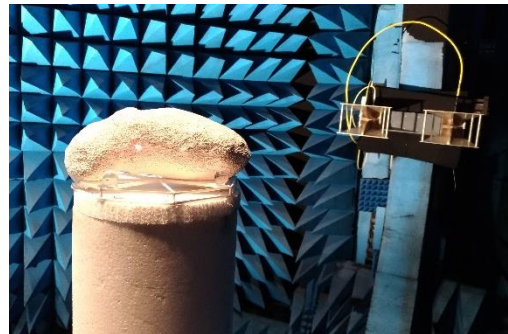


## Conception, réalisation et mesures microondes d'un analogue d'astéroïde

**Contexte :** Les informations précises sur la géométrie de quelques petits corps du système solaire (astéroïdes ou comètes) commencent à être disponibles, mais on manque d'informations sur leur composition interne. La première mission équipée d'un radar capable de fournir de telles informations a été la mission Rosetta, et ses données sont encore en cours d'exploitation, mais d'autres missions sont prévues comme la mission HERA qui embarquera le radar JURA pour caractériser le satellite Dimorphos, satellite récemment dévié de sa trajectoire par la mission DART.



**Objectifs :** Nous proposons d'aider les concepteurs et exploitants de ces radars à anticiper l'exploitation des mesures qui seront réalisées, grâce à des mesures en milieu contrôlé par analogie microonde. De telles mesures peuvent être réalisées dans nos chambres anéchoïques et avec des objets analogues. Pour tester les outils de traitements des mesures, il « suffit » d'augmenter la fréquence (de quelques dizaines de MHz à quelques dizaines de GHz) pour pouvoir travailler avec des objets à échelle réduite (de quelques centaines de mètres à quelques dizaines de cm) qui pourront alors être mesurés avec nos équipements. Cependant, pour que cette mise à l'échelle soit pertinente, il faut créer des analogues de géométries et caractéristiques réalistes ; le paramètre clé étant en l'occurrence, pour les ondes électromagnétiques, la permittivité des différents milieux composant ces astéroïdes.

**Déroulement :** Dans un premier temps, il faudra réaliser une étude bibliographique pour faire le point sur les connaissances de tels petits corps célestes. Notre équipe est en contact avec des spécialistes de ces astéroïdes (au LAM), et aussi avec les concepteurs du radar JURA avec lesquels nous échangeons régulièrement (à l'IPAG). Il faudra ensuite proposer des géométries réalistes et réalisables, a priori en fabrication additive. Nous proposons de telles techniques car nous avons pu montrer qu'elles permettent d'obtenir des analogues exploitables ([1] et [2]). Cette phase de réalisation d'un analogue sera une phase importante et le candidat sera amené à exploiter des outils de CAO et plusieurs techniques de fabrication additive. La deuxième phase de ce stage consistera à mesurer l'interaction des ondes avec cet analogue dans nos chambres anéchoïques. Et enfin, l'étudiant pourra commencer à exploiter les signaux mesurés.

**Compétences :** Ce stage comportera une partie expérimentale importante, il demandera des compétences sur la propagation des ondes, les analyseurs de réseaux et leur pilotage, ainsi que la commande de positionneurs mécaniques (pour reproduire des trajectoires possibles des radars). Des connaissances en CAO, en modélisation numérique de la propagation et de la diffraction des ondes électromagnétique seront également appréciées.

### Responsables du stage - Contacts :

Jean-Michel Geffrin : Ingénieur de Recherche au CNRS ([jean-michel.geffrin@fresnel.fr](mailto:jean-michel.geffrin@fresnel.fr))

Christelle Eyraud : Maître de conférences ([christelle.eyraud@fresnel.fr](mailto:christelle.eyraud@fresnel.fr))

**Lieu du stage :** Institut Fresnel (<http://www.fresnel.fr>), Saint Jérôme, Marseille. Le stagiaire recevra la **Gratification** : selon prévue par décret (environ 546 € par mois).

**Profil recherché :** Master 2 ou 3A en école d'ingénieur

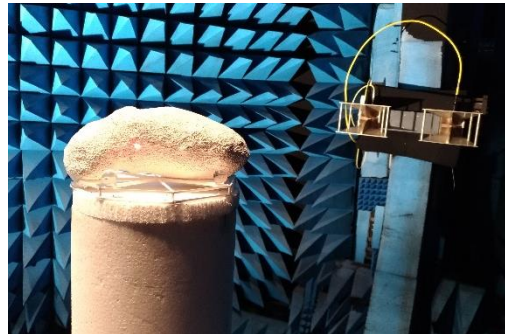
**Candidature par email :** CV, lettre de recommandation et relevés de note

[1] Sorsa, Liisa-Ida, et al. "Complex-structured 3D-printed wireframes as asteroid analogues for tomographic microwave radar measurements." *Materials & Design* 198 (2021)

[2] Eyraud, Christelle, et al. "Full wavefield simulation versus measurement of microwave scattering by a complex 3D-printed asteroid analogue." *Astronomy & Astrophysics* 643 (2020)

## Design, realization and microwave measurements of an asteroid analogue

**Context:** Precise information on the external geometry of some small bodies of the solar system (asteroids or comets) are now available, but we lack information on their internal composition. The first mission equipped with a radar capable of providing such information was the Rosetta mission, and its data are still being processed. But other missions are planned, such as the HERA mission, which will embark the JURA radar to characterize the Dimorphos satellite, a satellite recently deviated from its trajectory by the DART mission.



**Objectives:** We propose to help the designers and operators of these radars to anticipate the exploitation of the measurements which will be carried out, thanks to measurements in controlled environments by microwave analogy. Such measurements can be performed in our anechoic chambers and with analogous objects. To test the measurement processing tools, it is "sufficient" to increase the frequency (from a few tens of MHz to a few tens of GHz) and work with reduced scale objects (from a few hundred meters to a few tens of cm) which can then be measured with our equipments. However, to make this microwave analogy fully relevant, it is necessary to create analogues with realistic geometries and characteristics. The key parameter is, in this case and for electromagnetic waves, the permittivity of the various media composing these asteroids.

**Phases:** At first, a bibliographical study will be necessary to take profit of the most recent knowledge about such small celestial bodies. Our team is in contact with specialists of these asteroids (at LAM), as well as with the designers of the JURA radar with whom we regularly exchange (at IPAG). It will then be necessary to propose realistic and feasible geometries, a priori made by additive manufacturing. We propose such techniques because we already showed that they allow to obtain interesting analogues ([1] and [2]). This realization phase of an analogue will be an important step for which the candidate will have to use CAD tools and several additive manufacturing techniques. The second phase of this internship will consist in measuring the interaction of electromagnetic waves with this analogue in our anechoic chambers. Finally, the student will have to post-process and analyze the measured signals.

**Skills:** This internship will include an important experimental part, it will require skills on wave propagation, network analyzers, their control, as well as the control of mechanical positioners (to reproduce possible radar trajectories). Knowledge in CAD, numerical modeling of electromagnetic wave propagation and diffraction will also be appreciated.

### Supervisors - Contacts:

Jean-Michel Geffrin : Ingénieur de Recherche au CNRS ([jean-michel.geffrin@fresnel.fr](mailto:jean-michel.geffrin@fresnel.fr))

Christelle Eyraud : Associated Professor ([christelle.eyraud@fresnel.fr](mailto:christelle.eyraud@fresnel.fr))

**Internship location:** Institut Fresnel (<http://www.fresnel.fr>), Saint Jérôme, Marseille.

**Funding:** about 546 € per month

**Applicant profile:** Master 2 or 3A Eng. school in physics/electromagnetics/electrical eng./photonics

**Application:** Send CV, letter and marks by email

[1] Sorsa, Liisa-Ida, et al. "Complex-structured 3D-printed wireframes as asteroid analogues for tomographic microwave radar measurements." *Materials & Design* 198 (2021)

[2] Eyraud, Christelle, et al. "Full wavefield simulation versus measurement of microwave scattering by a complex 3D-printed asteroid analogue." *Astronomy & Astrophysics* 643 (2020)