

Paris, le 4 mai 2023

Communiqué de presse

Pourquoi le Système solaire est-il aussi stable ?

Recherche
Formation
Culture scientifique



© Laura Canil et Michael Schirber

Contacts chercheurs

Observatoire de Paris - PSL

Federico Mogavero
Post-doctorant
federico.mogavero@observatoiredeparis.psl.eu
+33 (0) 1 40 51 23 04

Nam H. Hoang
Post-doctorant
nam.hoang-hoai@observatoiredeparis.psl.eu
+33 (0) 1 45 07 75 17

Jacques Laskar
Directeur de recherche CNRS
+33 (0) 1 40 51 21 14
jacques.laskar@observatoiredeparis.psl.eu

Contact presse

Observatoire de Paris - PSL

Frédérique Auffret
+33 (0) 1 40 51 20 29
+33 (0) 6 22 70 16 44
presse.communication@observatoiredeparis.psl.eu

La stabilité orbitale à long terme des planètes intérieures de notre Système solaire est un casse-tête persistant : les orbites de Mercure, Vénus, la Terre et Mars sont pratiquement stables tout au long de la vie du Système solaire, même si elles sont fortement chaotiques. Dans une étude publiée le 3 mai 2023 dans la revue *Physical Review X*, des chercheurs de l'Observatoire de Paris - PSL et du CNRS expliquent cette stabilité en termes de quasi-symétries et de quantités quasi-conservées.

Le mouvement à long terme des planètes du Système solaire est un problème qui remonte à la formulation de la loi universelle de la gravitation par Newton. Jacques Laskar, chercheur CNRS à l'Observatoire de Paris - PSL au sein de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (Observatoire de Paris - PSL, CNRS, Sorbonne Université, Université de Lille) a découvert en 1989 que le mouvement des planètes est chaotique sur une échelle de temps de 5 millions d'années et devient imprévisible au-delà de 60 millions d'années.

En 2008, Jacques Laskar montre que la probabilité d'une collision entre planètes intérieures (Mercure, Venus, Terre et Mars) est de 1% seulement sur les 5 milliards d'années à venir, durée comparable à l'âge du Système solaire.

Il y a deux ans, Federico Mogavero, post-doctorant à l'Observatoire de Paris - PSL au sein de l'IMCCE et Jacques Laskar ont montré que le temps typique à attendre pour un événement catastrophique est en fait bien supérieur à l'âge de l'Univers !

Alors, qu'est-ce qui rend les planètes intérieures du Système solaire aussi stables ?

Les chercheurs de l'Observatoire de Paris - PSL et du CNRS, à l'IMCCE, proposent un cadre qui justifie cette stabilité remarquable. Ils montrent que le mouvement à long terme des planètes intérieures est décrit par une hiérarchie d'échelles de temps allant de 5 à 500 millions d'années.

Trois symétries caractérisent les interactions planétaires responsables du chaos orbital. Ces symétries sont brisées par de faibles résonances, ce qui conduit à l'existence de quantités quasi-conservées qui représentent les variables les plus lentes de la dynamique. Une analyse en composantes principales des simulations numériques confirme ces résultats.

La stabilité des planètes intérieures sur la durée de vie du Système solaire émerge alors naturellement des contraintes que les quantités quasi-conservées exercent sur les variations chaotiques des orbites.

Référence

L'article est publié sous le titre : "Timescales of Chaos in the Inner Solar System: Lyapunov Spectrum and Quasi-integrals of Motion" par Federico Mogavero, Nam H. Hoang et Jacques Laskar, dans la revue *Physical Review X* en date du 3 mai 2023.

DOI : <https://doi.org/10.1103/PhysRevX.13.021018>

Cette étude a été soutenue par une subvention de l'Agence Nationale de la Recherche (AstroMeso ANR-19-CE31-0002-01) et par le Conseil européen de la recherche (ERC) dans le cadre du programme Horizon 2020 (Advanced Grant AstroGeo-885250).

Pour en savoir plus

■ **Actualité scientifique** : "The Final Piece in the Solar System-Stability Puzzle?", Katherine Wright, Deputy Editor of *Physics Magazine*, 3 mai 2023, *Physics* 16, 72,

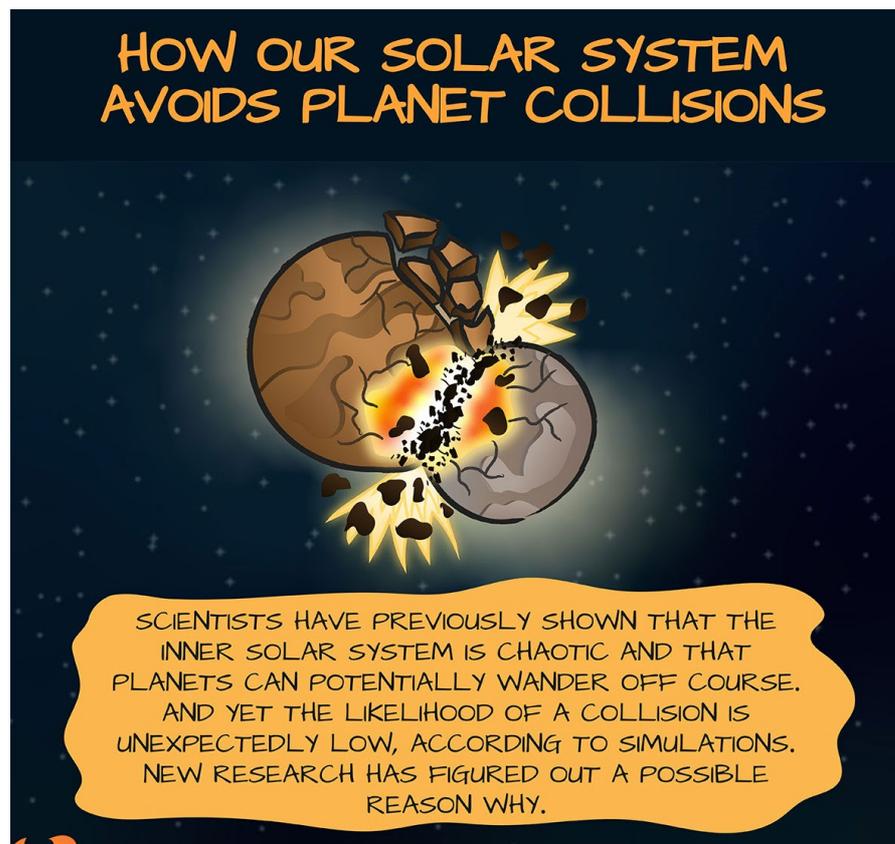
<https://physics.aps.org/articles/v16/72>

■ **Point de vue** : "Tackling the Puzzle of Our Solar System's Stability", Daniel Tamayo, Department of Physics, Harvey Mudd College, Claremont, California, 3 mai 2023, *Physics* 16, 57

<https://physics.aps.org/articles/v16/57>

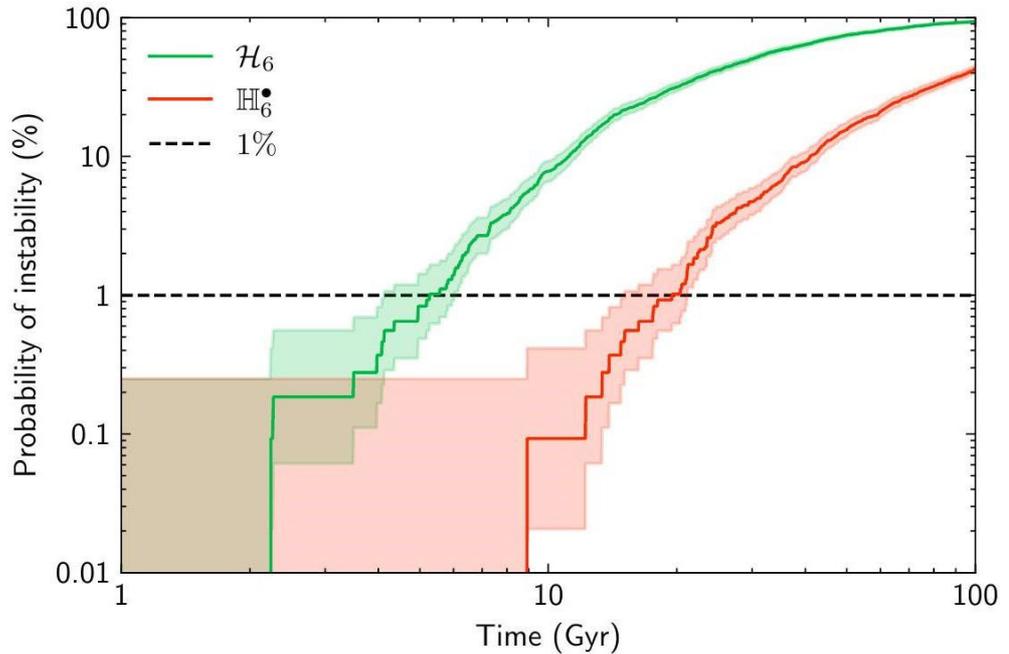
■ **Dossier spécial illustré en BD** : "How Our Solar System Avoids Planet Collisions", Laura Canil et Michael Schirber, 3 mai 2023, *Physics* 16, 73

<https://physics.aps.org/articles/v16/73>



Crédit : Laura Canil et Michael Schirber

Image



Légende : Probabilité d'occurrence des instabilités (collisions) des orbites des planètes intérieures au cours du temps. La courbe verte représente les statistiques nominales du Système solaire (notez que la plupart des évolutions possibles des planètes intérieures sont instables sur 100 milliards d'années). La courbe rouge correspond à une dynamique simplifiée, modèle dans lequel les quantités quasi-conservées changent encore plus lentement que dans le système réel. En conséquence, les instabilités prennent plus de temps à se développer.

Crédit : Federico Mogavero, Nam H. Hoang et Jacques Laskar, Observatoire de Paris - PSL