

---

# Les régolites glacés d'Encelade et d'Europe : étude expérimentale et numérique

Benoît Jabaud<sup>\*1,2</sup>, Riccardo Artoni<sup>1</sup>, Gabriel Tobie<sup>2</sup>, Erwan Le Menn<sup>2</sup>, and Patrick Richard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MAST - GPEM – Université Gustave Eiffel – Allée des Ponts et Chaussées, 44344 Bouguenais, France

<sup>2</sup>Laboratoire de Planétologie et Géodynamique [UMR 6112] – Université d'Angers : UMR6112, Université de Nantes : UMR6112, Institut National des Sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6112 – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 NANTES CEDEX 3, France

## Résumé

La plupart des corps du système solaire externe sont composés en grande partie de glace d'eau, parfois sous forme de matériaux granulaires à leur surface, aux propriétés uniques d'un corps à l'autre, selon leur mode de formation et l'environnement de surface. En particulier, sur Encelade, lune de Saturne, une activité de jets et le dépôt de grains de glace fins ( $\sim 10\text{-}100\mu\text{m}$ ) à basse température ( $\sim 60\text{-}80\text{K}$ ) suggèrent la formation de dépôts poudreux stables (Choukroun et al. 2020). Des processus analogues pourraient également être actifs sur Europe (Roth et al. 2014, Sparks et al. 2017). Caractériser les propriétés de ces glaces poudreuses est essentiel pour comprendre l'évolution des morphologies de surface et anticiper les problèmes techniques que pourront rencontrer les futures missions lors de l'atterrissage et/ou l'échantillonnage de ces matériaux. Dans ce contexte, nous développons des expériences et simulations numériques afin de caractériser le comportement mécanique de poudres de glace micrométriques, pour des températures allant des conditions martiennes aux lunes de Saturne. Les poudres de glace sont produites par injection d'un brouillard d'eau dans un bain d'azote liquide ( $\sim 77\text{K}$ ). Différentes conditions de synthèse mènent à des distributions de tailles de grains bien contrôlées. Nous caractérisons l'évolution de la cohésion de la poudre avec la température grâce à un tambour tournant, inspiré par Lumay et al. (2012), qui peut fonctionner sur une large gamme de basses températures ( $\sim 90\text{-}150\text{K}$ ) via un refroidissement à l'azote liquide. Ces premières expériences montrent que la cohésion de la poudre de glace augmente significativement avec la température entre 90 et 150 K, résultat surprenant mais qui semble en accord avec de précédentes études sur la cohésion de la glace effectuées au-delà de 170 K (Musiolik & Wurm, 2019). Nos expériences effectuées sur des échantillons aux distributions granulométriques variées, combinées avec d'autres essais mécaniques en cours de finalisation (densité tapée, essais en cisaillement, simulations par éléments discrets) nous permettent de déterminer l'effet de différents paramètres contrôlant le comportement mécanique des régolites glacés.

---

\*Intervenant