

Influence des marées gravitationnelles sur la subsistance d'un océan liquide

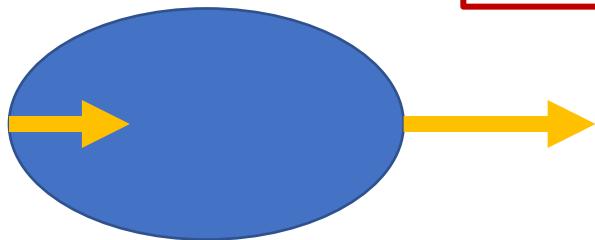
Valéry Lainey
valery.lainey@obspm.fr



Effets de marées - le principe physique

Loi de la gravitation universelle:

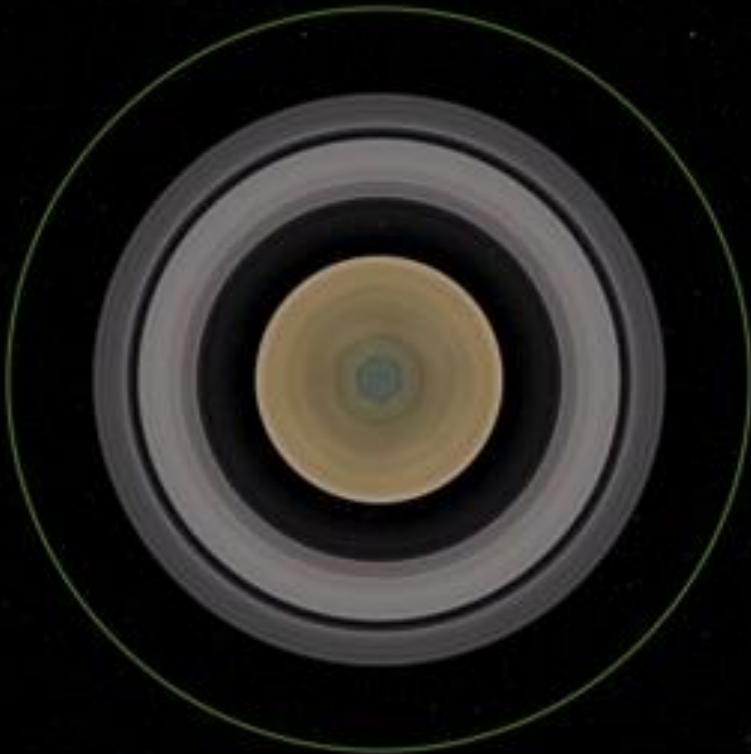
$$F = -\frac{GMm\vec{e}_r}{r^2}$$



Les effets de marées sont induits par la *différence d'attraction gravitationnelle*, exercée par un objet massif, sur un objet étendu.

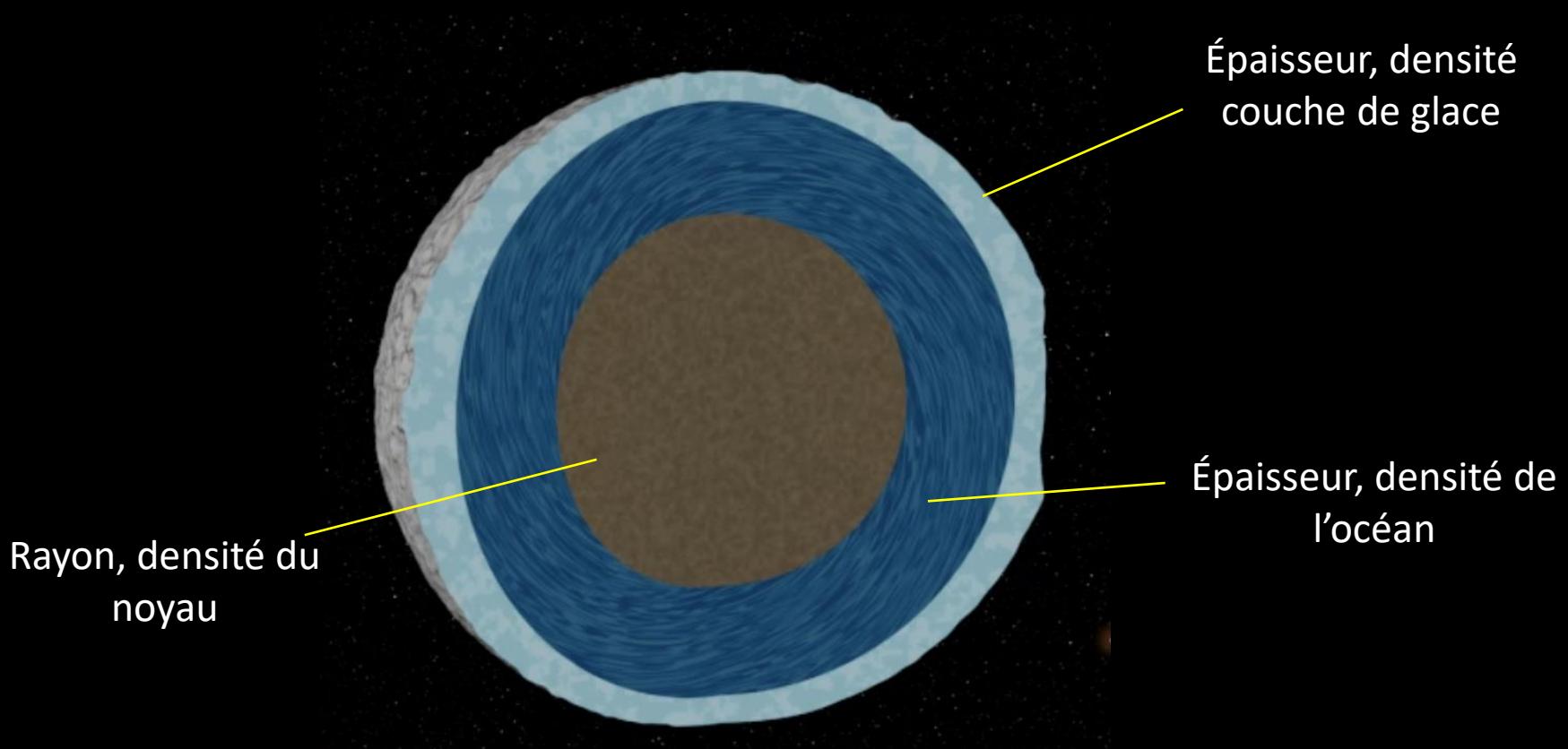
Cette déformation s'accompagne de friction, et donc de production de **chaleur**

Effets de marées - le principe physique

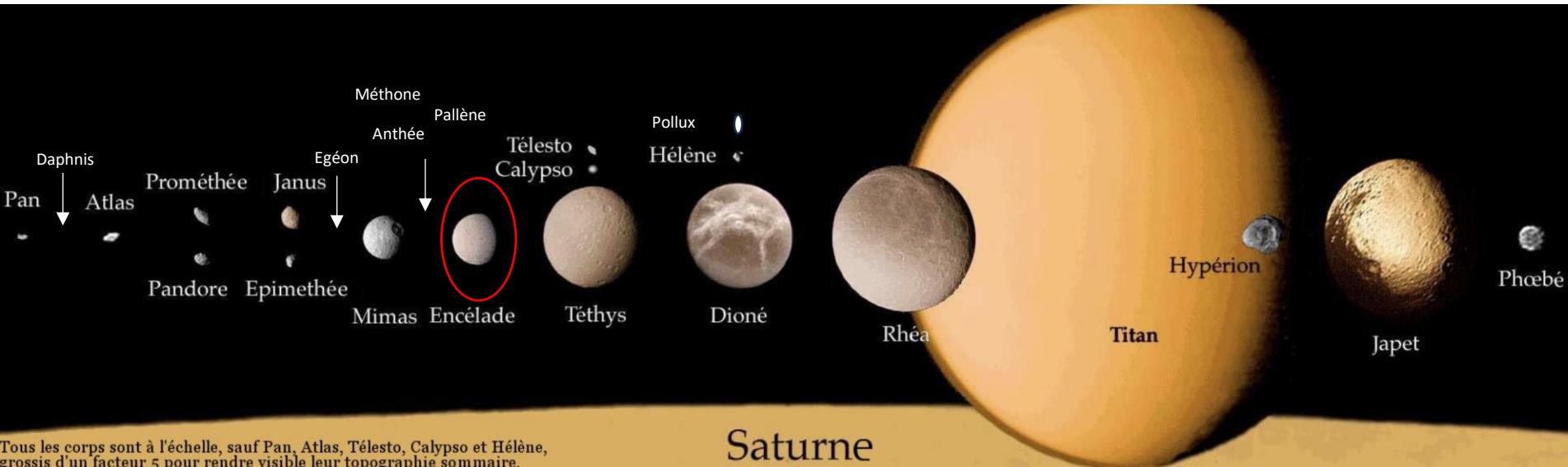


Exemple typique de structure interne

MODÈLE D'INTÉRIEUR AVEC OCÉAN

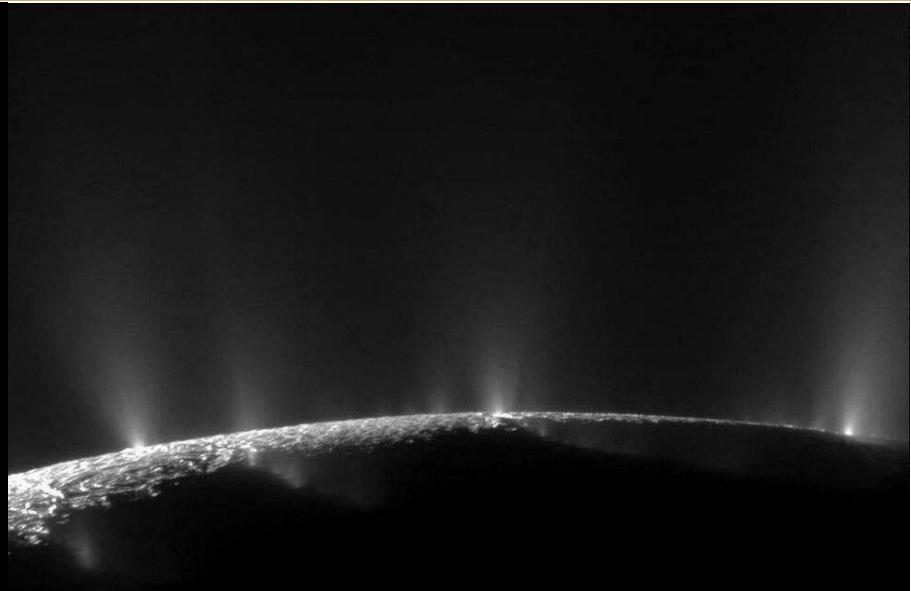
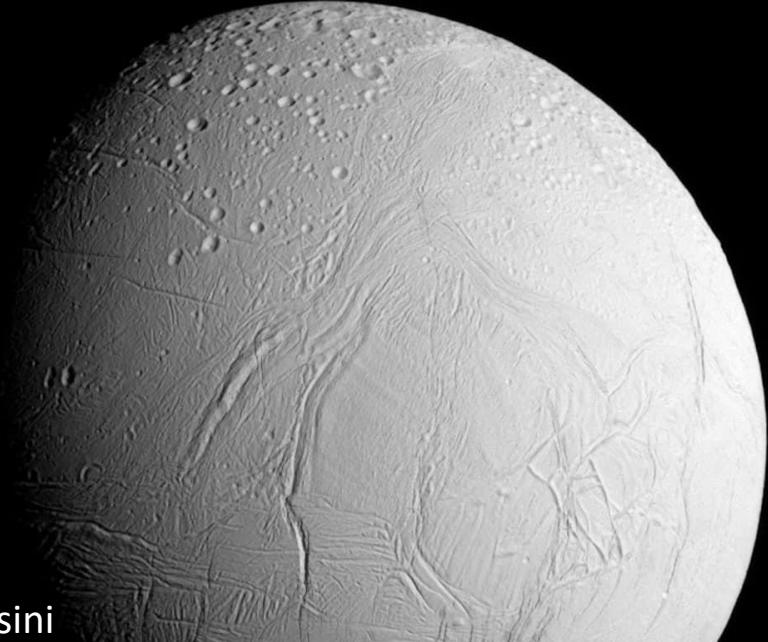


Quelques exemples: Les lunes de Saturne

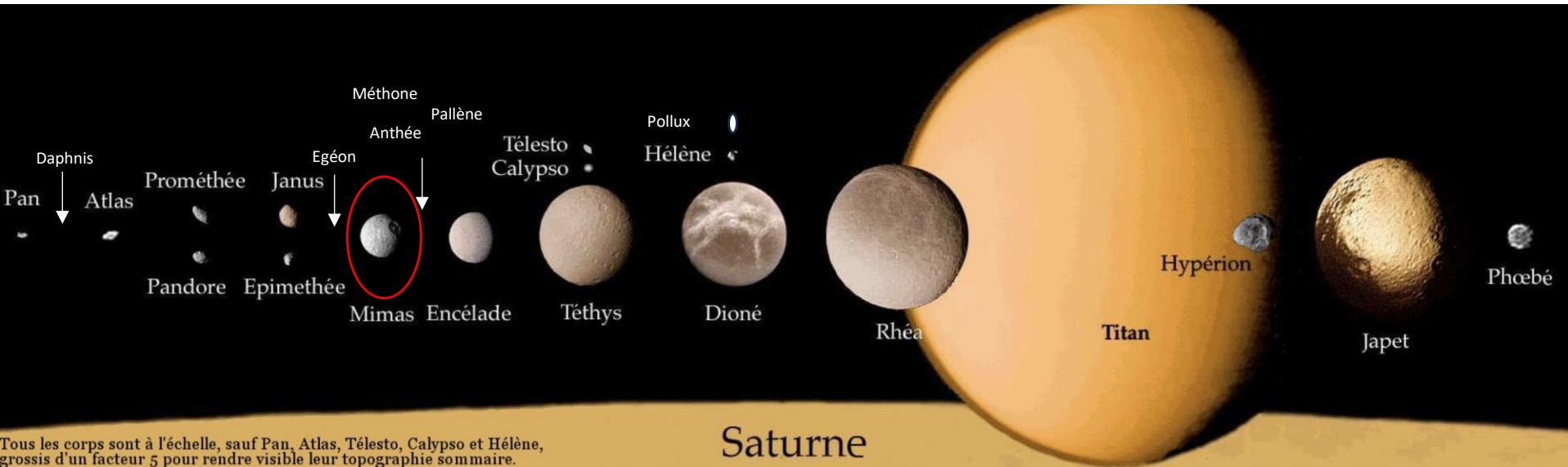


Tous les corps sont à l'échelle, sauf Pan, Atlas, Télesto, Calypso et Hélène,
grossis d'un facteur 5 pour rendre visible leur topographie sommaire.

Saturne



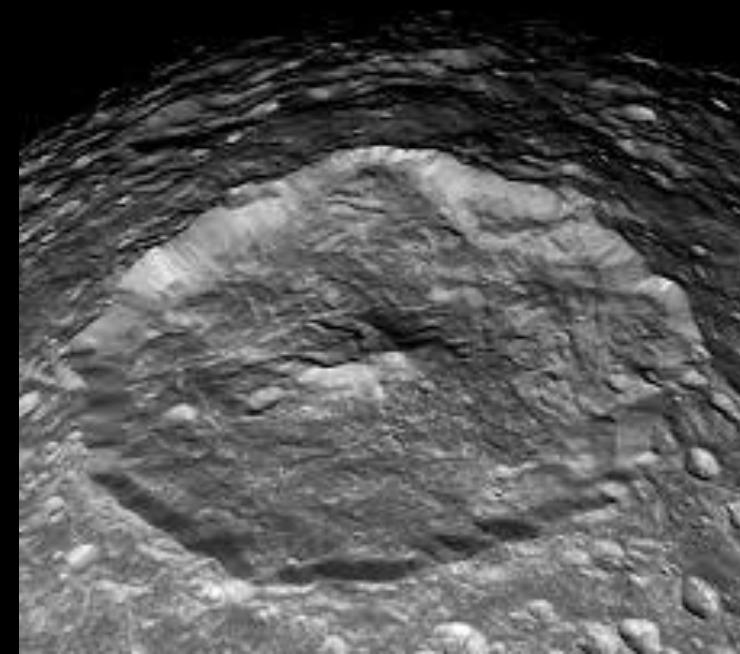
Quelques exemples: Les lunes de Saturne



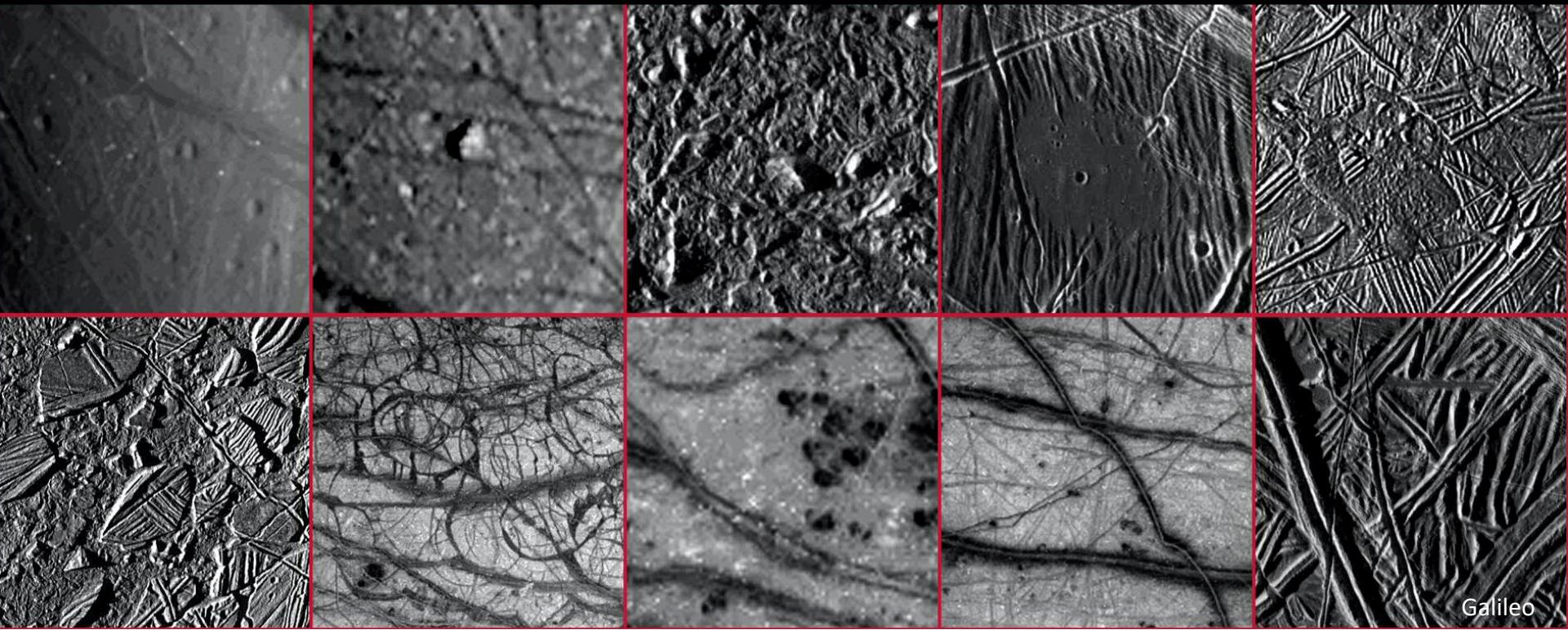
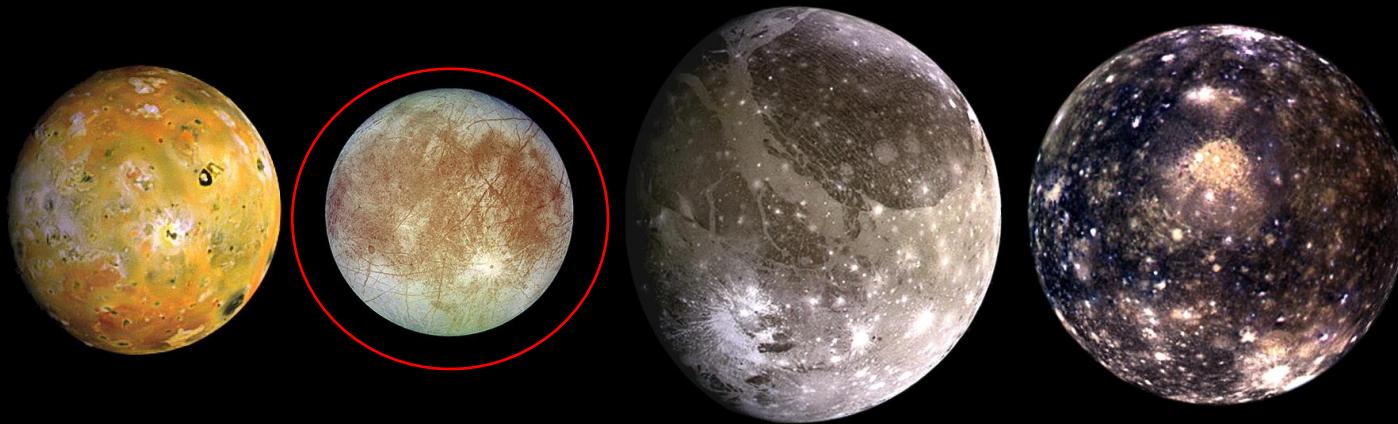
Tous les corps sont à l'échelle, sauf Pan, Atlas, Télesto, Calypso et Hélène,
grossis d'un facteur 5 pour rendre visible leur topographie sommaire.



ISS/Cassini



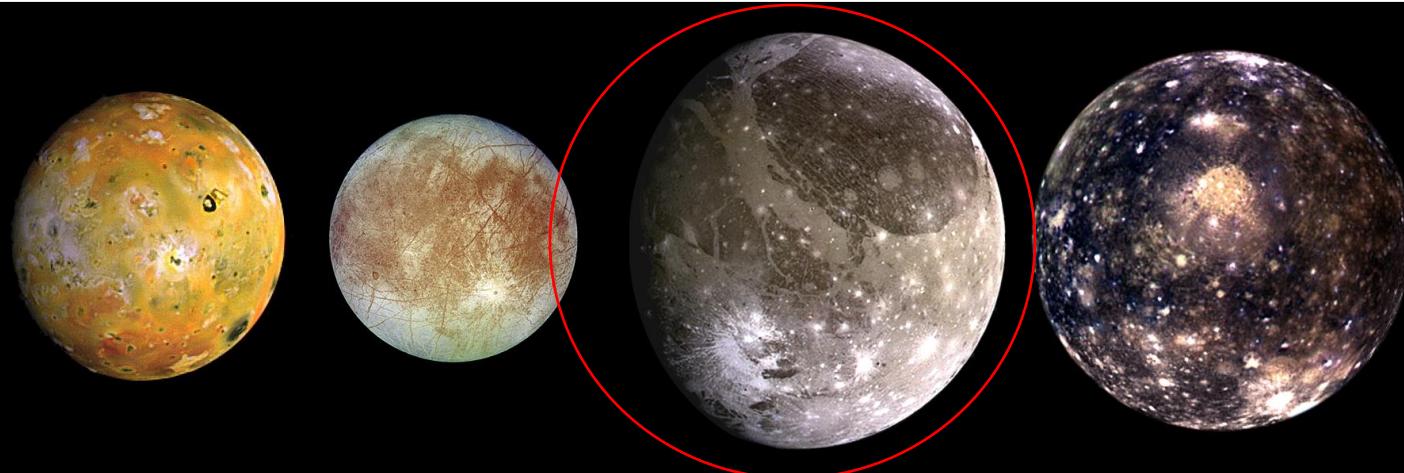
Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



JUICE

La résonance de Laplace:

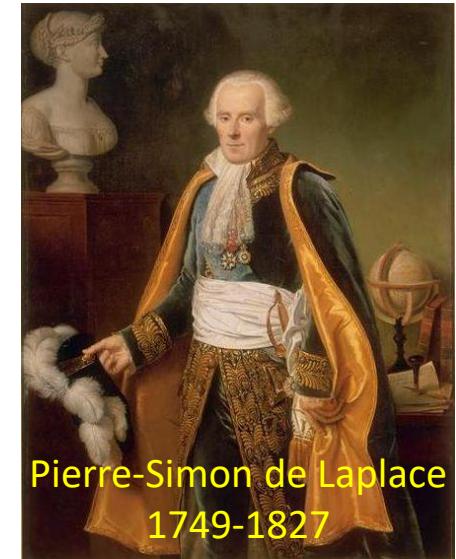
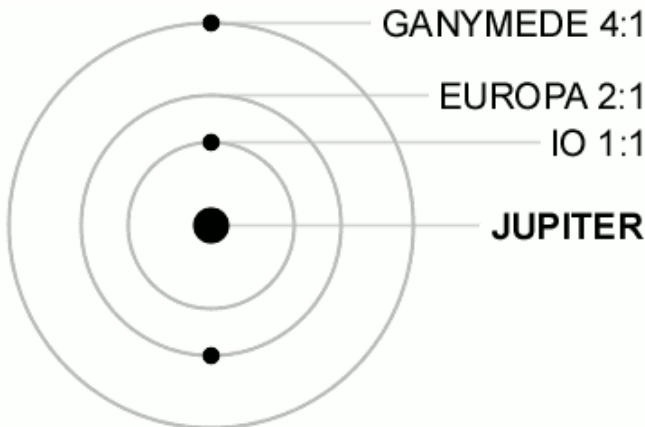
Un problème dynamique complexe...

$$n_1 - 2n_2 = v$$

$$n_2 - 2n_3 = v$$

$$n_1 - 3n_2 + 2n_3 = 0$$

$$\langle L_1 - 3L_2 + 2L_3 \rangle = 180^\circ$$



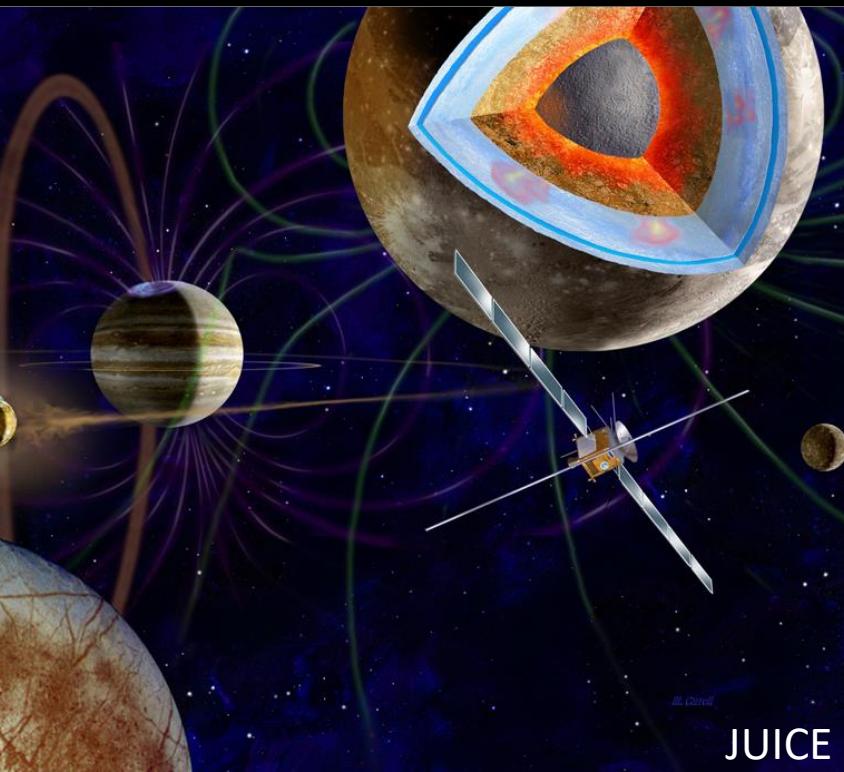
Laplace a démontré la stabilité de la résonance

Les trois lunes partagent leur énergie orbitale et moment cinétique

IMPORTANT:

Toute perturbation agissant sur une lune aura des répercussions sur les autres!

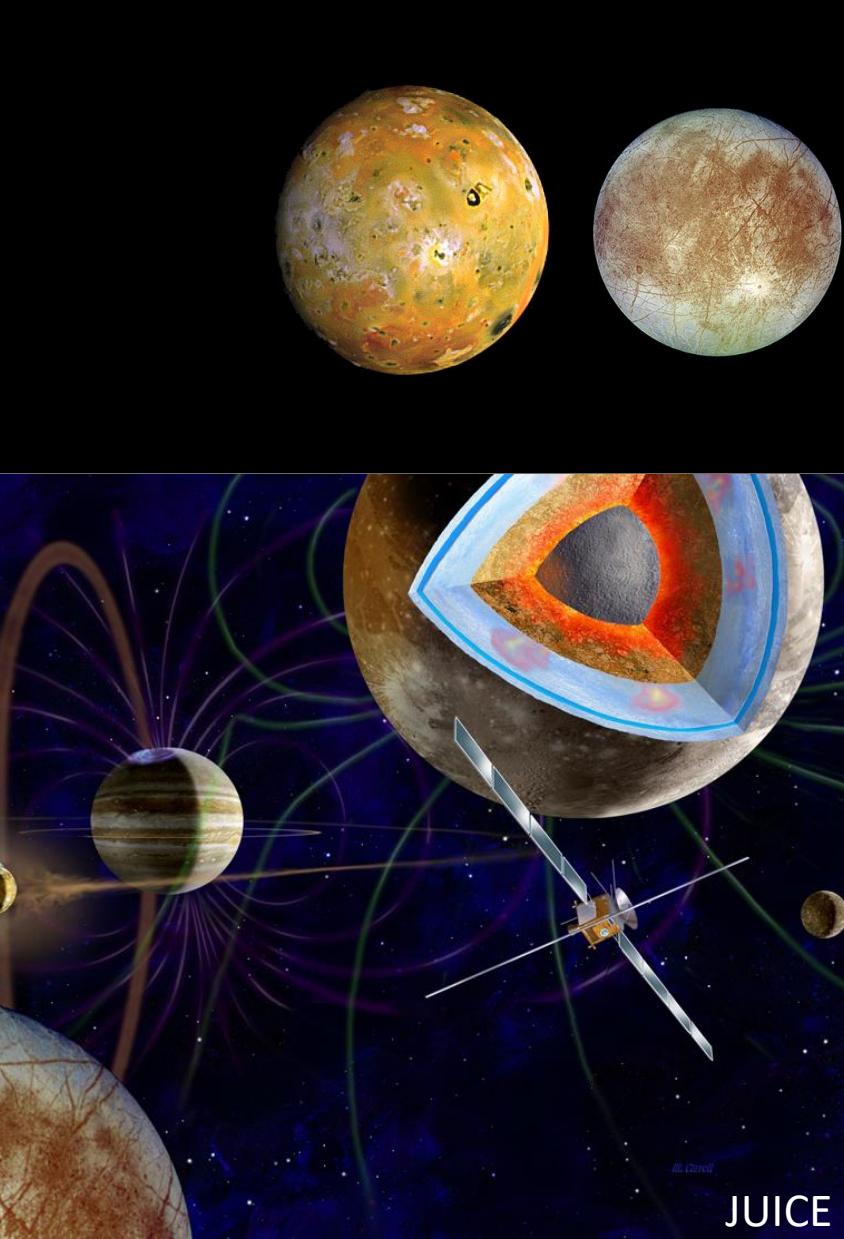
L'importance de nouvelles données:



La mission Juice apportera de nouvelles données sur les quatre lunes Galiléennes

- Flybys (Europe, Callisto)
- Mise en orbite (Ganymède)
- Astrométrie (Io)

Conclusion



- Les effets de marées sont un phénomène important voire essentiel à l'existence d'océans internes
- La question de l'âge de ces océans est largement ouverte
- JUICE et Europa Clipper apporteront des contraintes précieuses