

Capture des satellites et migration des planètes géantes

Comme le soulignent les auteurs de l'article, quel que soit le mécanisme de capture des satellites irréguliers, reste la question de leur origine. Se sont-ils formés près de leur planète ou dans les régions externes du Système solaire ?

En 2007, David Nesvorný, de l'Institut de recherche du Sud-Ouest, à Boulder, David Vokrouhlický, de l'Université Charles, à Prague, et Alessandro Morbidelli, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, à Nice, ont proposé, dans le cadre du « modèle de Nice », un scénario de formation des essaims de satellites irréguliers qui penche en faveur de la seconde hypothèse.

Le modèle de Nice a été proposé en 2005 par A. Morbidelli, Harold Levison, de l'Université du Sud-Ouest, à Boulder, Rodney Gomes, de l'Université de Rio de Janeiro, au Brésil, et moi-même. Dans ce cadre, le Système solaire externe, entre 13 et 35 unités astronomiques (la distance de la Terre au Soleil) est resté peuplé de débris pendant près de 700 millions d'années après

la formation des planètes, jusqu'à ce que la forte interaction gravitationnelle entre Jupiter et Saturne induise des résonances qui ont bousculé l'ensemble du Système solaire. Des millions d'astéroïdes et de comètes ont été dispersés, tandis que les planètes principales ont migré vers leurs orbites actuelles, plus stables.

D. Nesvorný et ses collègues ont montré que, pendant la phase chaotique supposée par le modèle de Nice, lorsque les planètes s'approchent fréquemment les unes des autres (on parle de « rencontres proches »), les planétésimaux voisins peuvent être facilement capturés par celles-ci.

Il s'agit d'une variante de la capture à trois corps, où deux planètes se rencontrent et perturbent l'orbite d'un planétésimal proche, de sorte que ce dernier pénètre dans la sphère de Hill d'une des planètes. Lorsque les planètes s'écartent ensuite, quelques-uns des planétésimaux piégés deviennent des satellites permanents.

Les simulations montrent que la distribution des satellites capturés est similaire, tant en nombre qu'en termes de caractéristiques orbitales, à celle observée pour Saturne, Uranus et Neptune.

Dans la majorité des simulations, cependant, Jupiter semble se comporter différemment : la planète ne capture pas autant de satellites qu'attendu, tout simplement parce qu'elle ne subit pas beaucoup de rencontres avec les autres planètes.

Toutefois, dans un certain nombre de simulations, Jupiter passe par des rencontres suffisamment proches et fréquentes avec les autres planètes pour lui permettre de capturer des satellites irréguliers.

Des résultats récents du « groupe du modèle de Nice » suggèrent que ces simulations dont les paramètres conduisent à la capture sont plus proches de la réalité, bien que moins nombreuses.

Une évolution plus brutale de l'orbite de Jupiter semble en effet nécessaire, d'une part, pour que les orbites finales de Jupiter et de Sa-

turne soient les plus proches de celles observées ; d'autre part, pour assurer la stabilité des planètes telluriques durant la migration, et enfin pour satisfaire la distribution observée des astéroïdes entre Mars et Jupiter.

Une telle évolution est caractérisée par des rencontres plus proches et plus fréquentes que dans les autres simulations entre Jupiter et l'une des géantes de glace (Neptune ou Uranus), qui font migrer Jupiter vers son orbite finale en quelques centaines de milliers d'années, au lieu de millions d'années.

Les planètes telluriques sont alors « insensibles » au mouvement des planètes géantes, tandis que le « balayage » des orbites des planètes géantes est trop rapide pour que les résonances aient le temps de déstabiliser les astéroïdes.

Une évolution rapide de l'orbite de Jupiter semble ainsi expliquer la capture de ses satellites irréguliers.

Kleomenis Tsiganis

Université de Thessalonique, Grèce

La capture à trois corps pourrait expliquer pourquoi chaque planète a, à peu près, le même nombre de lunes irrégulières : bien qu'Uranus et Neptune soient moins massives que Jupiter et Saturne, elles sont plus loin du Soleil, et leurs sphères de Hill sont de taille comparable.

Si le scénario d'interaction à trois corps peut expliquer comment les lunes irrégulières ont été capturées, il n'indique pas d'où elles provenaient. Les chercheurs ont avancé deux origines possibles. Les lunes pourraient être des astéroïdes ou des comètes qui se seraient agrégés dans la même région du Système solaire que les planètes qui les ont finalement capturées. L'essentiel de la cohorte aurait alors été intégré à la planète elle-même, ou catapulté hors du Système solaire. Les lunes irrégulières seraient les plus chanceuses : ni englouties, ni condamnées à errer dans l'espace interstellaire.

Une autre possibilité est que les satellites irréguliers proviennent tous des régions extérieures du Système solaire, dans l'actuelle ceinture de Kuiper, au-delà de Neptune. Selon le « modèle de Nice »,

proposé en 2005 (voir l'encadré ci-dessus), des millions d'astéroïdes et de comètes ont été dispersés lors d'une phase chaotique survenue 700 millions d'années après la formation des planètes. Une fraction des petits corps dispersés aurait pu être capturée par les planètes lors des passages à leur proximité.

L'aspect de Phœbé, la lune de Saturne, ainsi qu'un spectre légèrement plus rouge des satellites irréguliers à mesure qu'on s'éloigne du Soleil appuient cette hypothèse, mais ne permettent pas de conclure. Des observations spectroscopiques plus précises sont nécessaires.

Si les lunes irrégulières des différentes planètes avaient des compositions chimiques différentes, cela conforterait l'hypothèse d'une formation locale. Si au contraire elles avaient des compositions chimiques semblables, cela renforcerait l'hypothèse d'une région d'origine commune.

Ainsi, comme des traces sur la chausmée après un accident, les satellites irréguliers pourraient nous révéler si le Système solaire est passé par une phase chaotique dans son enfance. ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

D. Nesvorný, D. Vokrouhlický et A. Morbidelli, *Capture of irregular satellites during planetary encounters*, *The Astronomical Journal*, vol. 133, p. 1962, 2007.

D. Jewitt et N. Haghighipour, *Irregular satellites of the planets: products of capture in the early Solar system*, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 45, pp. 261-295, 2007.

C. Agnor et D. Hamilton, *Neptune's capture of its moon Triton in a binary-planet gravitational encounter*, *Nature*, vol. 441, pp. 192-194, 2006.

D. Jewitt et S. Sheppard, *Irregular satellites in the context of giant planet formation*, *Space Science Reviews*, vol. 116, n° 1-2, pp. 441-456, janvier 2005.