

Sujet de thèse

Caractérisation de la structure interne des astéroïdes par des procédures d'imagerie électromagnétique

Encadrante : Christelle Eyraud, Christelle.eyraud@fresnel.fr / 04 13 94 54 85

Laboratoire : Institut Fresnel, équipe HIPE

Description du sujet:

En novembre 2014, la mission Rosetta de l'Agence spatiale européenne a atteint la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko avec à son bord le radar CONSERT. CONSERT a exploré le noyau de cette comète en utilisant des ondes électromagnétiques dans le régime des ondes radio et en exploitant une configuration bistatique. L'un de ses objectifs scientifiques était de contribuer à une meilleure compréhension de la composition du noyau cométaire et de sa structure interne. CONSERT a été le premier instrument de ce type et a montré la capacité de ces techniques électromagnétiques pour explorer l'intérieur des petits corps systèmes solaire. Par conséquent, de nouvelles missions sont en préparation pour mieux comprendre la structure interne des comètes et des astéroïdes. En particulier, la mission ESA-HERA, lancée en octobre 2024 avec le radar JuRa à bord, rencontrera l'astéroïde binaire 65803 Didymos en 2026.

Le champ électromagnétique après intraction avec un astéroïde dépend de ses caractéristiques physiques, il est donc possible d'utiliser ce champ pour retrouver la structure interne de l'astéroïde et ses caractéristiques électromagnétiques. Ceci s'effectue grâce à la résolution d'un problème inverse de diffraction. Pour notre cas applicatif (comète et astéroïde), les principales difficultés sont dues à la très grande taille de ces cibles et au nombre limité de mesures disponibles.

Dans le cadre de cette thèse, nous chercherons à développer de nouvelles procédures d'imagerie adaptées à ce cas d'étude (à partir de celles existantes), de manière à extraire des informations quantitatives sur la structure interne des comètes et astéroïdes et ceci, à partir des données pouvant être mesurées dans la réalité des expériences spatiales. Ces procédures seront appliquées au cas du radar JuRa qui va sonder l'astéroïde Didymos afin de préparer l'exploitation des données du radar. Pour cela, des études seront conduites sur le choix des paramètres d'entrée, sur les informations les plus pertinentes pouvant être introduites dans ces procédures d'imagerie (notamment fournies par d'autres capteurs), et sur le choix des grandeurs à reconstruire. Les procédures seront confrontées à des expérimentations réalisées en laboratoire, en chambre anéchoïque sur des analogues d'astéroïdes.

L'étudiant.e bénéficiera des collaborations nationales et internationales en cours avec des chercheurs en planétologie et en mathématiques appliquées.

Ce travail de thèse combinera des travaux théoriques/numériques dans le domaine des hyperfréquences. Le.a candidat.e devra avoir de bonnes connaissances en physique, en particulier, concernant les champs électromagnétiques. Des compétences concernant les spécificités du domaine hyperfréquences seraient un plus.

Références :

- W. Kofman et al., Properties of the 67P/Churyumov-Gerasimenko interior revealed by CONSERT radar, *Science*, 2015.
- C. Eyraud, A. Hérique, J.-M. Geffrin, W. Kofman, Imaging the interior of a comet from bistatic microwave measurements: case of a scale comet model, *Advances in Space Research*, 62, 8, 2018.
- A. Hérique and al., Direct Observations of Asteroid Interior and Regolith Structure: Science Measurement Requirements, *Advances in Space Research*, 62, 8, 2018.
- C. Eyraud, L. I. Sorsa, J.-M. Geffrin, M. Takala, G. Henry, and S. Pursiainen, Full wavefield simulation vs. measurement of microwave scattering by a complex 3d printed asteroid analogue, *Astronomy and Astrophysics*, 643,(A68), 2020
- P. Michel, M. Küppers, A. C. Bagatin, B. Carry, et al. The ESA Hera Mission: Detailed Characterization of the DART Impact Outcome and of the Binary Asteroid (65803) Didymos, *The planetary science journal*, 2022
- A. Dufaure, C. Eyraud, L.-I. Sorsa, Y. O. Yusuf, S. Pursiainen, and J.-M. Geffrin, Imaging of the internal structure of an asteroid analogue from quasi-monostatic microwave measurement data - i. the frequency domain approach, *Astronomy and Astrophysics*, 674(A72), 2023
- L.-I. Sorsa, Y. O. Yusuf, A. Dufaure, J.-M. Geffrin, C. Eyraud, and S. Pursiainen, Imaging of the internal structure of an asteroid analogue from quasi-monostatic microwave measurement data - ii. the time domain approach, *Astronomy and Astrophysics*, 674(A73), 2023