
Sujet de thèse

Laboratoire: Institut Fresnel

Directeur de thèse: Christelle Eyraud

Coordonnées: christelle.eyraud@fresnel.fr, 04 13 94 54 85

Institut Fresnel, Equipe HIPE - Campus de Saint-Jérôme, F13397 Marseille, France, (<http://www.fresnel.fr/spip/spip.php?article1100&lang=fr>)

Co-encadrant: Amélie Litman, Hervé Tortel

Sujet : **Vers l'imagerie de la structure interne des petits corps du système solaire**

Description du sujet:

En novembre 2014, la mission Rosetta de European Space Agency a atteint la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko avec l'instrument CONSERT à son bord. CONSERT a permis d'explorer le noyau de la comète à l'aide d'ondes électromagnétiques dans le domaine radiofréquences en utilisant une configuration bistatique. Un des objectifs scientifiques de cet instrument est de contribuer à une meilleure connaissance de la composition des noyaux cométaires et de leur structure interne. Les premières mesures ont été réalisées immédiatement après l'"atterrissage" du module Philae sur la comète et elles ont déjà montré l'intérêt des ondes électromagnétiques pour l'exploration des petits corps du système solaire. CONSERT a été le premier instrument de ce type et à sa suite, de nouvelles missions sont en cours de préparation pour mieux connaître la structure interne des comètes et des astéroïdes. En effet, ces petits corps du système solaire sont une chance unique pour une meilleure compréhension du système solaire primitif et de son évolution.

Le champ diffracté par une cible dépend des caractéristiques physiques de celle-ci, il est ainsi possible - en théorie - de remonter à la structure de cette cible et à ses caractéristiques électromagnétiques grâce à la résolution d'un problème inverse. Pour le cas applicatif d'une comète ou d'un astéroïde, les principales difficultés sont dues à la taille très importante de la cible et au nombre de données limité.

Dans le cadre de cette thèse, nous chercherons à développer de nouvelles procédures d'imagerie adaptées au cas d'étude (à partir de celles existantes), de manière à extraire des informations sur la structure interne des comètes et astéroïdes et ceci, à partir des données pouvant être mesurées dans la réalité des expériences spatiales, notamment celle de l'expérience CONSERT, mais sans se limiter à celle-ci. 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), sur les modélisations utilisées et sur le choix des grandeurs à reconstruire. Des expérimentations seront aussi réalisées en laboratoire, en chambre anéchoïque, afin d'étudier l'interaction d'une onde électromagnétique avec des analogues de ces cibles. En effet, la modélisation rigoureuse de la propagation d'une onde électromagnétique à travers des cibles aussi grandes n'est pas triviale. Pour remédier à ce problème, des "simulations expérimentales" du champ

seront conduites. Les procédures d'imagerie développées seront testées sur des données expérimentales.

Ce travail de thèse combinera des travaux théoriques/numériques et expérimentaux dans le domaine des hyperfréquences. Le candidat 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 bibliographiques :

L-I. Sorsa and M. Takala and C. Eyraud and S. Pursiainen, A Time-Domain Multigrid Solver With Higher-Order Born Approximation for Full-Wave Radar Tomography of a Complex-Shaped Target, IEEE trans. on Computational Imaging, 2020.

C. Eyraud and H. Saleh and J.-M. Geffrin, Influence of the description of the scattering matrix on permittivity reconstruction with a quantitative imaging procedure: polarization effects, JOSA A, 2019.

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.

W. Kofman et al., Properties of the 67P/Churyumov-Gerasimenko interior revealed by CONSERT radar, Science, 2015.

R. Vaillon and J.-M. Geffrin, Recent advances in microwave analog to light scattering experiments, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 146, pp. 100 - 105, 2014.

J.-M. Geffrin, C. Eyraud, A. Litman, 3-D Imaging of a Microwave Absorber Sample From Microwave Scattered Field Measurements, IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 25, 472-474, 2015.

C. Eyraud, J.-M. Geffrin, A. Litman, J.-P. Spinelli, A large 3D target with small inner details: A difficult cocktail for imaging purposes without a-priori knowledge on the scatterers geometry, Radio science, RS0E23, 2012.

W. Kofman et al., The Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission (CONSERT): A short description of the instrument and of the commissioning stages, Space Sci. Rev., vol. 128, 2007.