysers
- Cela confirmerait l'existence de courants de convection permettant d'enfouir des matériaux de surface et de conduire vers la surface des matériaux d'origine profonde.





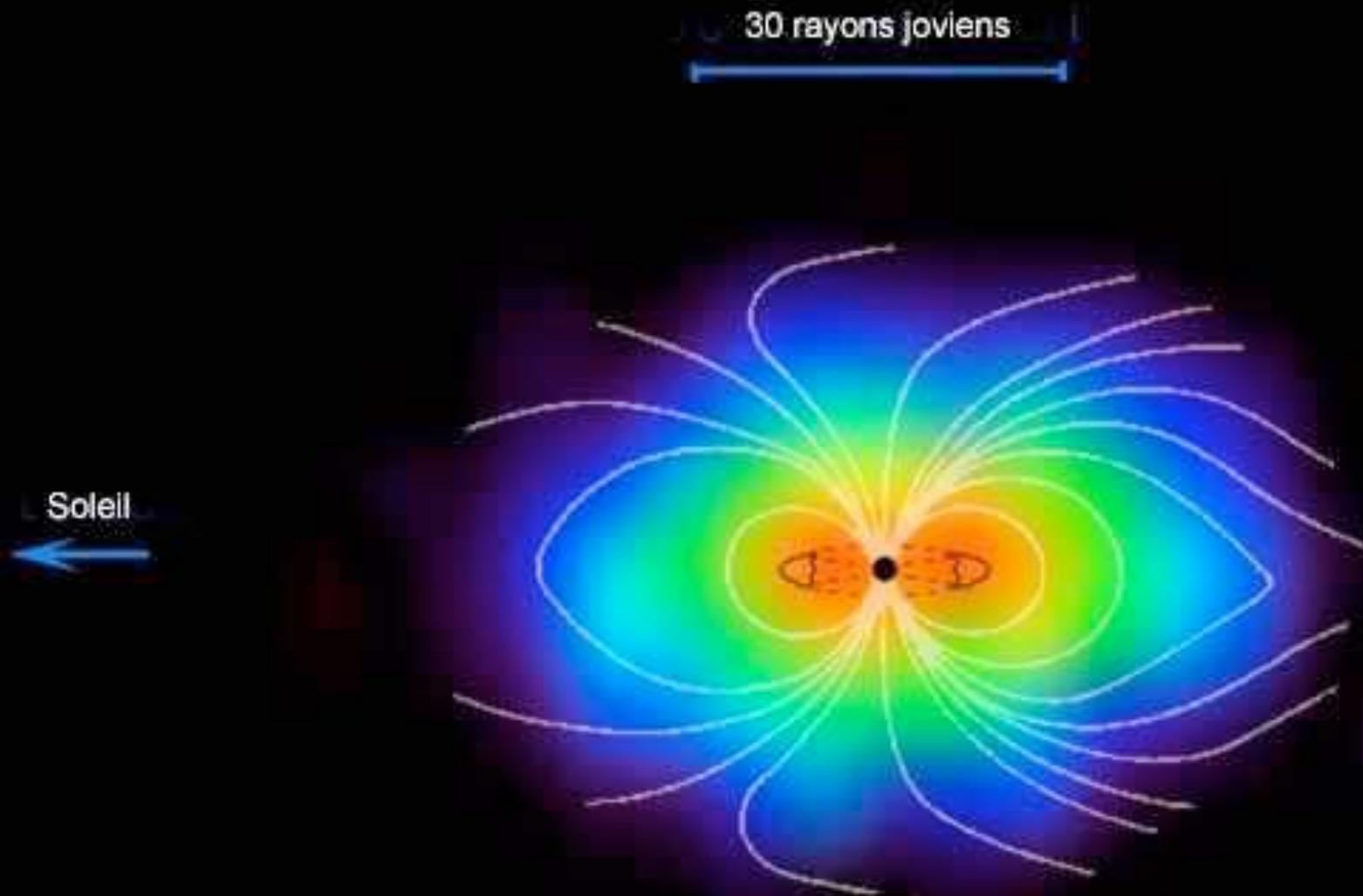


- Morceaux de croûte de 13 km, apparemment brisés puis dispersés.
- Ressemble à la rupture des banquises terrestres au printemps
- Ces mouvements ne sont possibles que si les plaques superficielles glissent sur de la glace plus “molle” ou un milieu liquide.

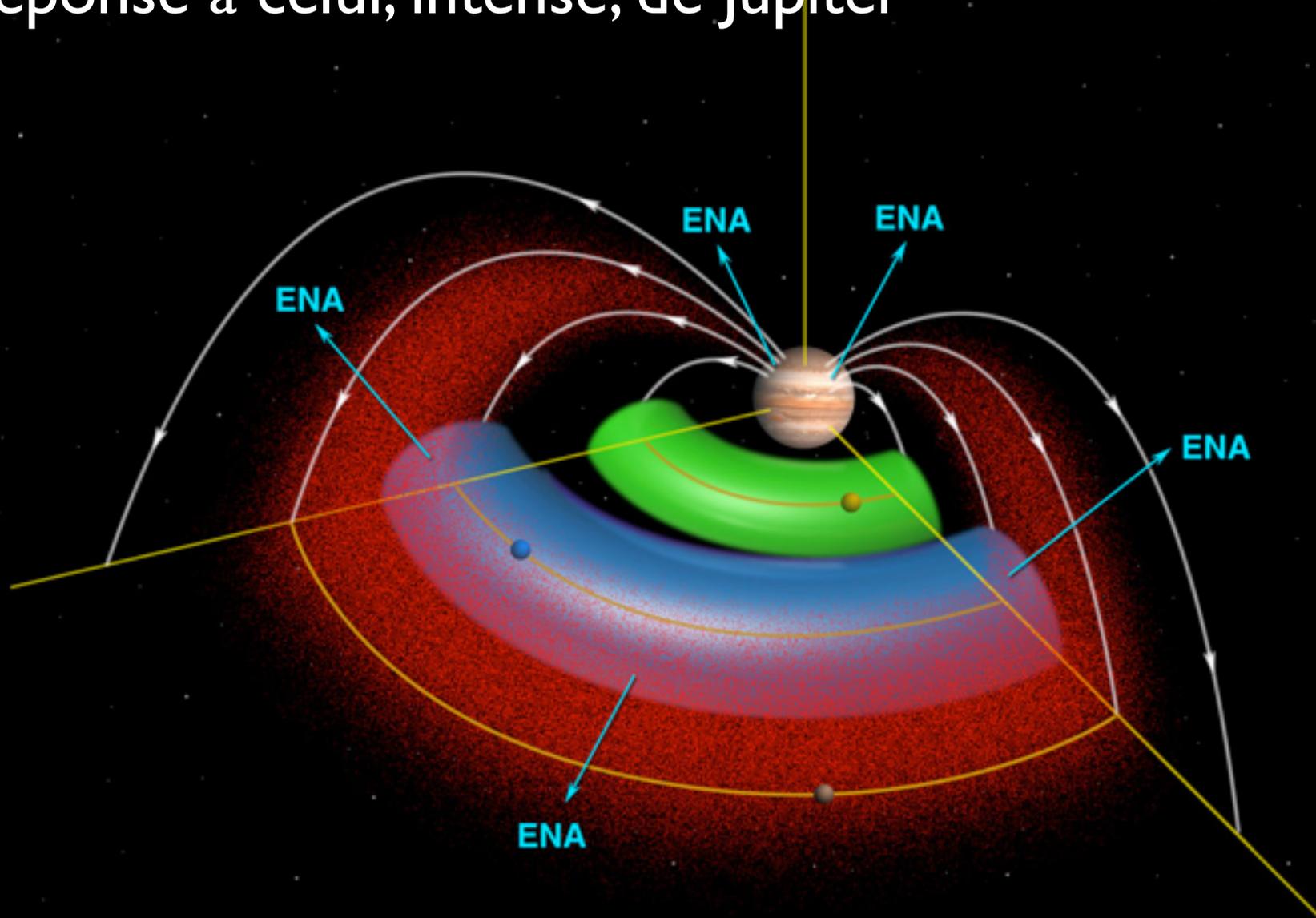




Champs magnétiques



- Europe génère son propre champ magnétique en réponse à celui, intense, de Jupiter



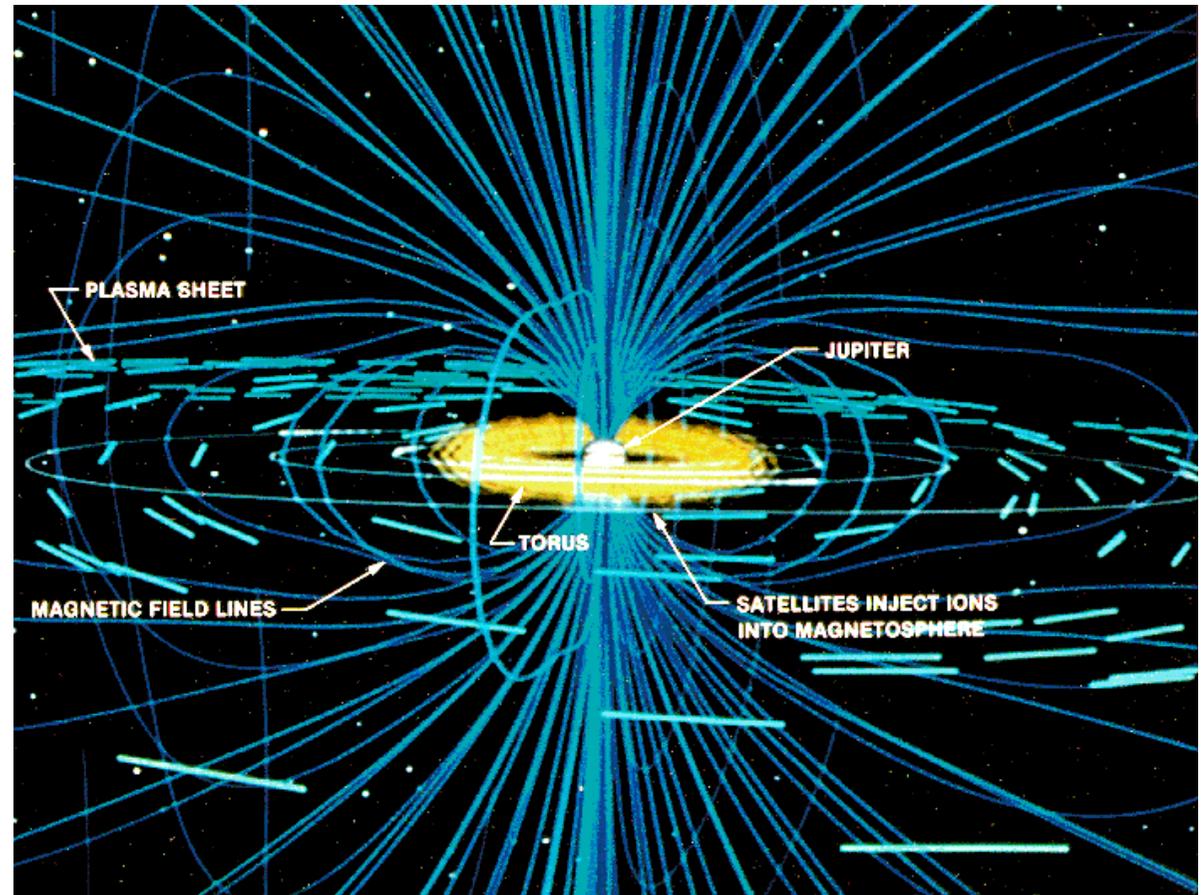
- Elle contient donc un milieu **conducteur** en rotation

Champs magnétiques

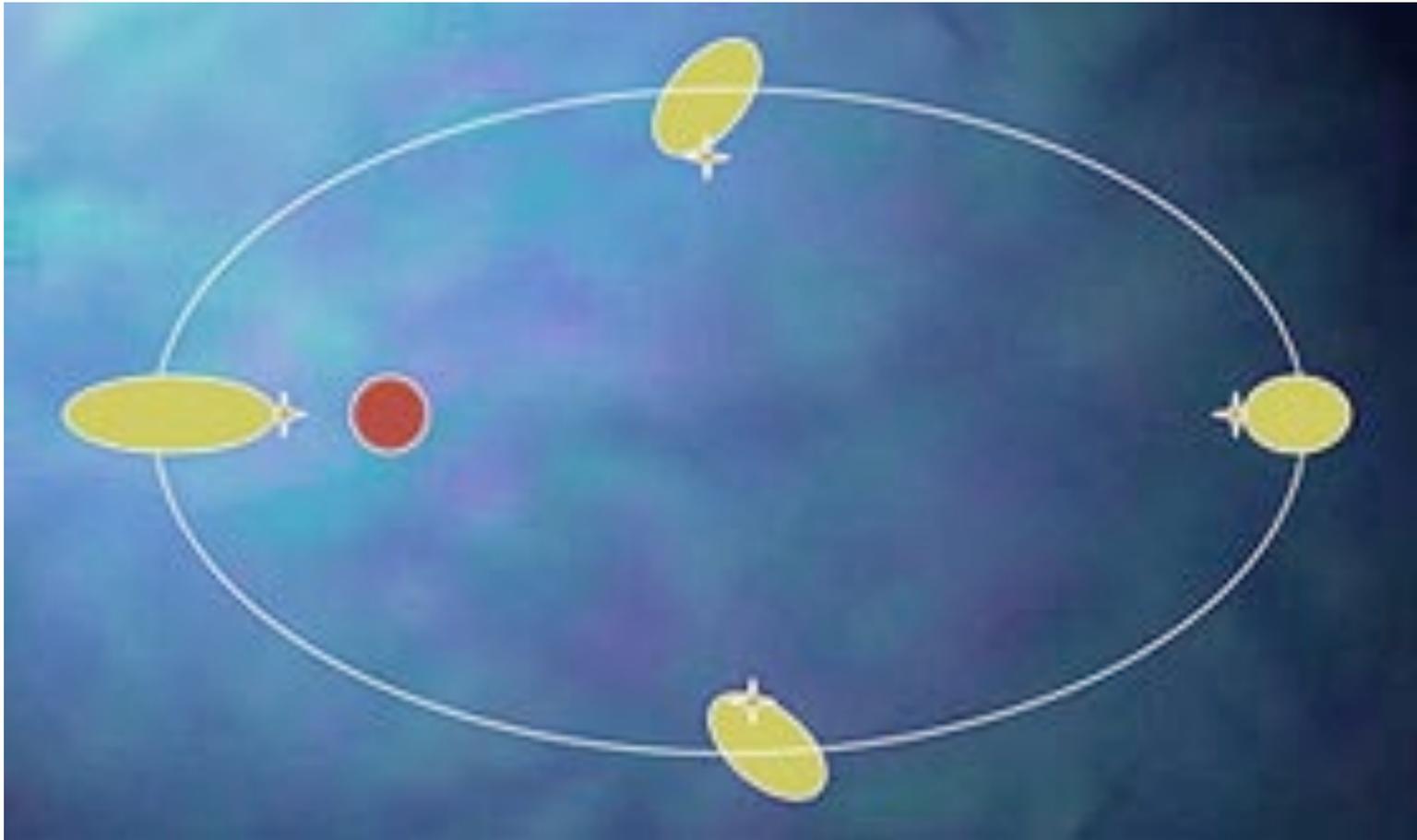
Un courant électrique est créé dans une boucle conductrice se déplaçant dans un champ magnétique : effet dynamo. Inversement, un courant dans une boucle conductrice produit un champ magnétique.

Un courant produit un champ, un champ produit un courant

- trop petite taille pour une origine rocheuse
- donc hypothèse d'un océan profond enrichi en éléments minéraux.
- Comment, si loin du soleil, peut être maintenu l'état liquide ?



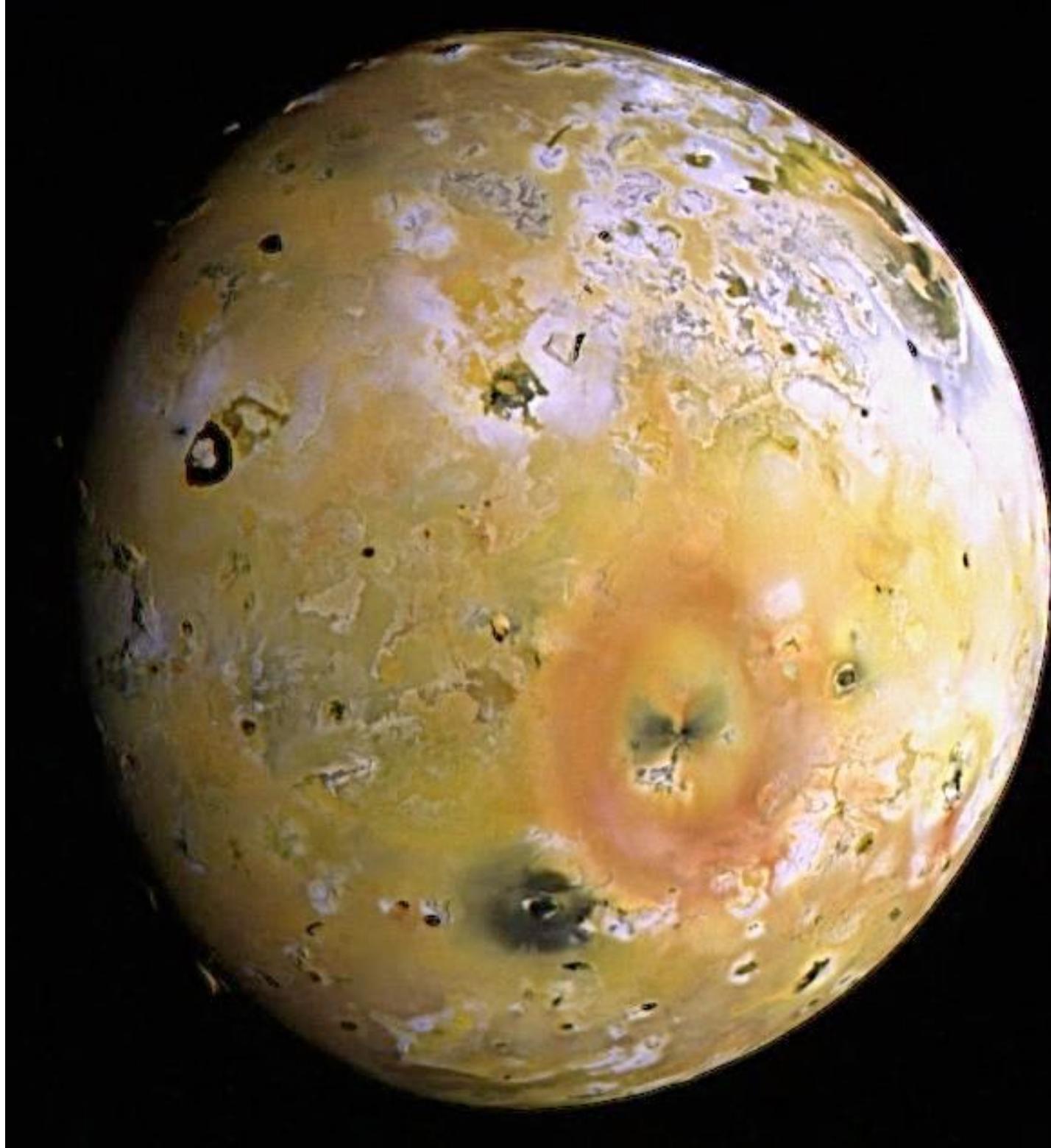
Volcanisme gravitationnel

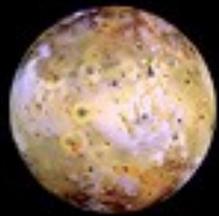


- les forces de marée déforment le satellite
- la friction entre ses différentes couches internes génère de la chaleur

- Cette chaleur est évacuée sous forme d'un volcanisme dépendant de la composition du satellite.

- exemple extrême: Io

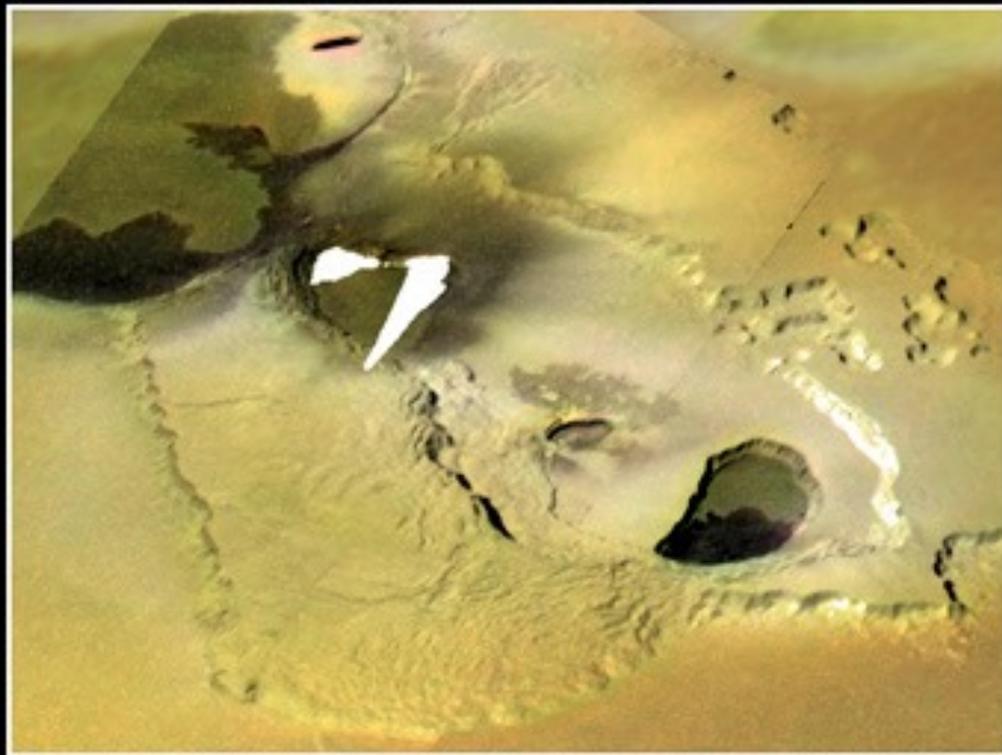




Io — Tvashtar Catena

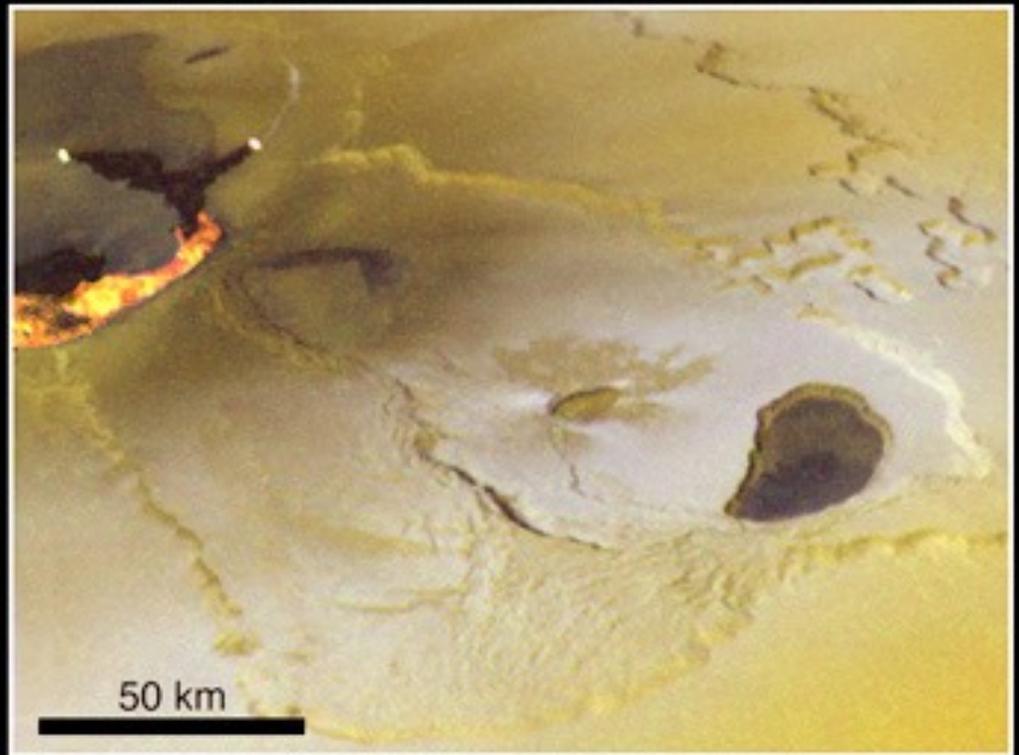
I25 (26 Nov 1999)

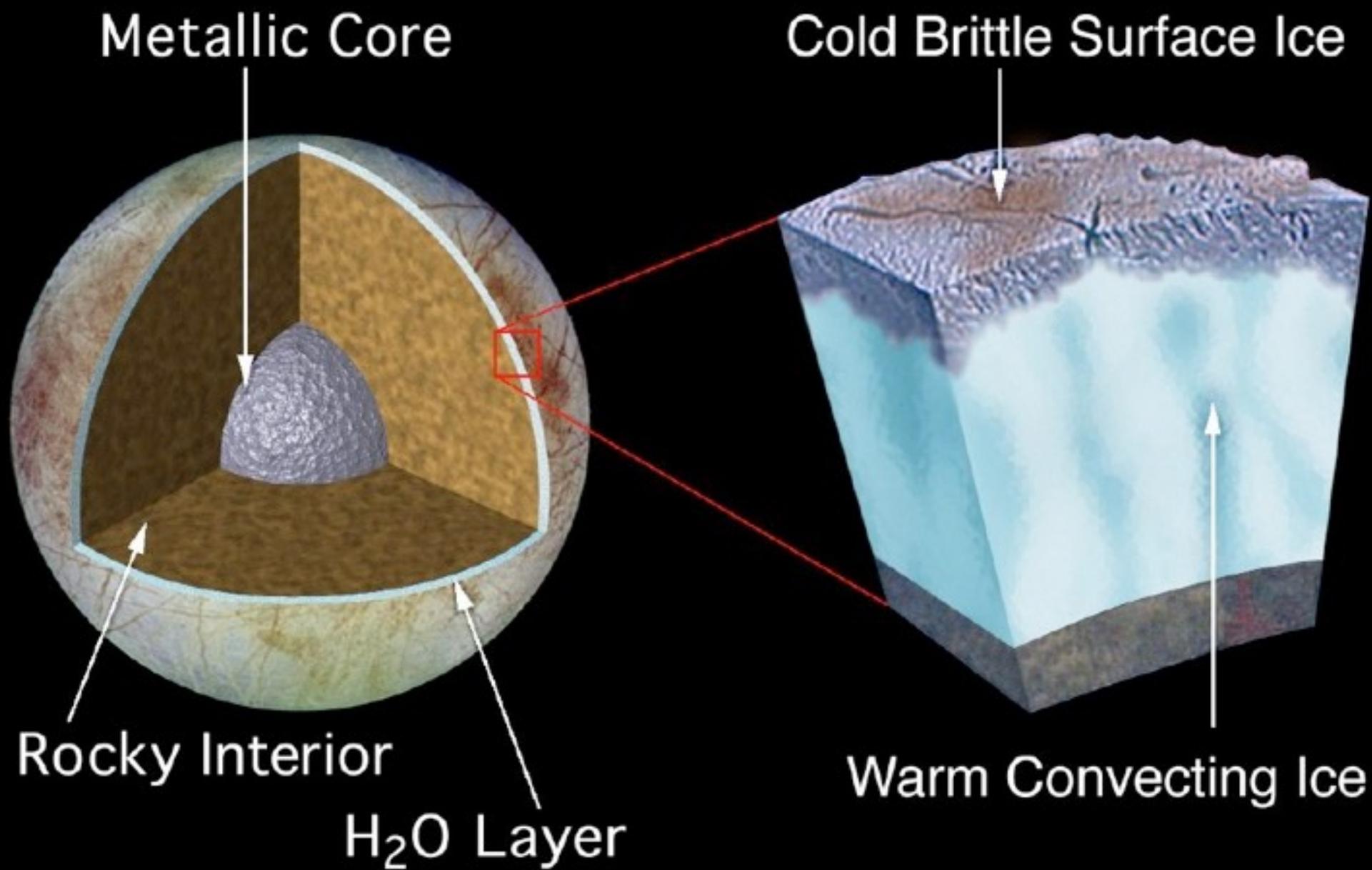
+ C21 low-resolution color

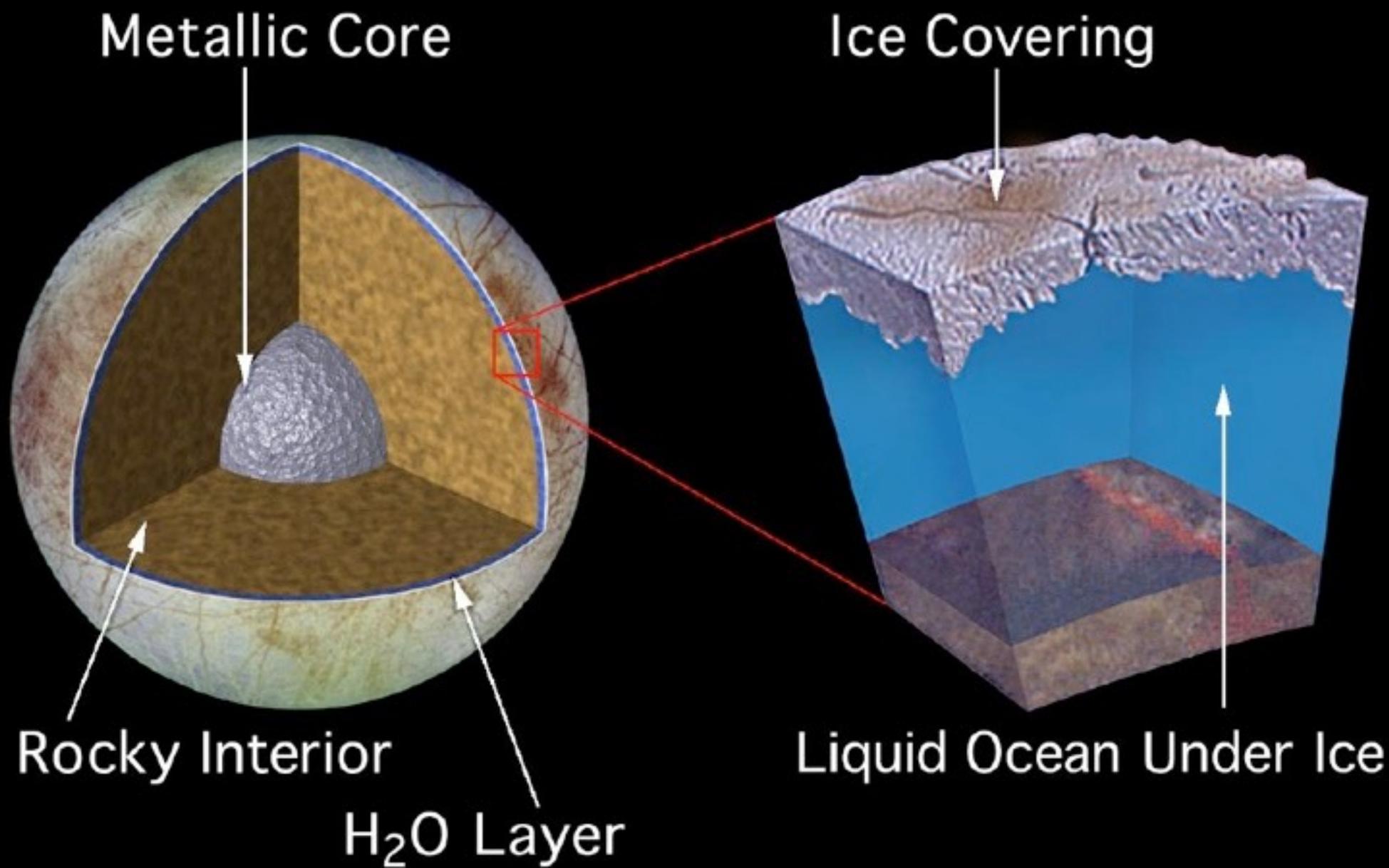


I27 (22 Feb 2000)

visible wavelength data
+ IR data of active lava flow

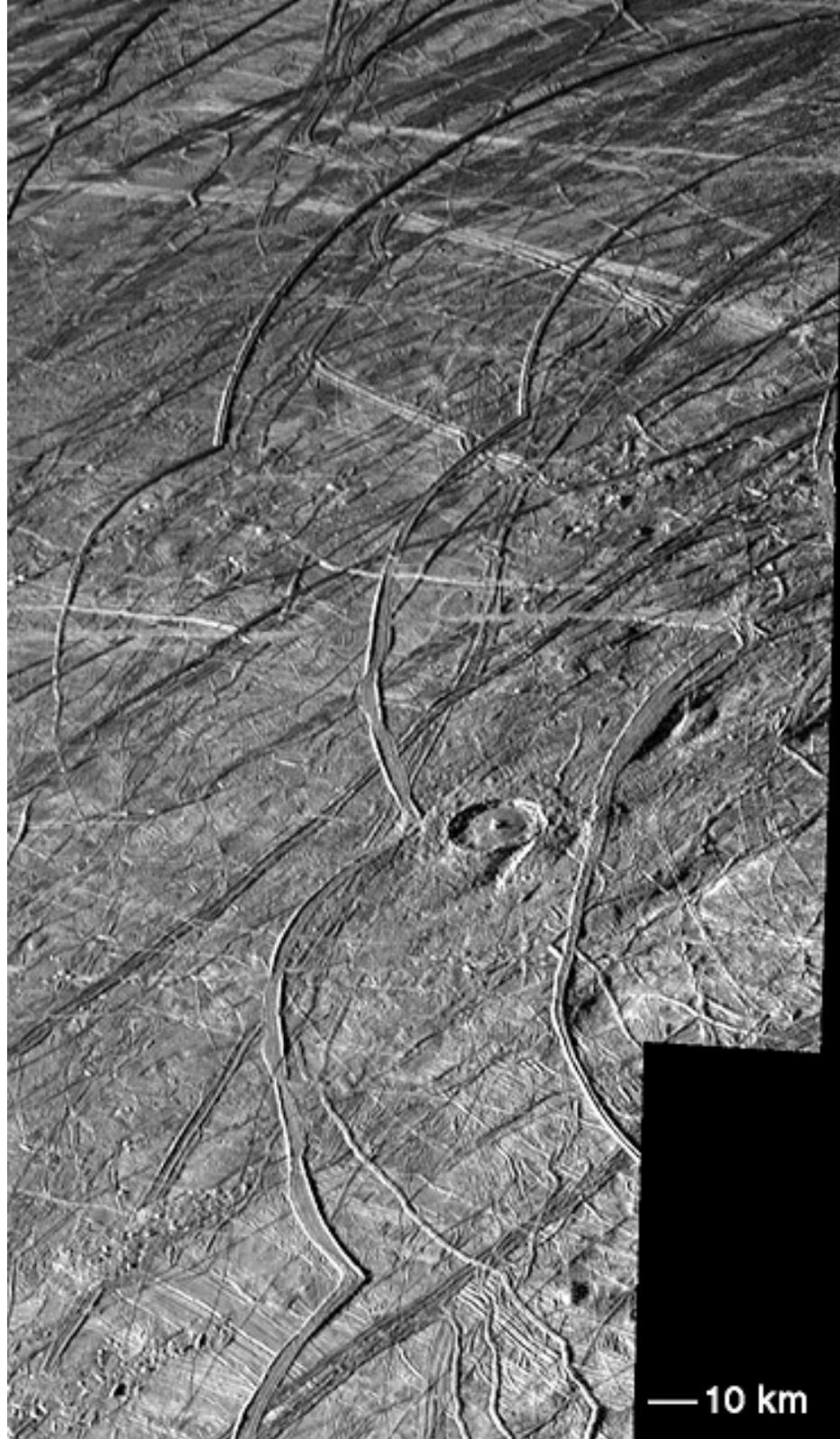




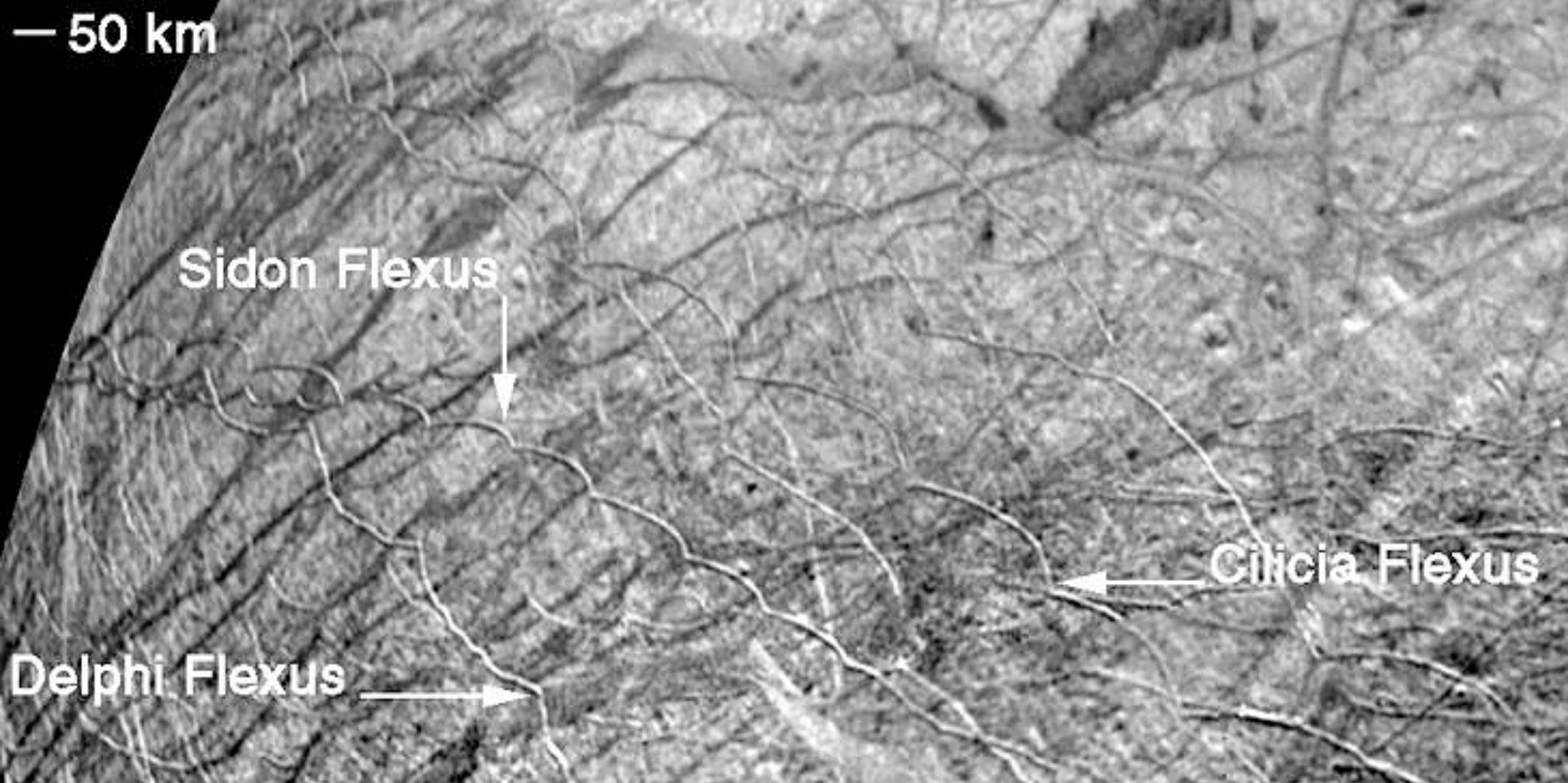


Les fractures cycloïdes

- Ces fractures se forment dans la croûte (ici près du pôle S) à cause de la succession des marées (± 500 m) subies par un océan profond
- A cause d'Io et Ganymède, L'orbite d'Europe est légèrement excentrique.
- La croûte glacée d'Europe se tord selon la proximité de Jupiter

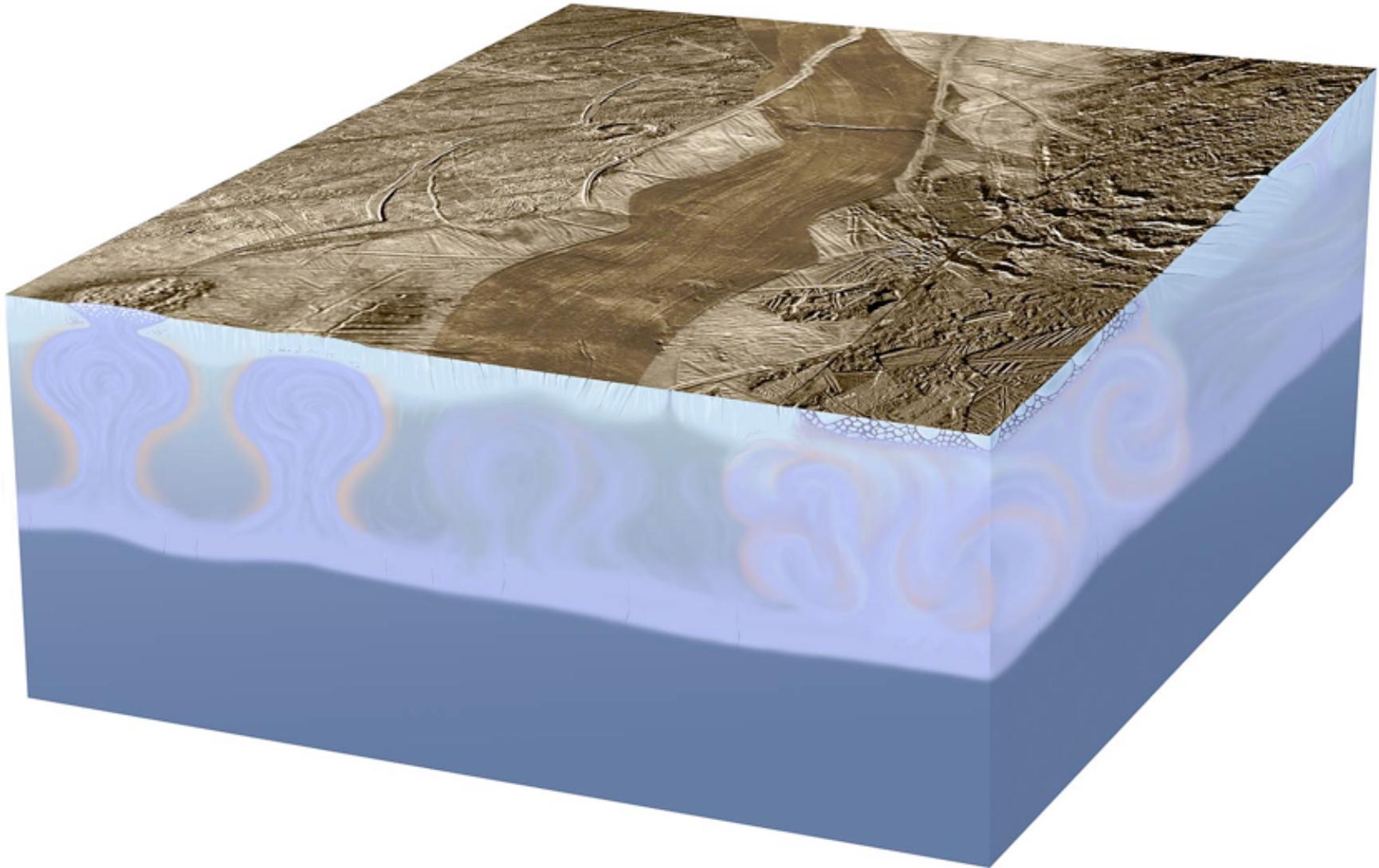


— 50 km



- Des fissures se forment lorsque les forces de marée dépassent la résistance de la glace et se propagent selon une courbe.
- La rotation d'Europe modifie les forces exercées sur la glace, et une nouvelle fracture curviligne se crée.

- Chaque segment se forme en 3,5 jours, ce qui correspond à une orbite d'Europe.
- Cette rotation différentielle de la surface implique un intérieur très fluide, donc **probablement liquide**.



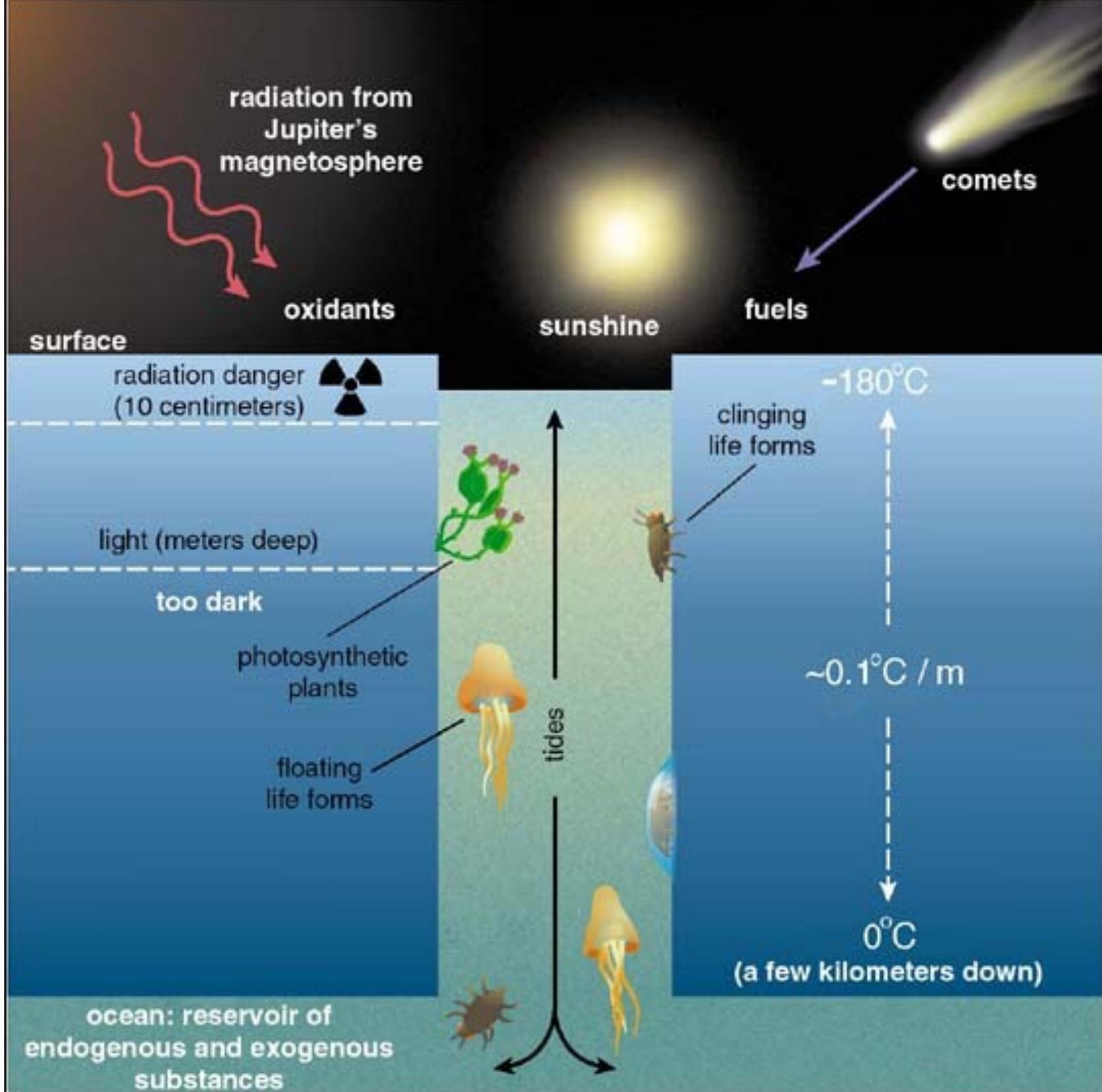
Océan ou glace ?

- Champ magnétique local
- Chaos montrant les traces de mouvements horizontaux
- dômes et taches signalant des mouvements verticaux
- fractures cycloïdes
- **Tout indique un océan liquide sous quelques Km de glace.**



Une vie possible ?

- L'océan est en contact direct avec les roches, sources de nutriments et de sels minéraux
- Des matériaux circulent entre la surface et les profondeurs. Cette circulation a laissé des traces "récentes", et pourrait se poursuivre actuellement.
- Les molécules organiques (formaldéhyde cométaire) et autres (O_2 , sulfures, H_2O_2 ...) d'origine externe peuvent donc migrer vers l'intérieur d'Europe, les sels et autres composés organiques remonter en surface, alimentant une biosphère superficielle.
- très peu probable, mais bon pour les budgets !

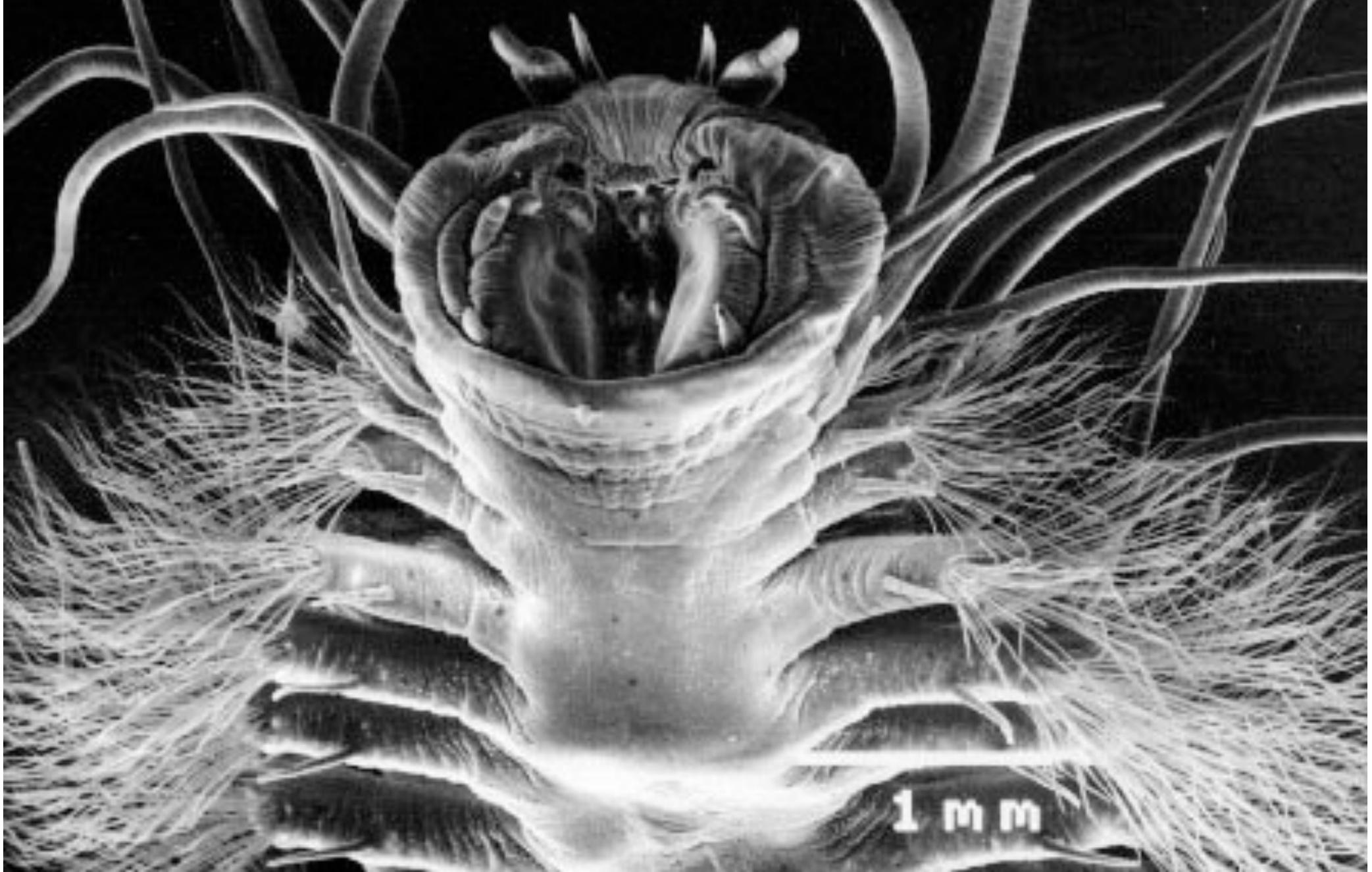


Une autre vie est possible



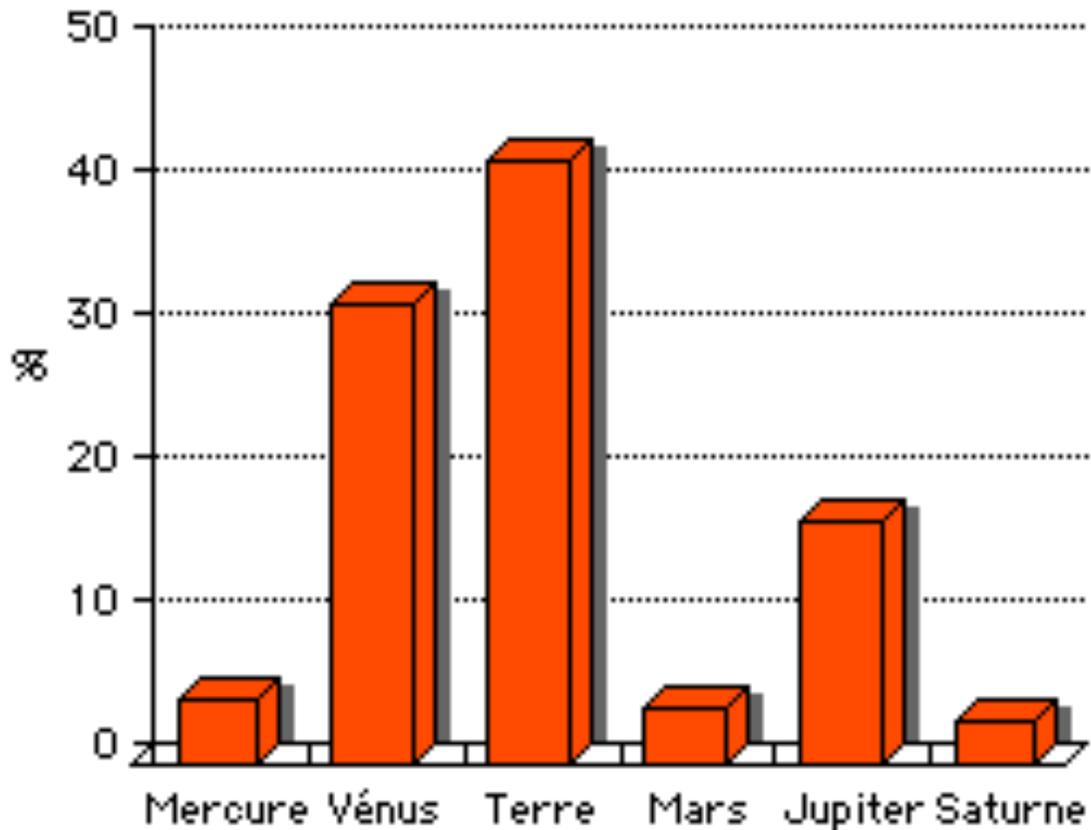
- Les cheminées hydrothermales terrestres produisent de nombreuses molécules organiques et abritent des formes de vies indépendantes de l'énergie solaire.

Ver des glaces de méthane



1 mm

- Contamination Terrestre : possible, peu probable ?
- Jupiter reçoit 4 millions de t de matériaux Terrestre/MA (voyage 100 MA - Mileikowsky et al., 2000; Horneck et al., 2002).



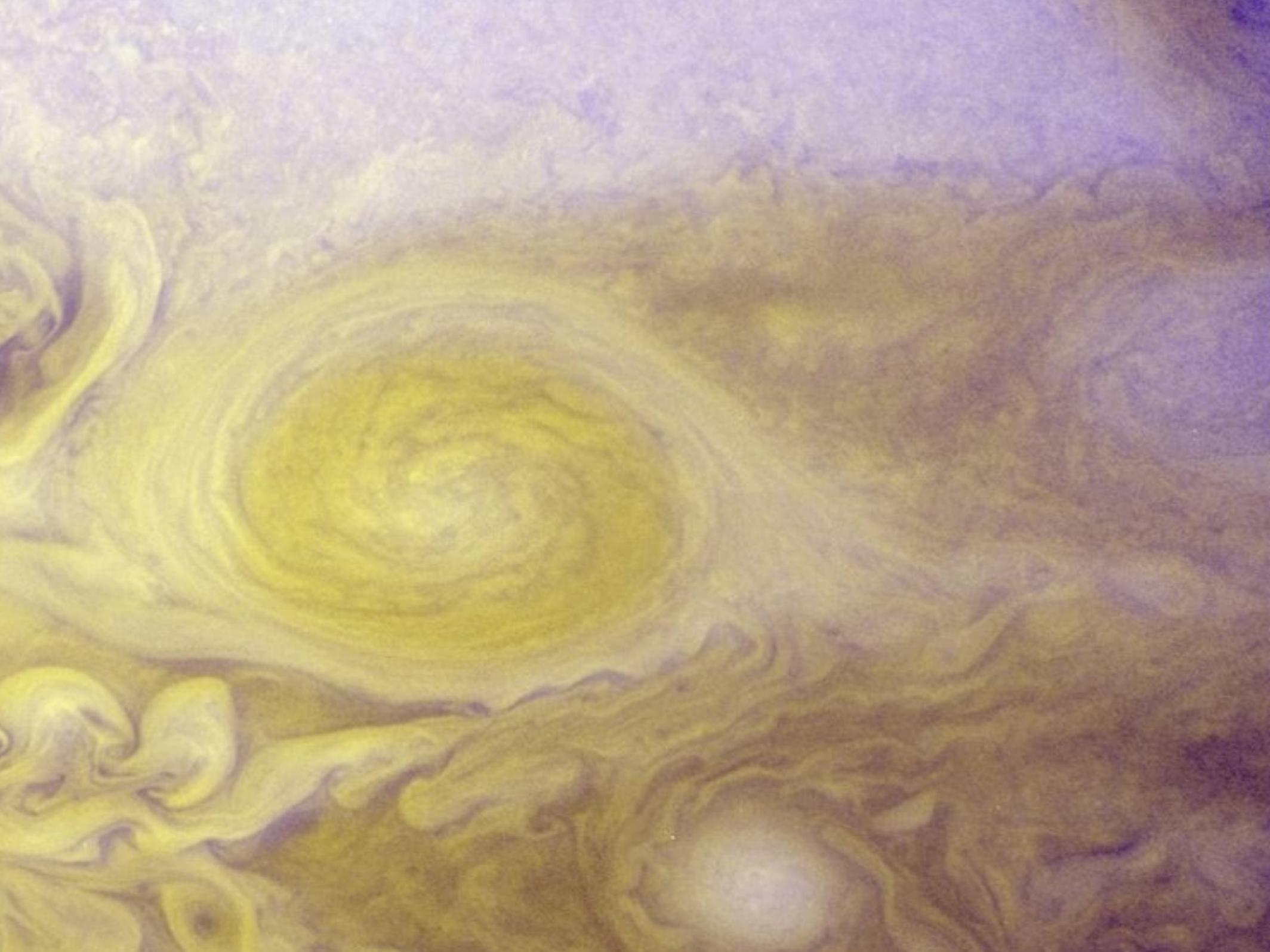
Destinée des roches terrestres éjectées dans le système solaire)





Uncovering Europa

Move over, Mars. Jupiter's moon, Europa, may be the most promising site for extraterrestrial life in our solar system.



Références & remerciements

- Galileo gazes at Jupiter and its moons, Vogel, Science, v. 273, p. 1048, 1996

Galileo finds evidence of a watery Europa, Cowen, Science News, v. 150, p. 102, 1996

Europa, Sky and Telescope, p. 32, March 1997

Galilean satellites: identification of water frost, Pilcher et al., Science, v. 178, p. 1087, 1972

Infrared spectra of the Galilean satellites of Jupiter, Fink et al., Astrophysics Journal, v. 179, p. L155, 1973



Tack

Gracias

Vielen Dank

Merci

ありがとうございます

Bedankt

Takk

Tak

Grazie

Спасибо

Thank You

Kiitos