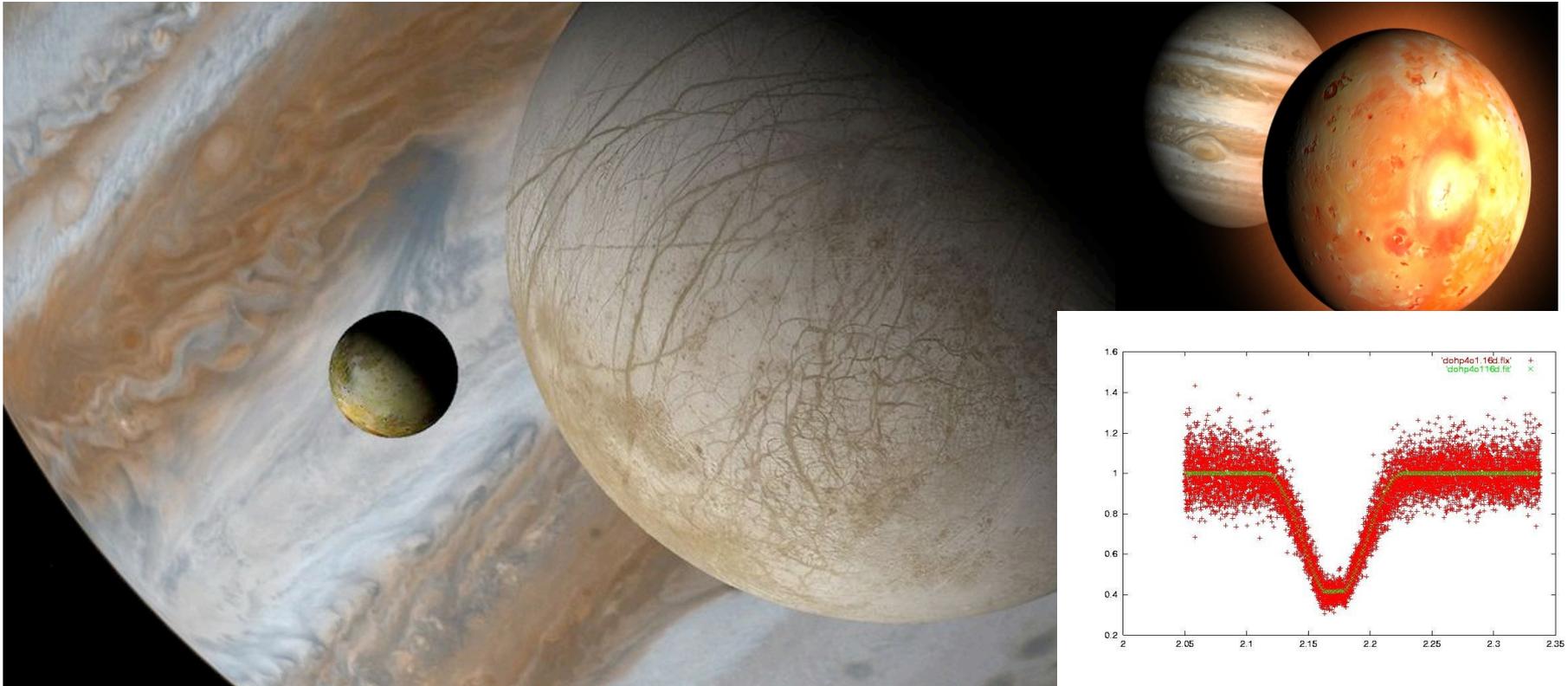


Détection des effets de marées grâce aux observations

V. Lainey (IMCCE)

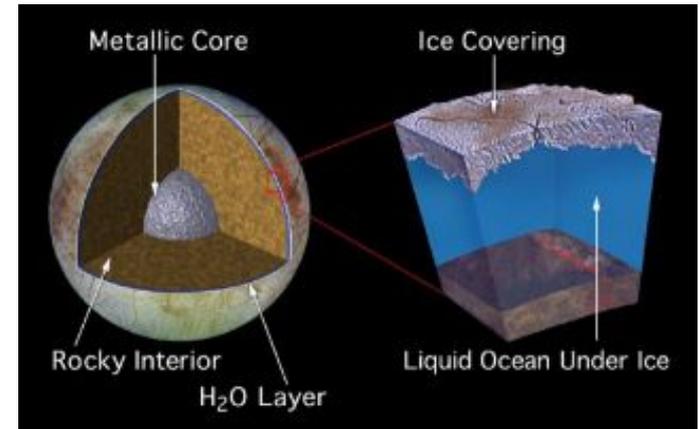
lainey@imcce.fr



Pourquoi continuer les mesures astrométriques des satellites galiléens aujourd'hui?

Pourquoi continuer les mesures astrométriques des satellites galiléens aujourd'hui?

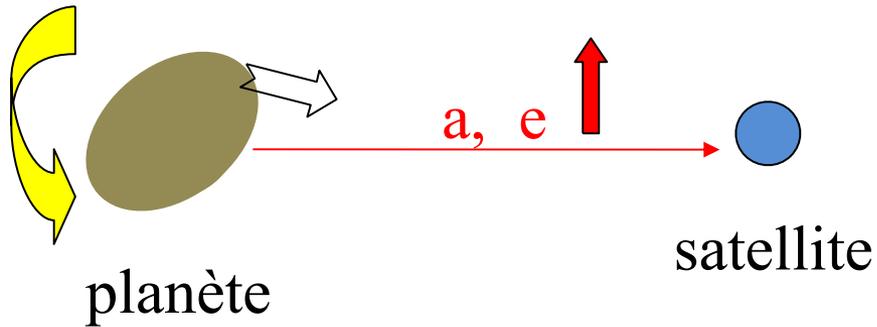
- Pour mieux contraindre la physique du système (âge des océans internes, évolution du volcanisme sur Io, etc.)



- Pour économiser le carburant des sondes lors de leur orbite d'insertion (Clipper, JUICE...)

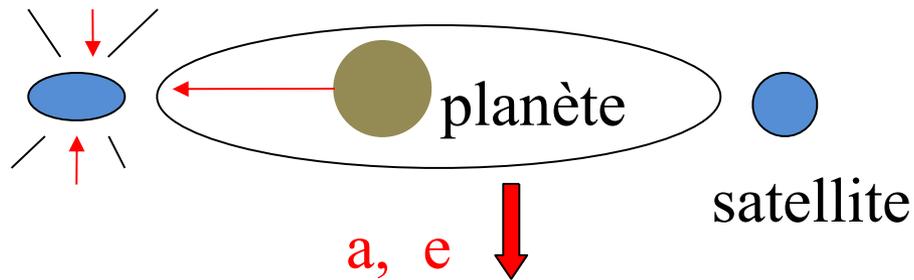


Effets de marées et évolution orbitale:



Décélération séculaire du mouvement orbital

Compétition entre dissipation dans Jupiter et ses lunes



Accélération séculaire du mouvement orbital

Importance de la résonance de Laplace:

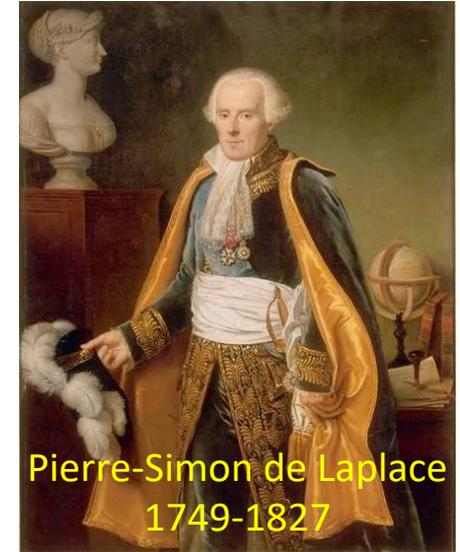
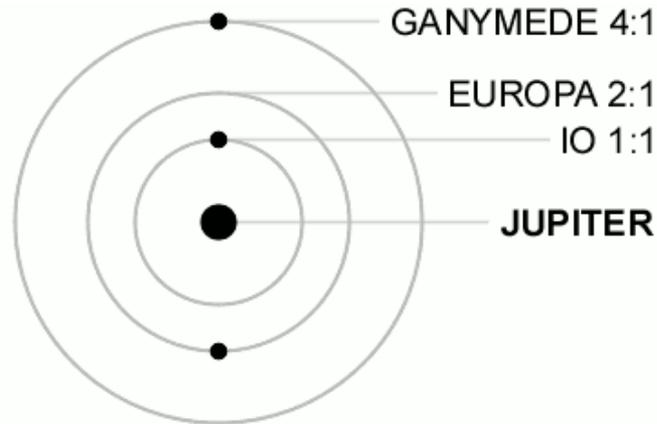
Une question de dynamique...

$$n_1 - 2n_2 = \nu$$

$$n_2 - 2n_3 = \nu$$

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

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



La résonance de Laplace est stable

Les trois lunes partagent leur énergie orbitale...

IMPORTANT:

Toute perturbation orbitale sur l'une des lunes a des conséquences sur le mouvement des deux autres.

Marées dans le système galiléen:

Combien de chaleur est produite dans l'intérieur de Io sous l'effet des marées?



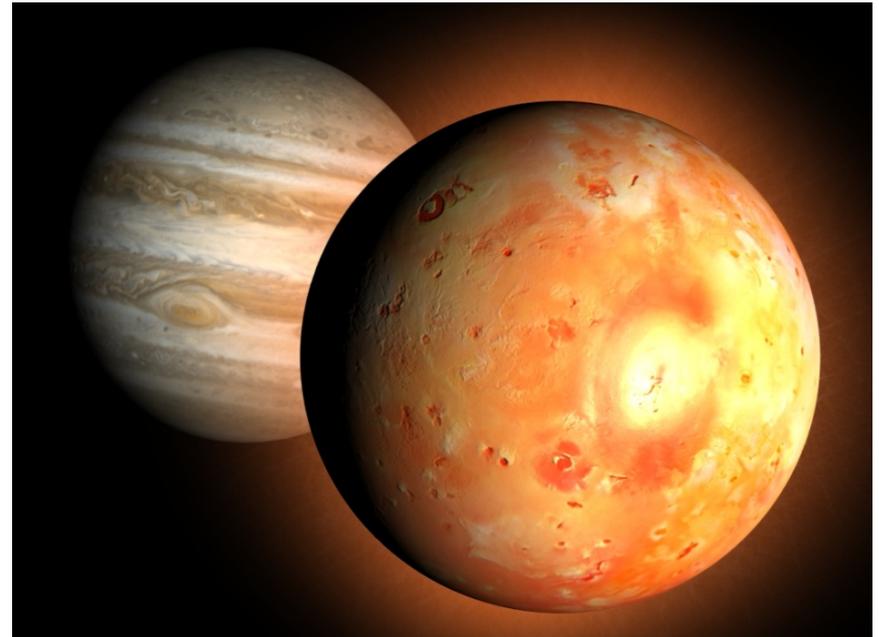
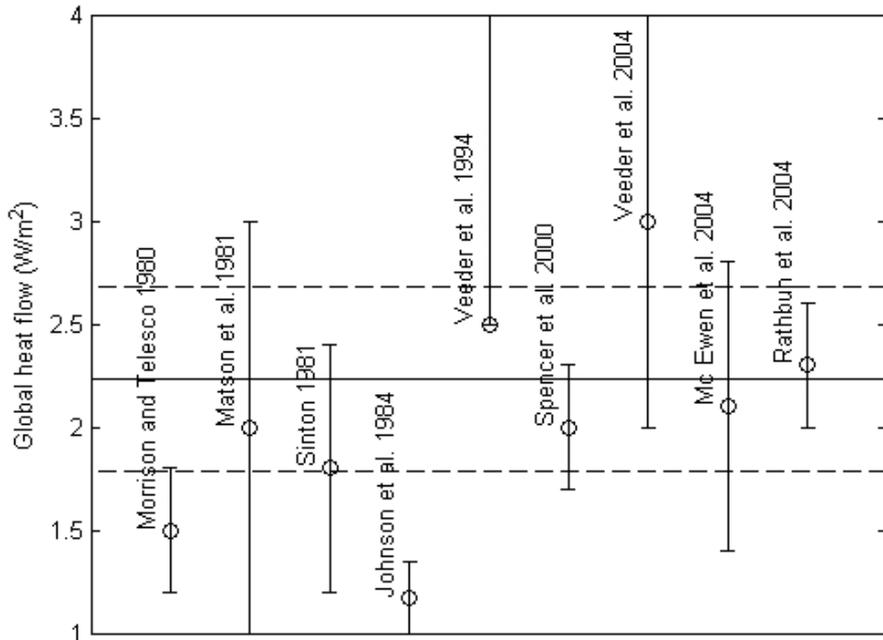
Acceleration ou décélération?

Références	\dot{n}_1/n_1	\dot{n}_2/n_2	\dot{n}_3/n_3	Units in 10^{-10}yr^{-1}
de Sitter (1928)	3.3+/-0.5	2.7+/-0.7	1.5+/-0.6	
Lieske (1987)	-0.074+/-0.087	-0.082+/-0.097	-0.098+/-0.153	
Vasundhara et al. (1996)	2.46+/-0.73	-1.27+/-0.84	-0.022+/-1.07	
Aksnes & Franklin (2001)	3.6+/-1.0			
Lainey et al. (2009)	0.14+/-0.01	-0.43+/-0.10	-1.57+/-0.27	

Marées dans le système galiléen:

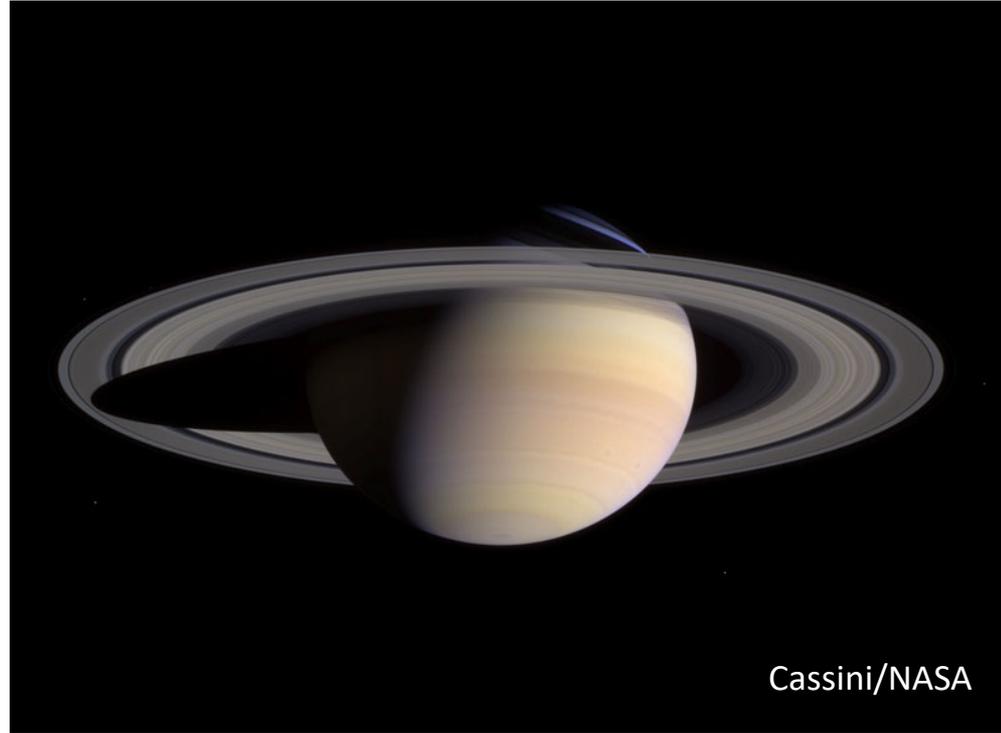
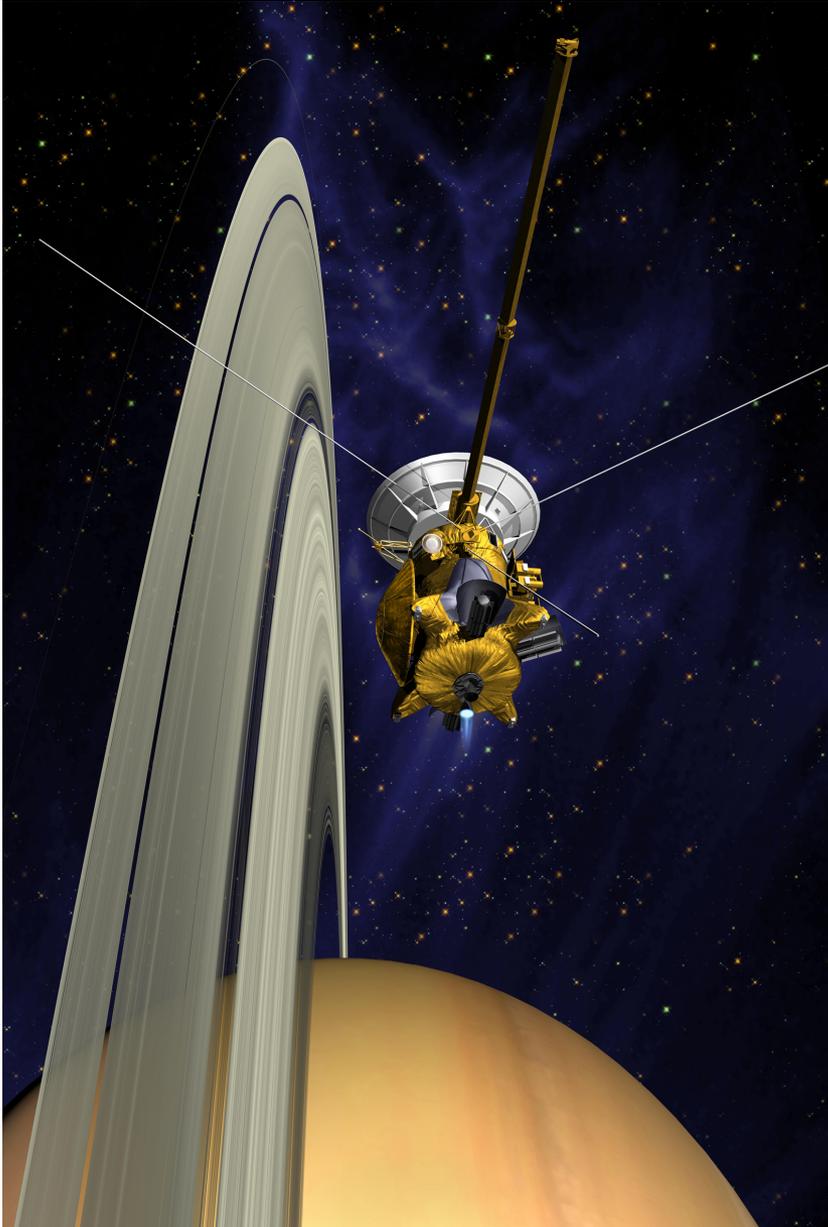
Par comparaison aux émissions IR produites à la surface de Io, on en déduit que Io est proche de *l'équilibre thermique*

i.e.: Io perd autant de chaleur à sa surface qu'il n'en gagne dans son intérieur par friction



Lainey et al., *Nature* 2009

Saturne: rien ne va plus!



Mission Cassini-Huygens NASA/ESA

Orbite autour de Saturne: 2004-2017

Saturne: rien ne va plus!

Lainey et al., Nature Astronomy 2020

В Солнечной системе нашли ранее

e



FOX NEWS .com
U.S. Politics Media
Hot Topics

Ciel & espace



Watch Ленту»

Découverte : le mouvement de Titan remet en question toute l'histoire des satellites de Saturne

MENU

Le Point Sciences

Saturne

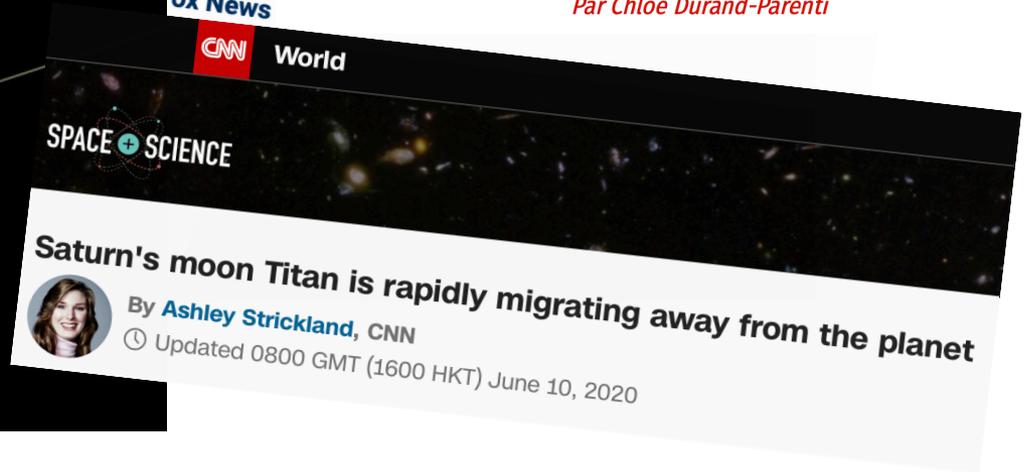
Titan se fait la malle !

ca-se-passe-la-haut.fr/2020/06/titan-se-fait-la-malle.html

Saturne-Titan : douze centimètres qui changent tout !

La lune de la géante aux anneaux s'éloigne cent fois plus vite que prévu de sa planète, bousculant méthode de calcul et histoire du système saturnien.

Par Chloé Durand-Parenti



CNN World
SPACE + SCIENCE

Saturn's moon Titan is rapidly migrating away from the planet

By Ashley Strickland, CNN
Updated 0800 GMT (1600 HKT) June 10, 2020

Saturne: rien ne va plus!

Lainey et al., Nature Astronomy 2020

В Солнечной системе нашли ранее

e



U.S. Politics Media
Hot Topics

Ciel & espace

Watch Ленту»

Découverte : le mouvement de Titan remet en question toute l'histoire des satellites de Saturne

MENU

Le Point Sciences

Saturne Titan se fait la malle !

ca-se-passe-la-haut.fr/2020/06/titan-se-fait-la-malle.html

Saturne-Titan : douze centimètres qui changent tout !

La lune de la géante aux anneaux s'éloigne cent fois plus vite que prévu de sa planète, bousculant méthode de calcul et histoire du système saturnien.

Par Chloé Durand-Parenti



Fox News

CNN World

SPACE + SCIENCE

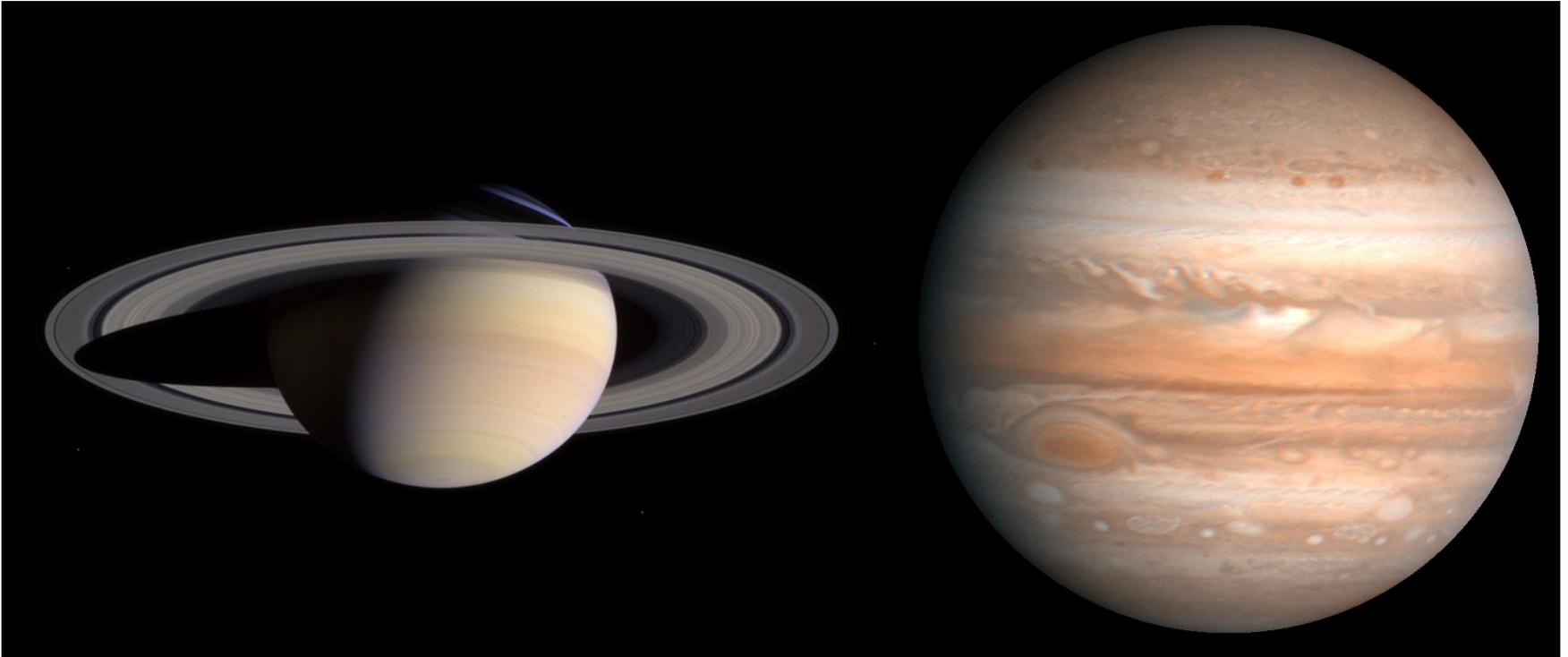
Saturn's moon Titan is rapidly migrating away from the planet



By Ashley Strickland, CNN

Updated 0800 GMT (1600 HKT) June 10, 2020

Saturne / Jupiter:



Le mécanisme de marées dans Jupiter pourrait-il être similaire à celui dans Saturne?

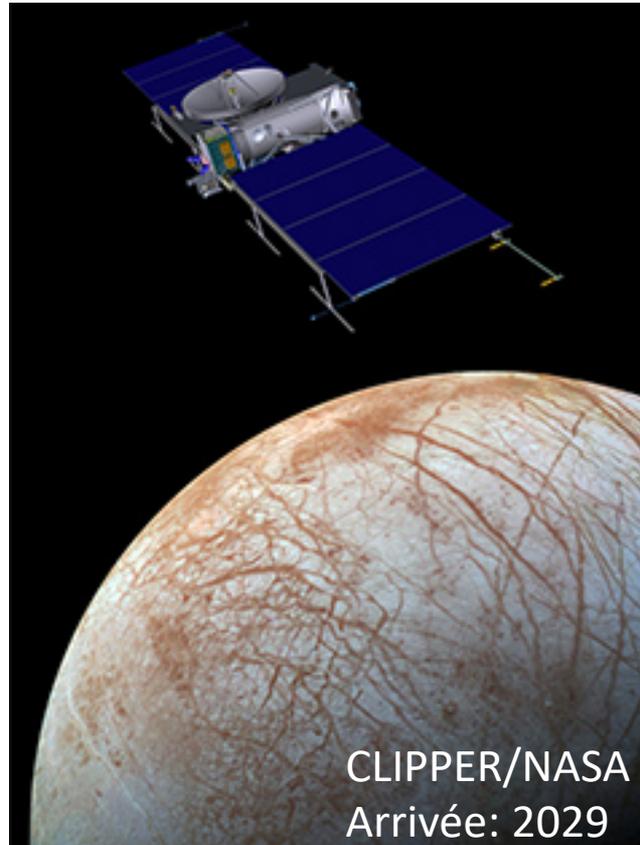
Le mouvement orbital de Callisto est la clé du problème...

→ Observer Callisto (et les autres lunes) est indispensable en attendant les prochaines sondes spatiales

Et les missions spatiales dans tout ça?

Une nouvelle génération de missions spatiales arrive...

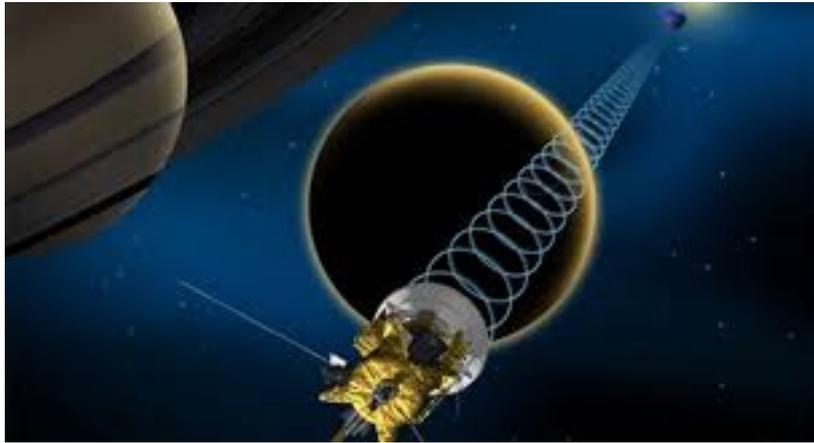
→ importance d'avoir des éphémérides à jour...



IVO NASA (pré-sélectionné)
Arrivée: 2033

En guise de conclusion...

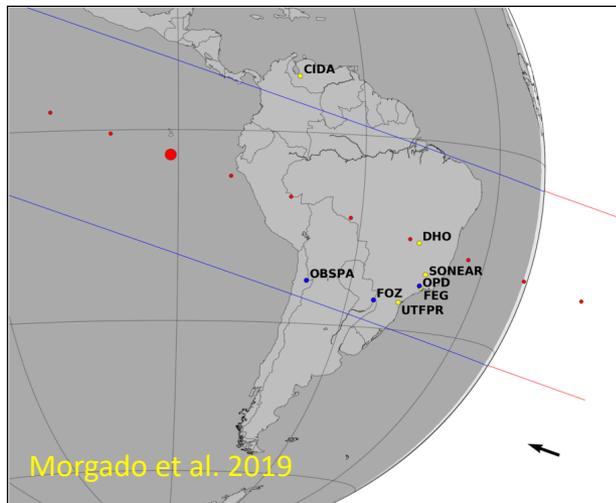
PHEMU et autres types de mesures (liste non exhaustive)



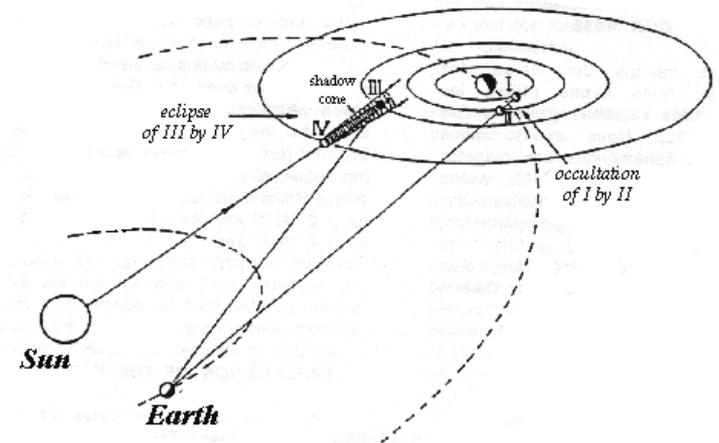
*Mesure radio science
(suivi de la trajectoire de la sonde)*



*Mesures radar (mesure de distance AR
de l'onde radio)*



Occultation stellaire



*Phénomènes mutuels
(tous les six ans)*