

10A001 - ASTRONOMIE GÉNÉRALE

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

8. La Lune

4 novembre 2025

<https://mediaserver.unige.ch/play/285592>



Sylvia Ekström
Département d'Astronomie
Université de Genève



La Lune, fiche technique

rayon moyen : 1737 km
27% du rayon de la Terre

masse : $7,346 \cdot 10^{19}$ tonnes
1,2% de la masse de la Terre

gravité :
16,5% de la gravité de la Terre
(80 kg = 13 kg)
vitesse d'échappement
2,4 km/s
(soit $\sim 8'500$ km/h)

distance :
353'000-421'000 km
 $\simeq 1$ seconde-lumière
 $55 - 66 R_{\oplus}$

température :
nuit -170° / jour $+130^{\circ}$

âge : 4,54 Ga



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

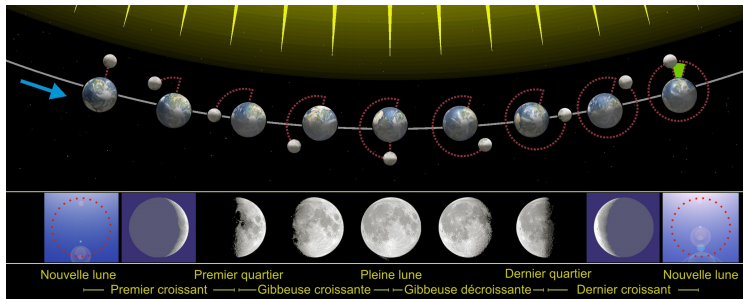
Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Les phases



Géométrie du système Soleil – Terre – Lune

Au Premier Quartier, la Lune se trouve là où était la Terre 3h auparavant

Eclipses possibles : Nouvelle Lune (éclipse de Soleil)
Pleine Lune (éclipse de Lune)



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

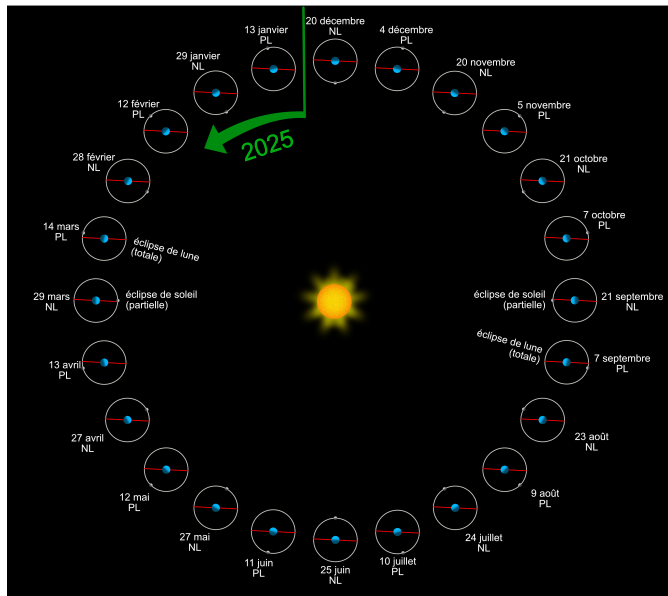
Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Position de la ligne des noeuds



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

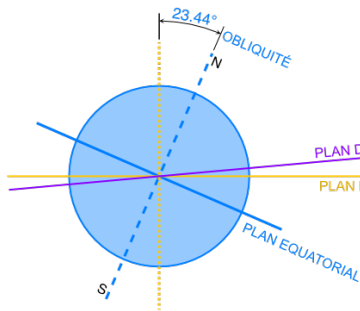
Formation

Les marées

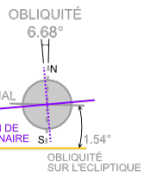
La durée du jour

Références

Éléments orbitaux



NB: TAILLES ET ANGLES SONT À L'ECHELLE, LA DISTANCE TERRE-LUNE NE L'EST PAS

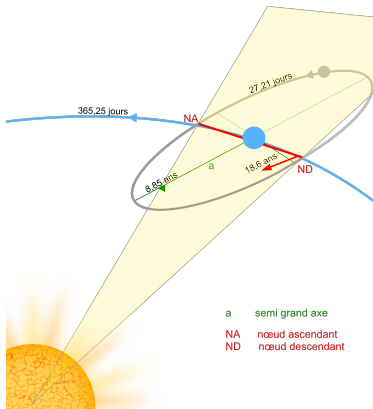


Orbite légèrement excentrique :

$$e = \frac{r_a - r_p}{r_a + r_p} = 1 - \frac{2}{\frac{r_a}{r_p} + 1} = 0.055$$

précession du grand axe en 8,85 ans

précession de la ligne des nœuds en 18,6 ans



a semi grand axe
NA nœud ascendant
ND nœud descendant

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

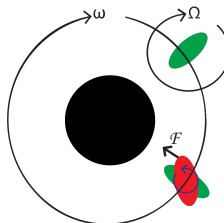
Références

Face cachée

La Lune nous montre toujours la même face :
phénomène de **synchronisation** dû aux marées

La déformation entraîne une
attraction plus forte sur le
bourrelet

→ torque qui oblige le satellite
à synchroniser sa rotation



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Libration

Orbite inclinée

→ libration en **latitude**

(Galilée 1632)

Orbite elliptique

→ libration en **longitude**

(Hewelius 1648)

Grâce à la libration, on peut voir 59% de la surface de la Lune (et non 50%)

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

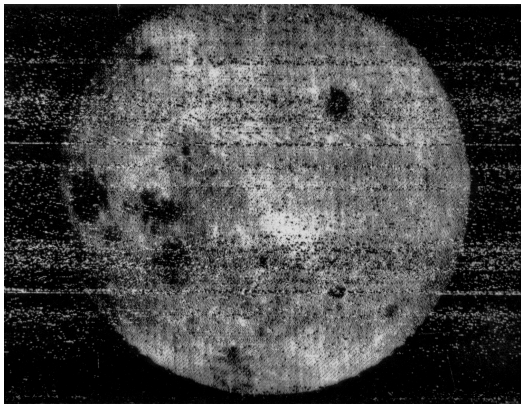
Les marées

La durée du jour

Références

Face cachée

Découverte de la face cachée par la sonde soviétique Luna 3, qui la photographie le 7 octobre 1959 lors d'une Nouvelle Lune



Apparaît très différente de la face visible

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

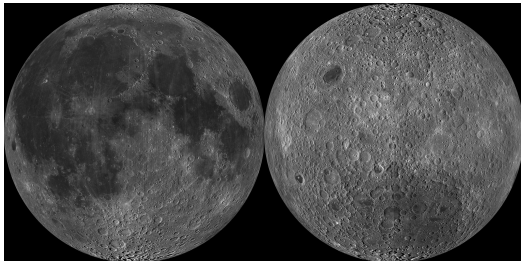
Formation

Les marées

La durée du jour

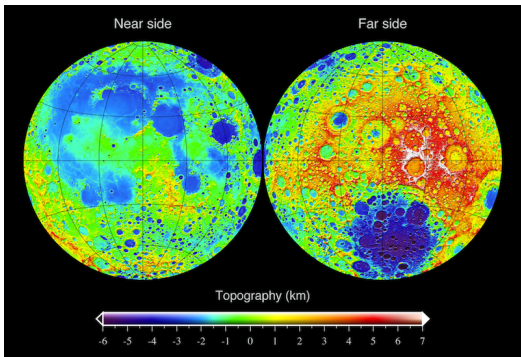
Références

Face cachée



31% de mers

2% de mers



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Caractéristiques de surface

Les mers : plaines basaltiques (sombres)
remplissent des bassins d'impact



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références



8. La Lune

Situation actuelle

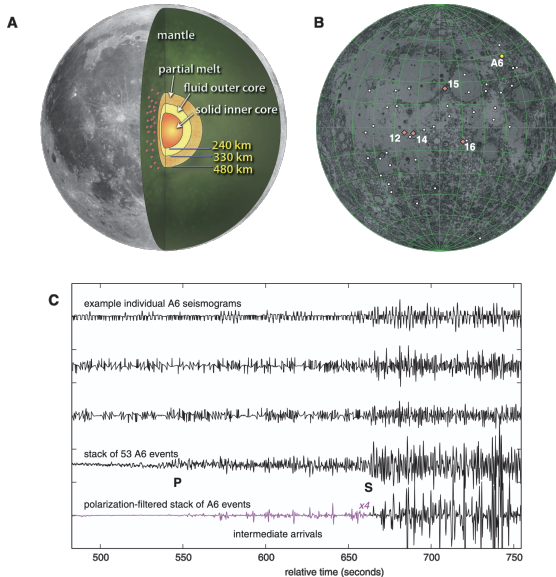
Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références



Très petit noyau : $<25\% R_D$ (voire moins, [Viswanathan+ 2019](#))



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

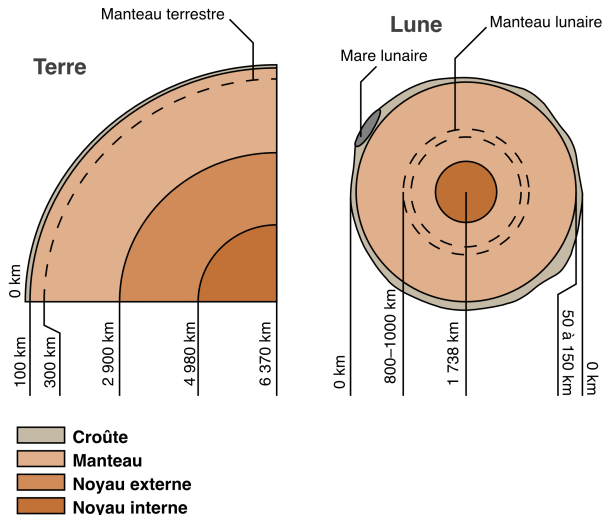
Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Structure interne de la Terre comparée à celle de la Lune



Formation de la Lune

Gros impact vers la fin de la phase d'accrétion

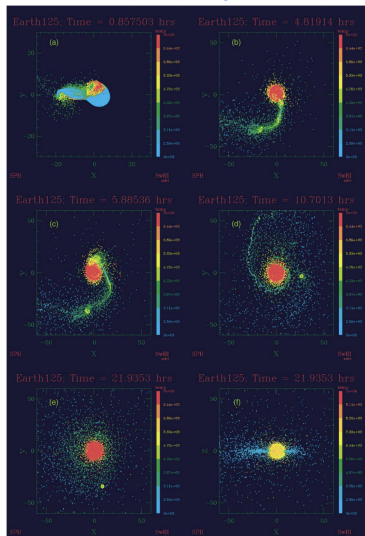
Impacteur de la taille de Mars (Theia)

Terre déjà partiellement différenciée

Retour à l'état de lave

Mise en orbite d'une partie des débris, d'autres sont éjectés jusque dans la ceinture d'astéroïdes *Bottke+ 2015*

Canup & Asphaug 2001; Canup 2004



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Date de la formation de la Lune

Contrainte sur la date de l'impact grâce aux abondances dans le manteau ([Jacobson+ 2014](#)) ou dans les roches lunaires ([Schneider & Kleine 2025](#)) → 75 – 90 Ma après la condensation



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références

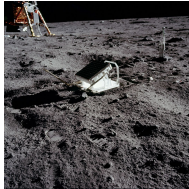
Evolution de la distance

La Lune s'éloigne de la Terre (à cause des marées)

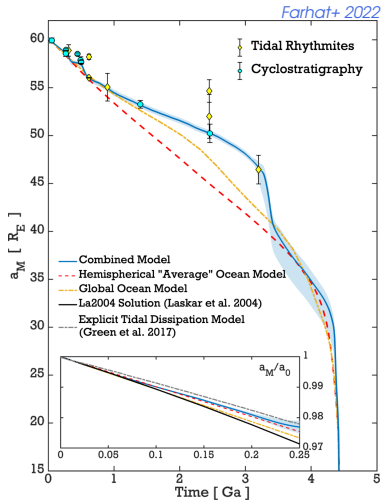
vitesse actuelle :
 $3,830 \pm 0,008 \text{ cm/an}$

Williams & Boggs 2016

mesures grâce aux réflecteurs
installés par Apollo 11, 14 et 15



© Walter B. Myers/J. Laskar/NASA



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

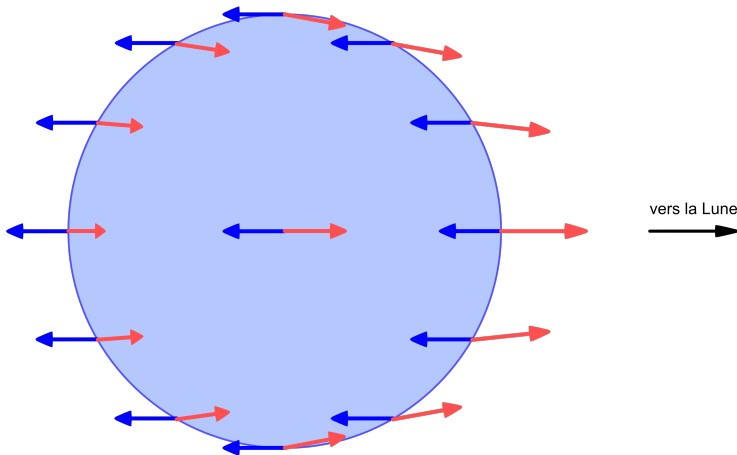
Les marées

La durée du jour

Références

Les marées : forces en jeu

La Lune exerce une force d'attraction d'autant plus forte que la distance est petite. L'inertie résiste à cette attraction



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

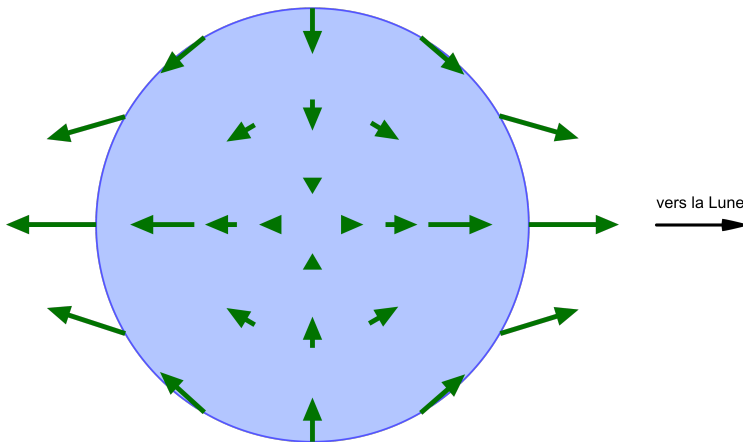
La durée du jour

Références

Les marées : forces en jeu

La Lune exerce une force d'attraction d'autant plus forte que la distance est petite. L'inertie résiste à cette attraction

Il résulte un champ de force symétrique



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références

Vision statique des marées

Vision naïve (statique) :



Prédiction de 2 marées hautes par jour, l'une sous la Lune, l'autre à l'opposé

La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

[Situation actuelle](#)

[Caractéristiques](#)

[Formation](#)

[Les marées](#)

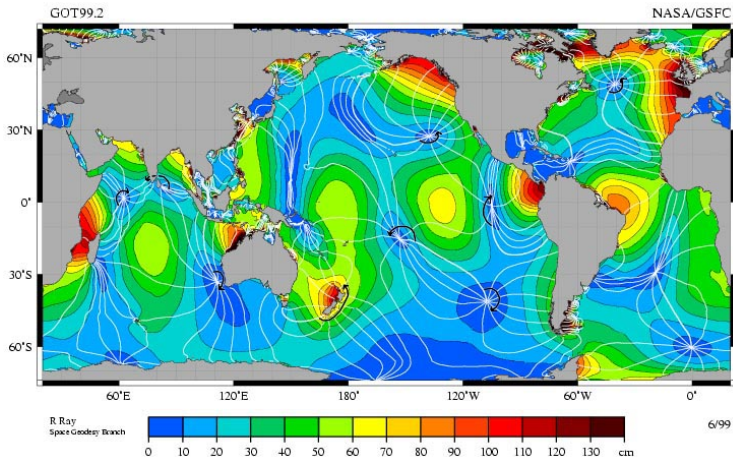
[La durée du jour](#)

[Références](#)

Vision dynamique des marées

En réalité, système dynamique : marée = onde !

Présence des continents, variation des fonds marins, effet Coriolis (circulation amphidromique)



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

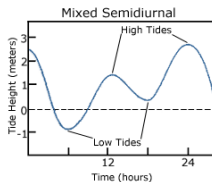
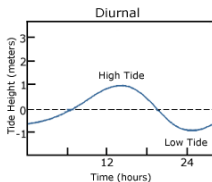
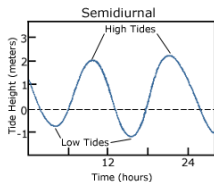
Les marées

La durée du jour

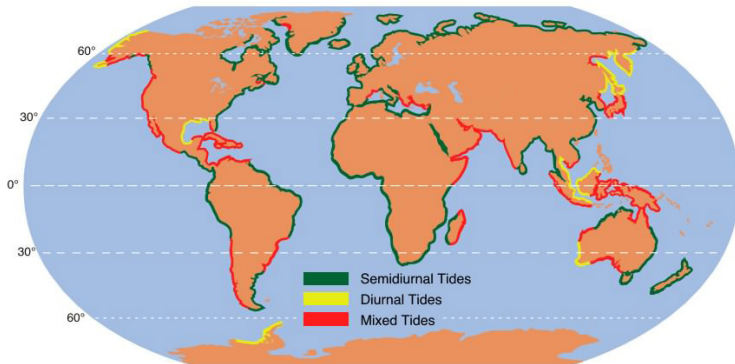
Références

Différents types de marées

Même le nombre de marées varie selon les endroits



© NOAA



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

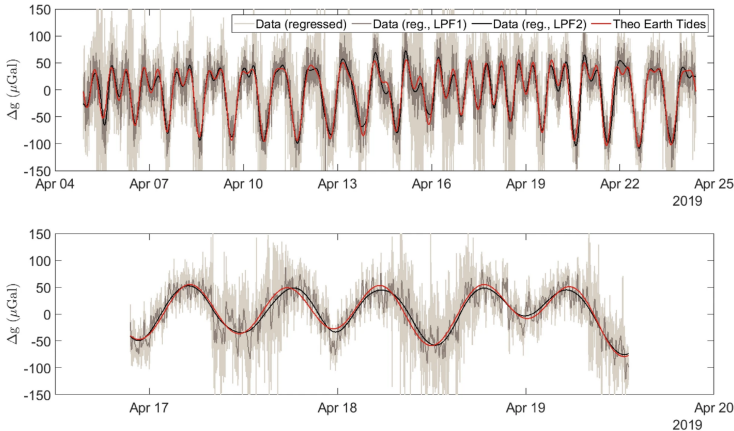
Les marées

La durée du jour

Références

Marées terrestres : amplitudes jusque 20-40 cm

Prasad+ 2022



déclenchement d'éruptions volcaniques [Klein 1976](#); [Sottili+ 2007](#);

[Jeyaraman & Venkatanathan 2024](#)

Doivent être prises en compte au CERN (collimation et énergie du faisceau)



8. La Lune

[Situation actuelle](#)

[Caractéristiques](#)

[Formation](#)

[Les marées](#)

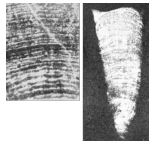
[La durée du jour](#)

[Références](#)

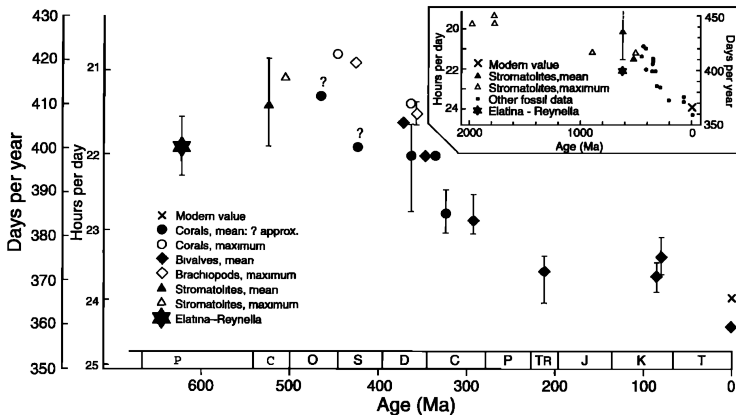
La durée du jour

La Terre ralentit, ce qui implique un allongement de la durée du jour de 2,395 ms/siècle (*Williams & Boggs 2016*)

Mesure du nombre de jour par année grâce aux anneaux de croissance de certains coraux (*Wells 1963*) ou sur des roches sédimentaires (marées)



Williams 2000



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

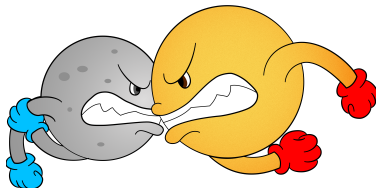
La durée du jour

Références

Synchronisation de la Terre

Marées dues à la Lune ET au Soleil

Sur qui la Terre va-t-elle se synchroniser ?



$$t_{\text{lock}} \propto \frac{a^6}{M_2^2}$$

Estimation à la louche :

$$\frac{a_{\odot}}{a_{\text{J}}} = 500 \quad \text{and} \quad \frac{M_{\odot}}{M_{\text{J}}} = 25\,000\,000$$

$$\rightarrow \frac{t_{\text{lock } \odot}}{t_{\text{lock } \text{J}}} = 20$$

La Terre mettra 50 milliards d'années avant de se synchroniser avec la Lune

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



8. La Lune

Situation actuelle

Caractéristiques

Formation

Les marées

La durée du jour

Références



Cet ouvrage révèle la vie secrète des étoiles, ce que nos yeux ne peuvent pas voir et qui gouverne l'évolution de ces actrices cruciales de l'histoire de l'Univers : nos mamans cosmiques.

Sortie en librairies le 31 octobre
(13 novembre en France)



8. La Lune

[Situation actuelle](#)

[Caractéristiques](#)

[Formation](#)

[Les marées](#)

[La durée du jour](#)

[Références](#)

Références I

- Bottke, Vokrouhlický, Marchi et al. 2015, Science, 348, 321 (ADS)*
- Canup 2004, Icarus, 168, 433 (ADS)*
- Canup & Asphaug 2001, Nature, 412, 708 (ADS)*
- Farhat, Auclair-Desrotour, Boué, & Laskar 2022, A&A, 665, L1 (ADS)*
- Jacobson, Morbidelli, Raymond et al. 2014, Nature, 508, 84 (ADS)*
- Jeyaraman & Venkatanathan 2024, Izvestiya Physics of the Solid Earth, 60, 1317 (ADS)*
- Klein 1976, Geophysical Journal, 45, 245 (ADS)*
- Prasad, Middlemiss, Noack et al. 2022, Scientific Reports, 12, 13091 (ADS)*
- Schneider & Kleine 2025, Earth and Planetary Science Letters, 669, 119592 (ADS)*
- Sottili, Martino, Palladino, Paciello, & Bozzano 2007, Geophys. Res. Lett., 34, L01311 (ADS)*
- Viswanathan, Rambaux, Fienga, Laskar, & Gastineau 2019, Geophys. Res. Lett., 46, 7295 (ADS)*
- Weber, Lin, Garnero, Williams, & Lognonné 2011, Science, 331, 309 (ADS)*
- Wells 1963, Nature, 197, 948 (ADS)*
- Williams 2000, Reviews of Geophysics, 38, 37*
- Williams & Boggs 2016, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 126, 89 (ADS)*