

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

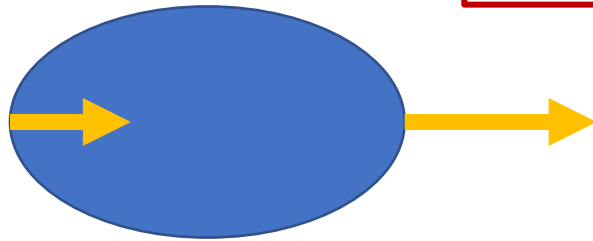
Valéry Lainey
valery.lainey@obspm.fr



Effets de marées - le principe physique

Loi de la gravitation universelle:

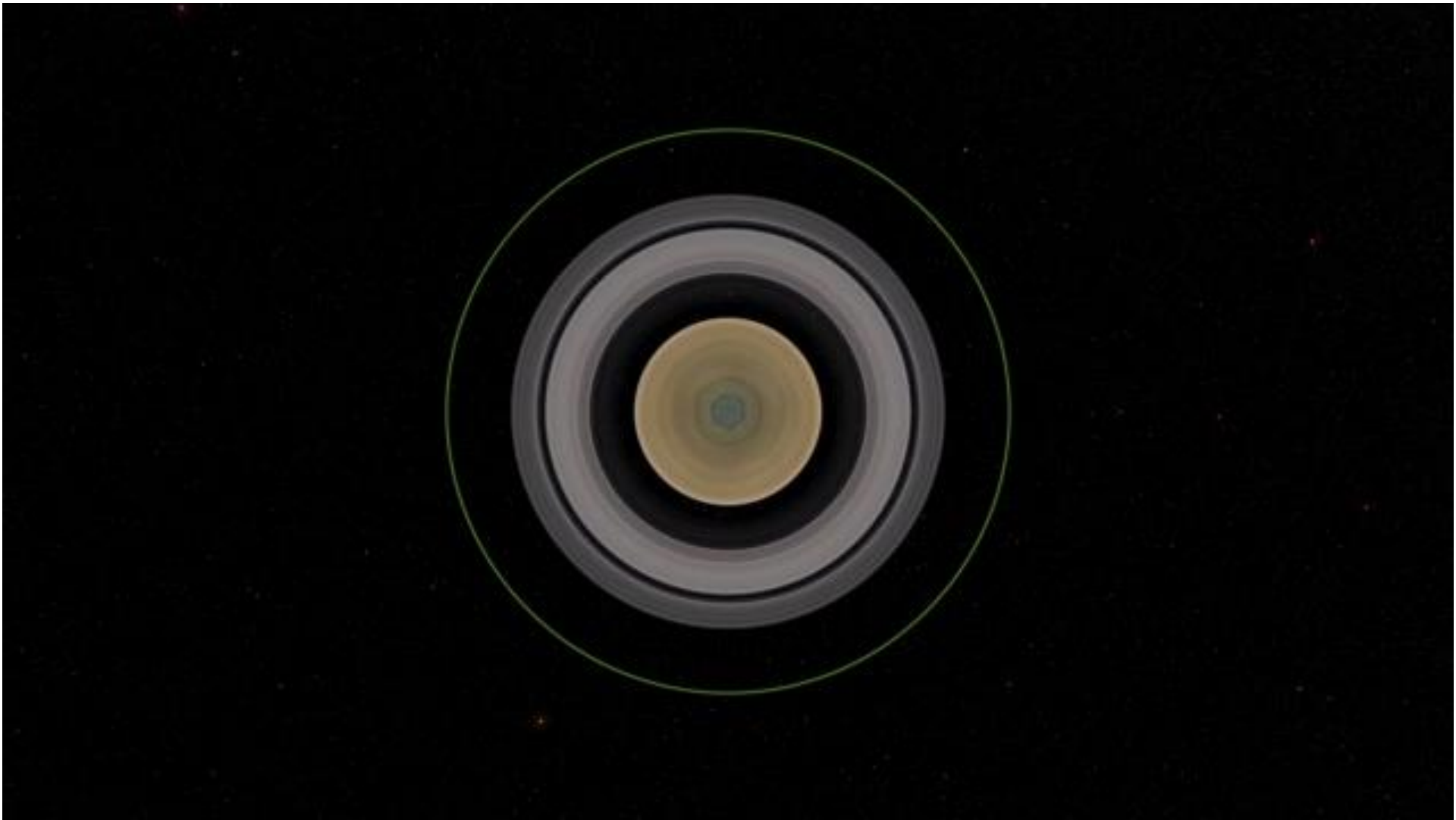
$$F = - \frac{GMm\vec{e}_r}{r^2}$$



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

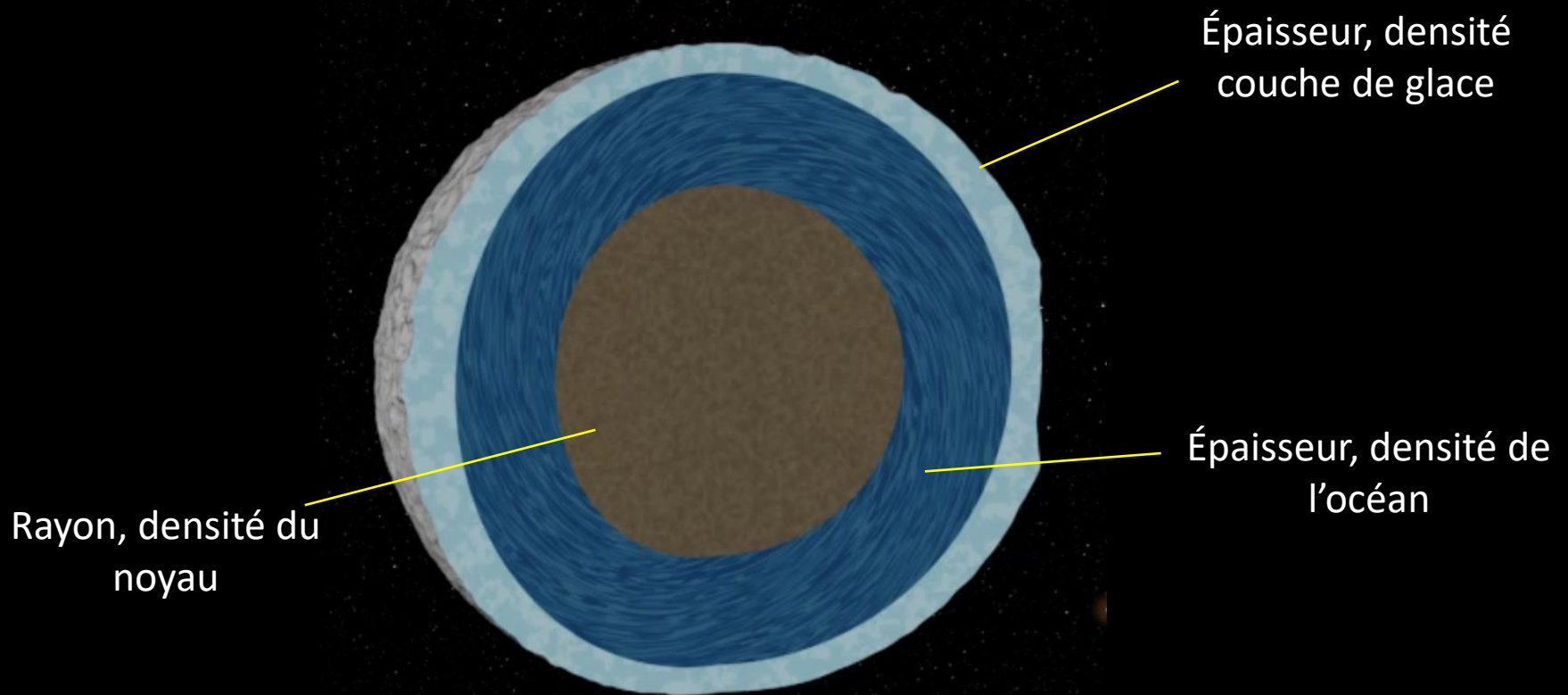
Cette déformation s'accompagne de friction, et donc de production de **chaleur**

Effets de marées - le principe physique

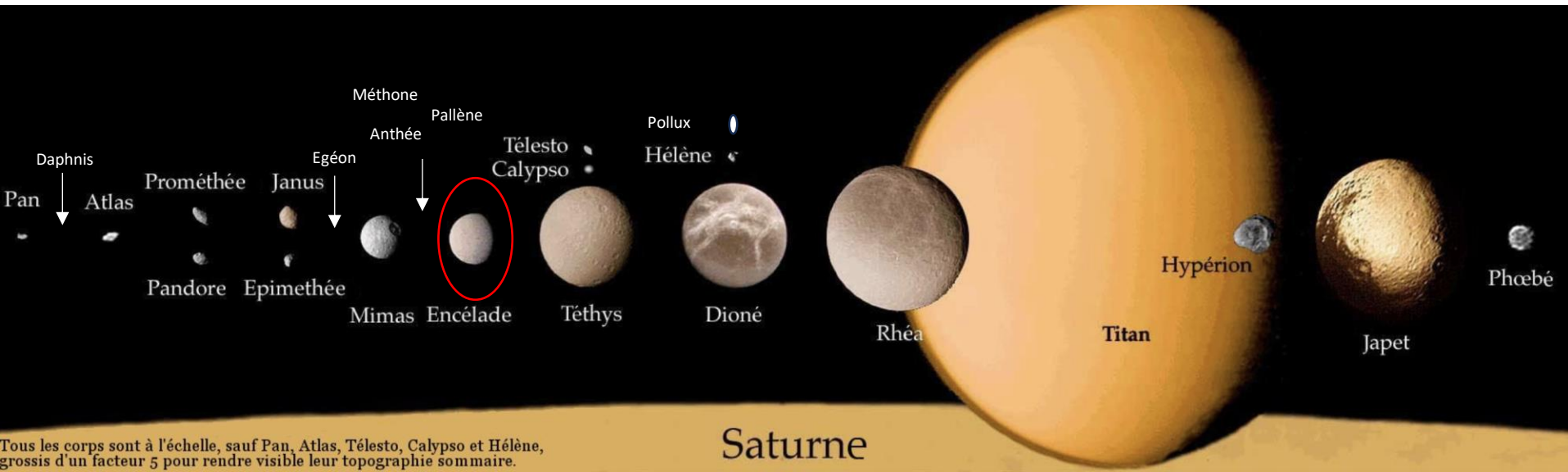


Exemple typique de structure interne

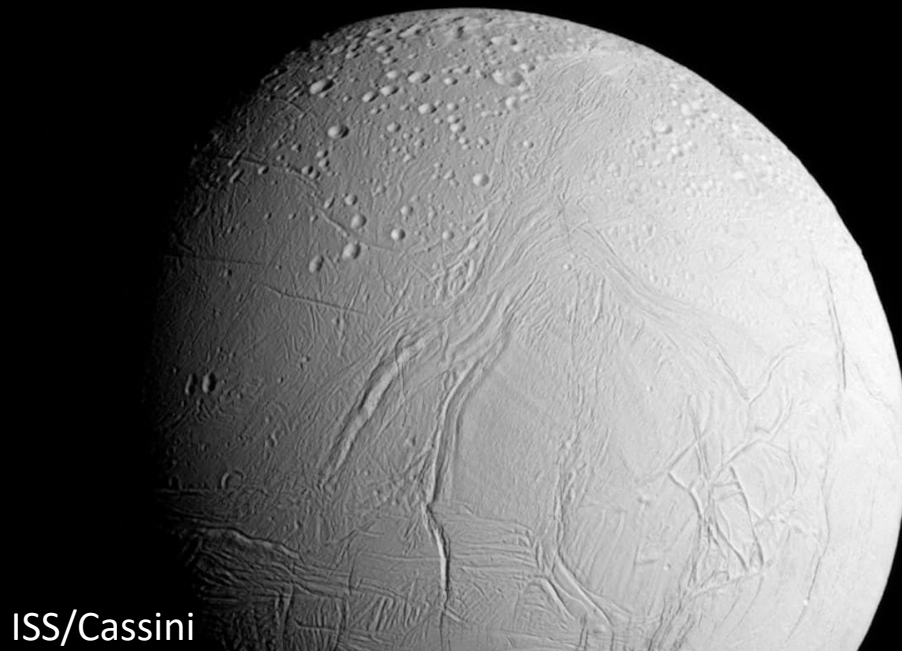
MODÈLE D'INTÉRIEUR AVEC OCÉAN



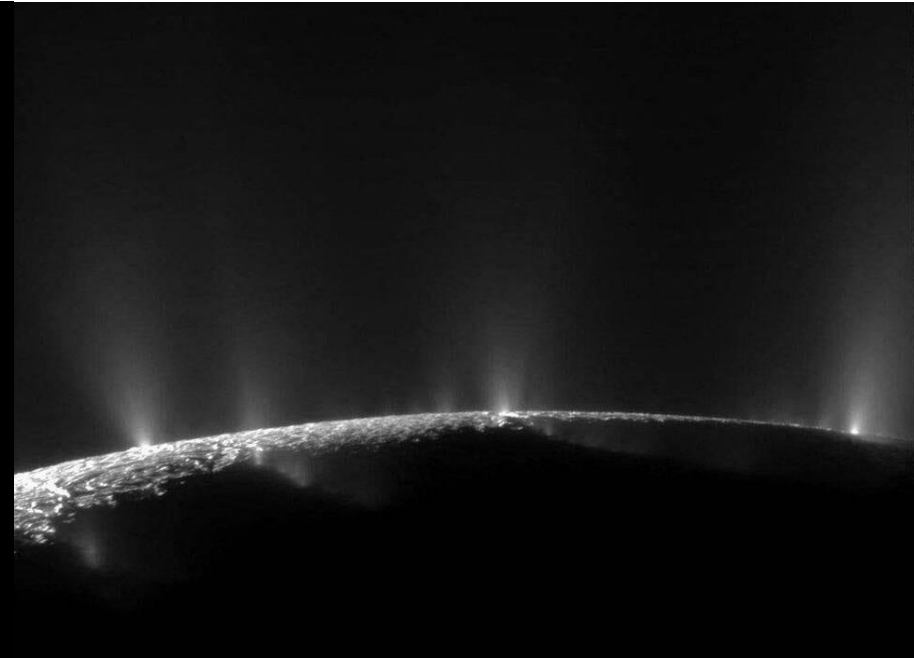
Quelques exemples: Les lunes de Saturne



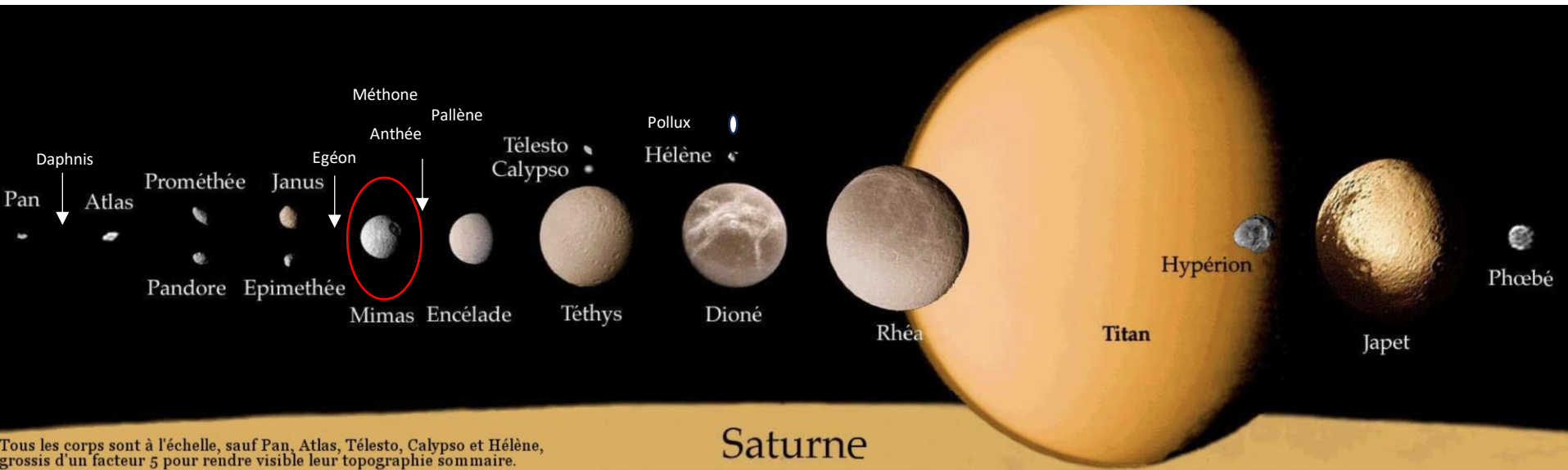
Saturne



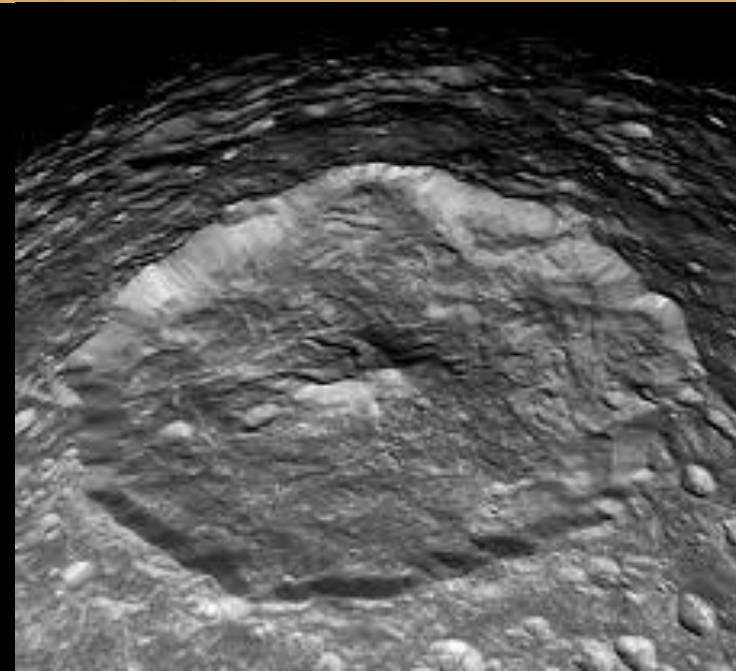
ISS/Cassini



Quelques exemples: Les lunes de Saturne

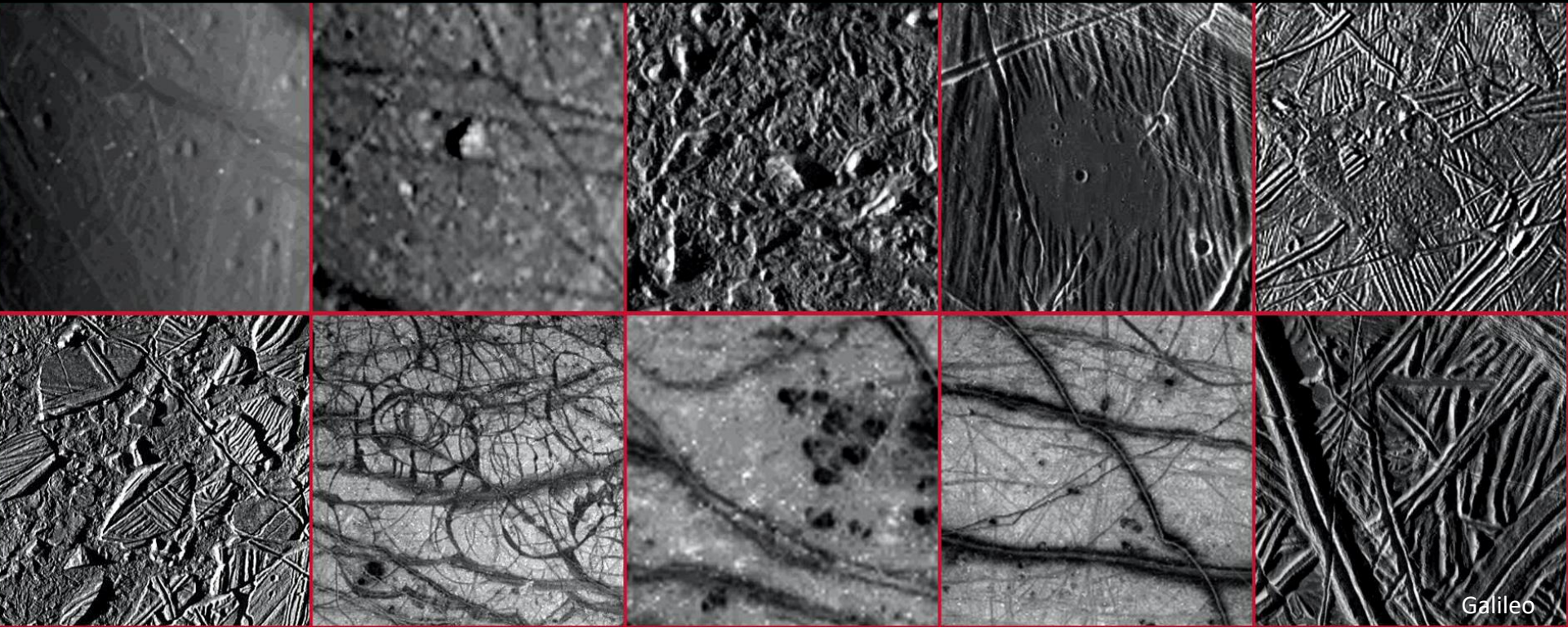
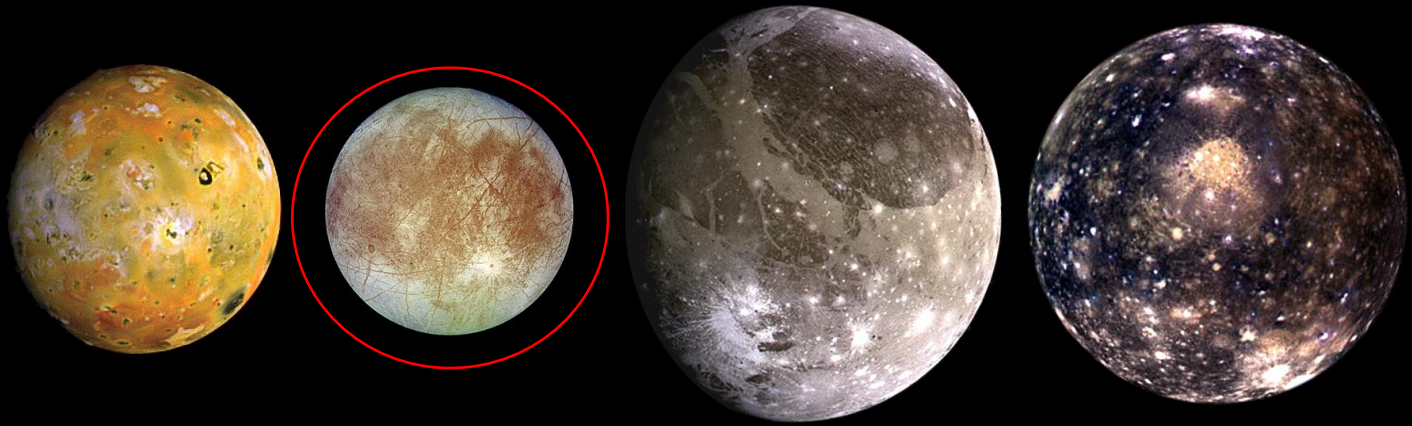


ISS/Cassini

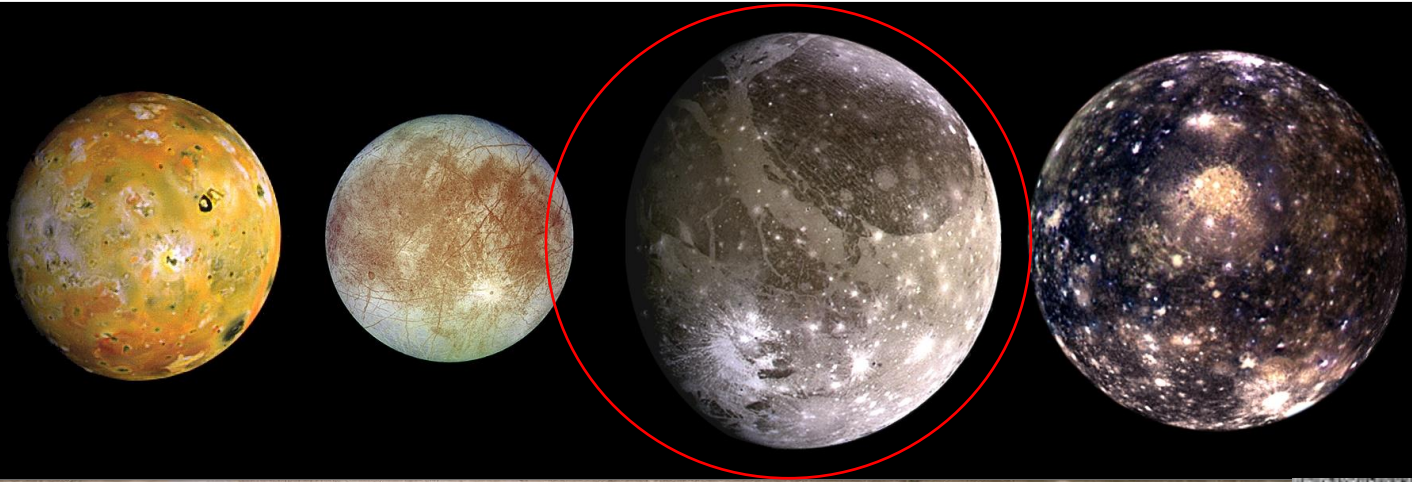


ISS/Cassini

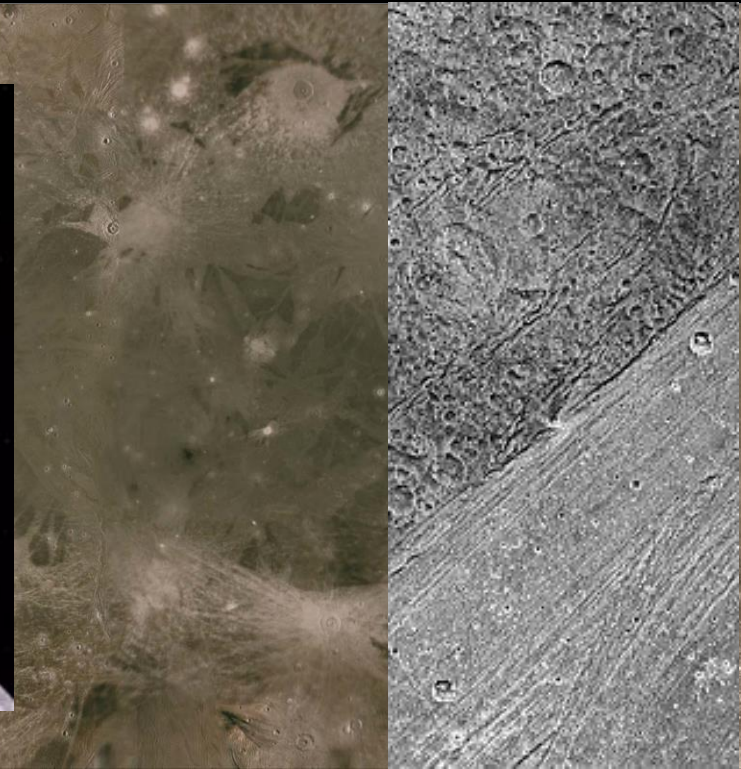
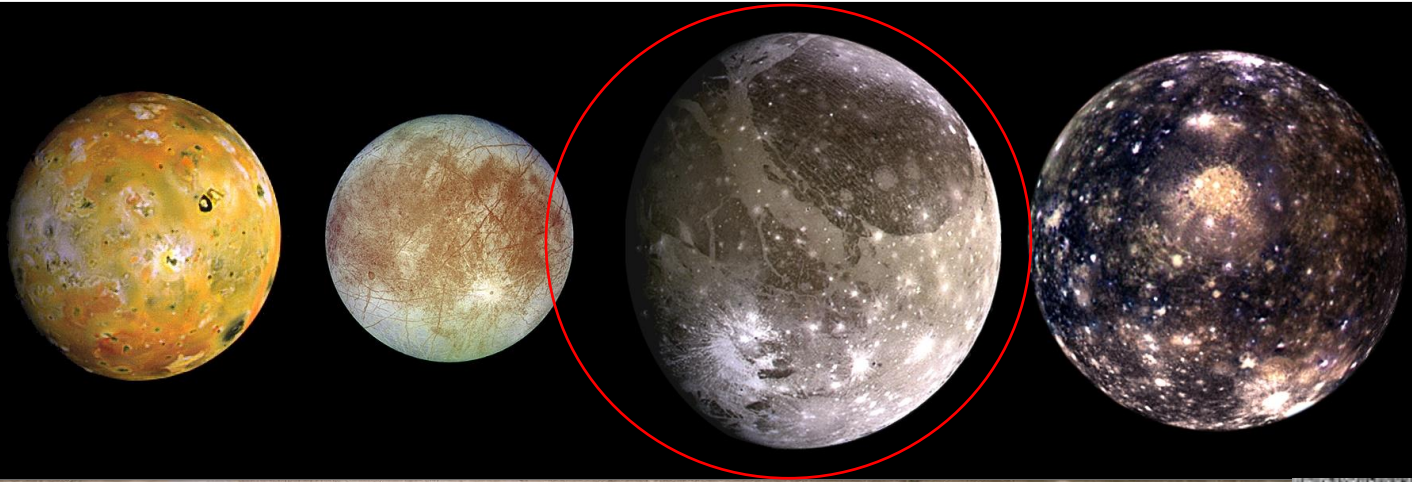
Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



Quelques exemples: Les lunes de Jupiter



La résonance de Laplace:

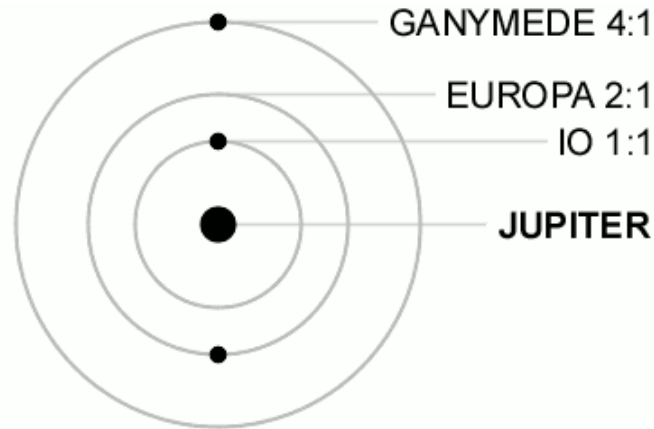
Un problème dynamique complexe...

$$n_1 - 2n_2 = \nu$$

$$n_2 - 2n_3 = \nu$$

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

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



Pierre-Simon de Laplace
1749-1827

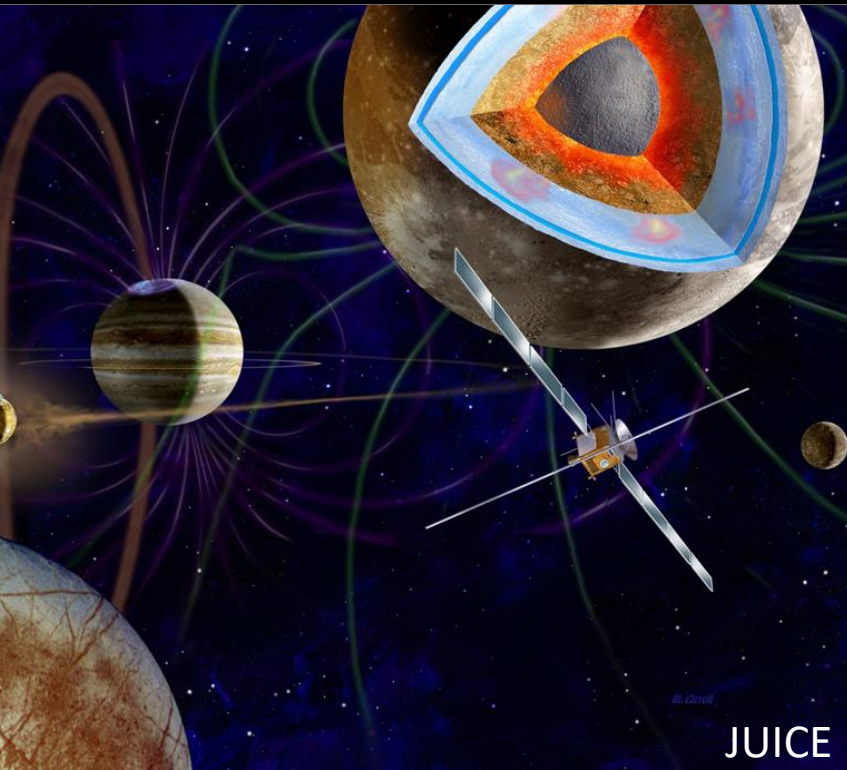
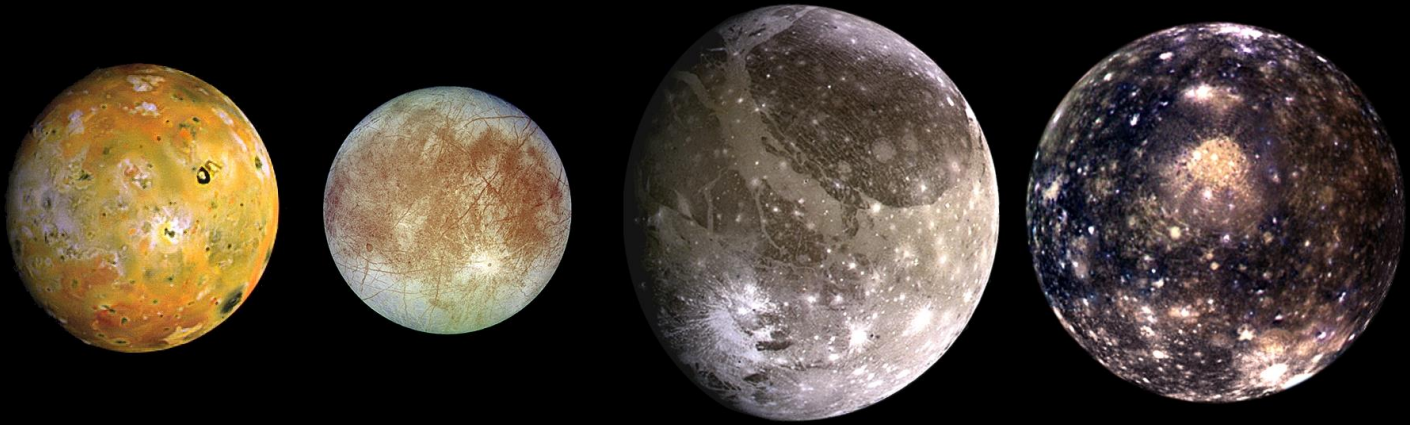
Laplace a démontré la stabilité de la résonance

Les trois lunes partagent leur énergie orbitale et moment cinétique

IMPORTANT:

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

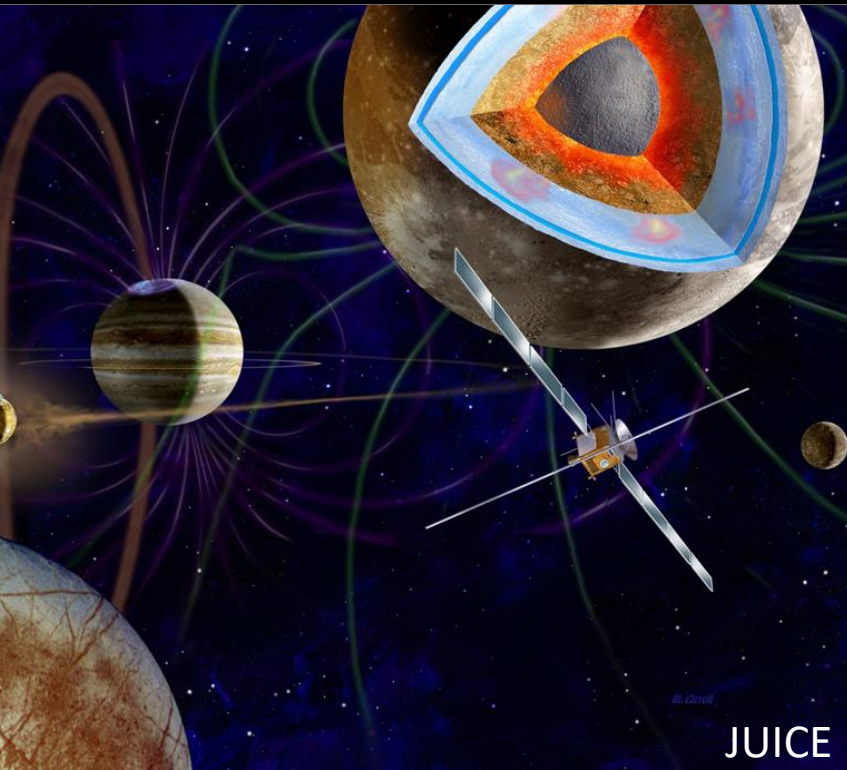
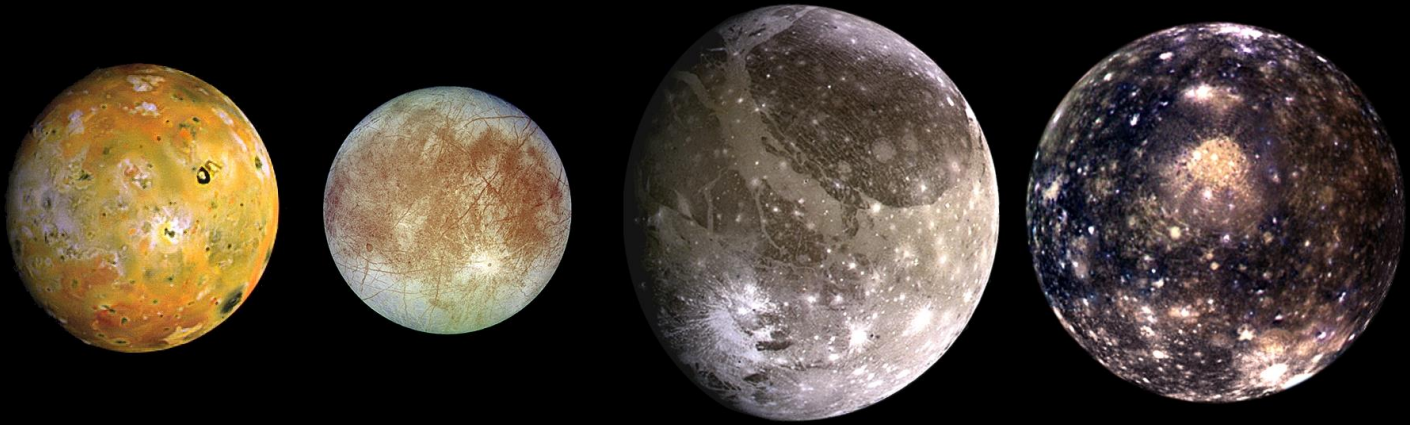
L'importance de nouvelles données:



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