

La composition isotopique de l'astéroïde Ryugu révèle un lien avec les comètes

La mission spatiale Hayabusa 2 a ramené sur Terre des échantillons de l'astéroïde carboné Ryugu le 5 décembre 2020. Ces échantillons ont été analysés par la communauté internationale de juin 2021 à juin 2022. Dans cette phase d'analyses initiales, l'équipe d'analyses chimiques et isotopiques à laquelle a participé Jérôme Aléon de l'IMPMC a réalisé de nombreuses analyses isotopiques en roche totale et in-situ sur des minéraux individuels de Ryugu. Deux publications parues en 2022 reportent les résultats de l'étude des isotopes du fer en roche totale et de l'oxygène dans les minéraux anhydres (olivine, pyroxène et spinelle). Ces études mettent en évidence un lien entre l'astéroïde Ryugu, les astéroïdes de type Cb qui constituent 10 à 20% de la ceinture d'astéroïdes et les météorites qui en dérivent (les chondrites CI) avec les objets les plus externes du système solaire, les comètes et les objets transneptuniens. Cette origine avait déjà discutée à partir de l'enregistrement historique de la chute de la météorite d'Orgueil qui pointe vers une trajectoire cométaire (Gounelle et al. 2006).

La composition isotopique du fer (Hopp et al. 2022) mesurée dans les échantillons de Ryugu et dans des échantillons représentant la plupart des chondrites carbonées (météorites primitives riches en carbone) confirme le lien découvert dès les premières analyses minéralogiques et géochimiques entre Ryugu et les chondrites de la famille d'Ivuna (les chondrites CI, dont la composition chimique est la plus proche de la photosphère solaire). Elle révèle de plus l'existence d'une origine de Ryugu et des chondrites CI distincte de celle de tous les autres matériaux extraterrestres astéroïdaux ou planétaires étudiés jusque là, qu'il s'agisse d'objets carbonés ou non-carbonés. Si leur composition isotopique de Cr, Ti et O les apparente aux chondrites carbonées, leur composition isotopique de Fe proche de celle de la Terre et des chondrites non carbonées les en distingue. Ces compositions isotopiques sont des traceurs de l'incorporation de matériau interstellaire. Elles indiquent que la poussière interstellaire incorporée dans le précurseur des chondrites CI et des astéroïdes carbonés de type Cb représentés par Ryugu est différente de celle incorporée dans les autres objets du système solaire. Cela suggère leur accrétion dans une région différente du disque protoplanétaire. Ainsi Ryugu qui est un géocroiseur dont l'orbite est proche de la Terre et qui est issu des régions externes de la ceinture d'astéroïdes où résident les astéroïdes Cb, aurait une origine bien plus lointaine. En effet, l'abondance des volatils suggère un lien génétique avec les objets les plus externes du système solaire, les comètes et potentiellement les comètes du nuage de Oort. Leurs différences pourraient provenir d'une divergence tardive dans leur histoire thermique et dynamique.

La composition isotopique de l'oxygène des rares minéraux anhydres de Ryugu (Kawasaki et al. 2022) vient renforcer ce lien entre d'une part les chondrites CI, Ryugu et les astéroïdes Cb et d'autre part les comètes. En effet, la distribution de composition isotopique de l'oxygène dans les minéraux anhydres comme l'olivine, le pyroxène et le spinelle montre une distribution plus proche de celles des minéraux anhydres de la comète Wild2 ramenés par la mission spatiale Stardust que d'aucun autre type d'échantillon extraterrestre. Elle révèle également la présence de matériaux réfractaires rares et très petits comme ceux observés dans les échantillons de la comète Wild2.

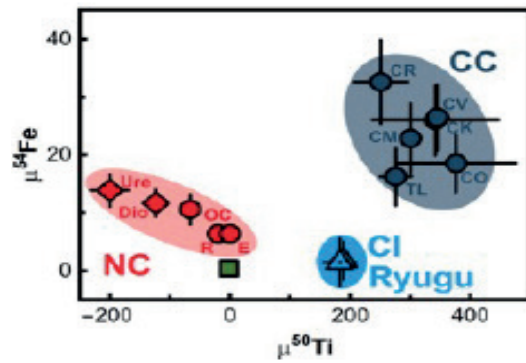


Figure 1

Composition isotopique du fer en fonction de la composition isotopique du titane, exprimées en parties par million, dans les météorites non carbonées (NC, rouge), les météorites carbonées (CC, gris), Ryugu et les météorites CI (bleu). La composition de la Terre est indiquée en vert (Hopp et al. 2022)

Alors que les comètes sont des objets très peu équilibrés, formées principalement de matériau rocheux anhydre associé à des glaces, Ryugu et les chondrites CI sont des objets hydratés dominés par des argiles et des minéraux formés en présence d'un fluide aqueux. Il est maintenant essentiel de comprendre quels sont les processus et les conditions d'hydratation qui lient ces matériaux, une étude qui se poursuit à l'IMPIC.

Références

N. Kawasaki and 93 co-authors incl. J. Aléon. Oxygen isotopes of anhydrous primary minerals show kinship between asteroid Ryugu and comet 81P/Wild2. *Science Advances* 8, eade2067, pp10. (2022) <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.ade2067>

T. Hopp, N. Dauphas, Y. Abe, J. Aléon and 88 co-authors. Ryugu's nucleosynthetic heritage from the outskirts of the Solar System. *Science Advances*, 8, eadd8141, pp 9. (2022) <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.add8141>

M. Gounelle, P. Spurny, P. A. Bland. The orbit and atmospheric trajectory of the Orgueil meteorite from historical records. *Meteorit. Planet. Sci.* 41, 135-150 (2006) <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2006.tb00198.x>

Contact

jerome.aleon(at)mnhn.fr