



Lundi 20 février 2023

## Formation des lunes galiléennes dans un environnement appauvri en eau

**Alors que les modèles décrivant la formation des lunes galiléennes présupposent l'omniprésence de la glace dans leurs blocs de construction, une équipe internationale de chercheurs menée par des scientifiques français de l'Institut Origines d'Aix-Marseille Université et du Laboratoire d'astrophysique de Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université) propose un scénario original où ces corps se seraient agglomérés à partir de solides initialement appauvris en eau. Ces résultats ont été publiés le 17 février 2023 dans la revue *The Astrophysical Journal Letters*.**

L'une des caractéristiques fondamentales des lunes galiléennes (Io, Europe, Ganymède et Callisto) est que les deux satellites les plus lointains de Jupiter sont aussi les moins denses. Cette différence de densité est causée par des proportions différentes de roches et de glace, cette dernière étant plus légère. Ainsi, la fraction de glace serait négligeable dans Io, la lune la plus interne, mais constituerait jusqu'à la moitié de la masse des satellites externes Ganymède et Callisto. Les modèles de formation de Jupiter, ainsi que les mesures de l'abondance de l'eau effectuées par la mission NASA/Juno, sont compatibles avec la possibilité d'une formation du système jovien, au moins en partie, à partir de matériaux appauvris en glace. Pourtant, les modèles traditionnels expliquant la genèse des satellites galiléens requièrent que ceux-ci auraient été constitués à partir de blocs de constructions initialement riches en glace, issus de la nébuleuse protosolaire.

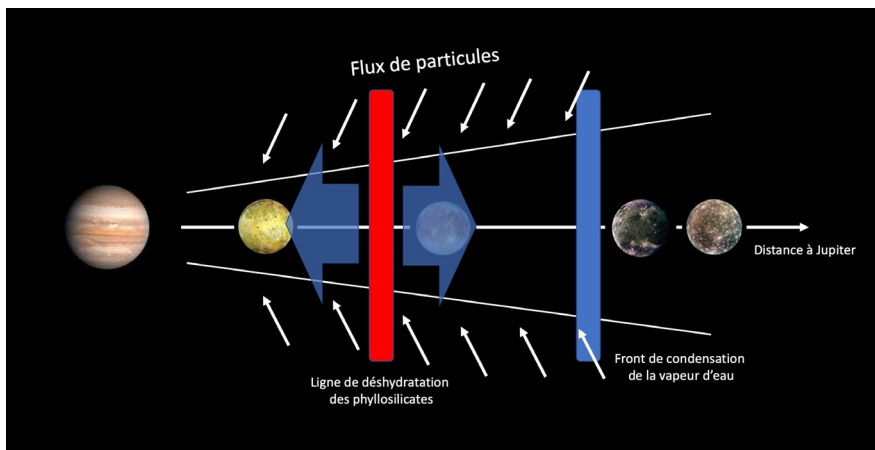
A l'encontre de cette vision classique, cette étude propose un scénario original où le disque circumplanétaire jovien aurait uniquement été peuplé par des minéraux chondritiques dénués de glace, mais riches en phyllosilicates. Ces minéraux sont des matériaux argileux qui peuvent contenir jusqu'à 10 % d'eau piégée dans leur espace intercalaire. La migration de telles particules dans la région interne du disque aurait entraîné leur déshydratation et la libération de vapeur d'eau qui diffuserait vers l'extérieur. Io aurait été le produit de l'accrétion de ces particules, qui se seraient desséchées en migrant vers l'intérieur du disque. Europe, en revanche, se serait formée à partir des mêmes particules, mais avant qu'elles ne se déshydratent en raison d'une migration trop prononcée dans les régions internes et chaudes du disque.

La diffusion de la vapeur d'eau libérée par les phyllosilicates aurait permis la formation de quantités importantes de glace dans la région de formation de Ganymède et Callisto au sein du disque circumplanétaire. Ces deux lunes auraient donc été le produit de l'accrétion de minéraux directement issus de la nébuleuse protosolaire et de glace condensée à partir de la vapeur d'eau issue des régions internes du disque circumplanétaire. Certaines de ces lunes, Europe en particulier, recèlent un océan d'eau liquide sous la surface, la manière dont elles se sont formées a des conséquences importantes pour la composition chimique de cet océan, et donc pour leur potentiel d'abriter la vie. Le scénario proposé pourra être testé par les missions ESA/JUICE et Europa/Clipper qui seront lancées vers le système de Jupiter en avril 2023 et au printemps 2024, respectivement.

**Référence : Early stages of Galilean moon formation in a water-depleted environment.** Olivier Mosis, Antoine Schneeberger, Jonathan I. Lunine, Christopher R. Glein, Alexis Bouquet, et Steven D. Vance. *The Astrophysical Journal Letters*, le 17 février 2023.



**Figure 1. Les quatre lunes galiléennes de Jupiter.** Montage des quatre lunes galiléennes de Jupiter. De gauche à droite : Io, Europe, Ganymède et Callisto, photographiées individuellement par le vaisseau spatial Galileo durant la période 1996–97. Les images sont mises à l'échelle proportionnellement et disposées dans l'ordre de distance croissante des lunes à Jupiter. Crédit NASA/JPL/DLR



**Figure 2. Scénario de formation proposé.** Les particules réfractaires composées de phyllosilicates migrent vers l'intérieur du disque circumjovien et croisent leur ligne de déshydratation à une température de 400 à 600 Kelvin. Les particules déshydratées poursuivent leur migration vers l'intérieur du disque et participeront à la formation de la lune interne Io. Europe se forme légèrement au-delà de la région de déshydratation à partir de particules de phyllosilicates non altérées. La vapeur d'eau émise par les particules déshydratées diffuse radialement dans le disque et recondense autour de 150 Kelvin à une plus grande distance de Jupiter. La quantité de glace ainsi formée s'accumule dans cette zone, puis s'agglomère avec les particules réfractaires afin de former Ganymède et Callisto.

CONTACTS CHERCHEUR :

**Olivier Mouis** – Enseignant-chercheur AMU  
[olivier.mouis@lam.fr](mailto:olivier.mouis@lam.fr)  
 +33 6 60 85 33 92

**Antoine Schneeberger** – Doctorant AMU  
[antoine.schneeberger@lam.fr](mailto:antoine.schneeberger@lam.fr)  
 +33 7 82 00 67 96

**Alexis Bouquet** – Chercheur CNRS  
[alexis.bouquet@univ-amu.fr](mailto:alexis.bouquet@univ-amu.fr)  
 +33 6 33 86 67 49

CONTACTS PRESSE :

**Clara Bufi** – Directrice de la communication AMU  
[clara.bufi@univ-amu.fr](mailto:clara.bufi@univ-amu.fr)  
 +33 6 28 43 04 92

**Bureau de presse du CNRS**  
[presse@cnrs.fr](mailto:presse@cnrs.fr)  
 +33 1 44 96 51 51