

## PhD OPEN Position, LTEN laboratory / LPG-Nantes Laboratory

**TITLE : Experimental approach by similitude analysis and modelling of the exchange processes occurring in the deep icy layers and liquid oceans in water-rich bodies (ice satellites, exoplanets)**

### LABORATORY

- LTEN, Heat Transfer and Energy Laboratory of Nantes (C. Castelain, T. Burghellea)
- LPG-N, Planetology and Geodynamic Laboratory of Nantes (O. Grasset, S. Carpy)

### Description :

The research project is aimed at studying the exchange processes occurring in the Deep Icy Layers of the giant moons of Jupiter (Ganymede, Callisto), Saturn (Titan), and of the water-rich exoplanets. These unique objects possess deep oceans trapped in between an upper thick icy crust and a lower deep icy layer composed of high-pressure polymorphs of water ice. The goal of the study is to determine whether these deep oceans are habitable (potential to support or to host life of any kind), a situation which requires at least material and energy transport through the deep icy layer from the silicates in the core to the liquid water reservoir. The project is focused on these exchange processes that could occur through the high-pressure icy layer by studying the behavior of the molten interface and the convection modes within the icy layer.

To study the exchange processes that occur in the deep layers of giant icy moons and water-rich worlds is challenging. The origin of the natural phenomena cannot be easily reproduced in laboratory experiments. It is essentially the effect of high pressure over the melting temperature of ice that creates the unique situation encountered in icy moons. One important issue with the experiment is to ensure that all physical dimensions are properly scaled. The main tasks are to build a robust experimental setup according to similarity criteria co-developed with the Laboratory of Planetology of Nantes and to simulate at lab scale the convective motions of planetary mantles heated from below and at melting temperature at the upper interface. Measuring techniques for the in-situ characterization of both the flow field (particle image velocimetry) and the temperature field (liquid crystal thermometry) around the transitional zone will be implemented.

This experimental study will be completed by 2D and 3D modelling activities to precisely depict the phenomena occurring at the liquid-solid moving interface.

### Candidate profile:

The candidate will carry out reliable experiments independently and have good experimental skills (care, patience, sense of detail and reliability). The successful applicant will have good understanding of heat transfer, thermodynamics, fluids dynamics, and modelling. Basic knowledge of modern planetology will be appreciated, especially with respect to the exploration of the Outer Solar system. Experience with scientific programming (e.g. Matlab, Labview) will be a plus. A good knowledge of English and/or French is a must.

Mainly located in the heat Transfer and Energy Laboratory of Nantes (LTEN), the project, and the candidate will benefit from a continuous interaction with the Planetology and Geodynamic Laboratory of Nantes, and the Jean Leray Mathematical laboratory.

The position is funded by a Pays de Loire grant (EXPRODIL).

**Hiring Dates:** application starts on May the 1<sup>st</sup> 2017 at the earliest.

The application should include a Cover Letter, a CV, a list of publications (if available), a list of the courses taken during the BSC and the MsC studies with the transcript of grades and be submitted electronically to Dr. Cathy Castelain (Cathy.Castelain@univ-nantes.fr) or Professor. Olivier Grasset (olivier.grasset@univ-nantes.fr).

The applicant needs to arrange for two **confidential** reference letters to be sent via email.

## Offre de financement de thèse

**TITRE : Approche expérimentale par analyse de similitude et modélisation des processus d'échanges entre les couches de glace profondes et les océans liquides dans les corps riches en eau (satellites de glaces, exoplanètes)**

### LABORATOIRES DE THESE

- LTeN, Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes (C. Castelain, T. Burghellea)
- LPG-N, Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes (O. Grasset, S. Carpy)

### CONTEXTE / INTERET

Les lunes géantes de Jupiter (Ganymède et Callisto), de Saturne (Titan), et les exoplanètes riches en eau possèdent des océans profonds piégés entre une épaisse croûte de glace de surface et une couche de glace profonde dite glace haute-pression. S'il existe des transferts de matière et d'énergie à travers cette épaisse couche de glace interne alors de la chimie complexe et de l'énergie pourraient être apportées à ces réservoirs liquides à partir du noyau silicaté, et l'océan pourrait être habitable (capacité à développer ou accueillir la vie). Le projet EXPRODIL, financé par la Région Pays de la Loire, a pour objectif d'étudier les processus d'échanges qui pourraient exister entre les noyaux rocheux et les océans liquides via l'étude du comportement des interfaces en fusion des couches de glaces haute-pression et des modes de convection dans ces conditions particulières.

### METHODOLOGIE CHOISIE

L'approche choisie est de déterminer et quantifier les processus d'échanges **par la conception d'un dispositif expérimental à l'échelle du laboratoire, qui est indispensable pour établir l'état physique de la couche convective qui possède une surface supérieure à sa température de fusion.**

L'origine des phénomènes naturels ne peut pas être facilement reproduite dans des expériences de laboratoire. C'est essentiellement l'effet de haute pression sur la température fondante de la glace qui crée la situation singulière rencontrée dans les lunes de glace. La difficulté principale est de construire un dispositif expérimental respectant les échelles de similitude dans lequel il y aura des mouvements convectifs dans le manteau chauffé par le bas et avec une température de fusion à l'interface supérieure. Les mesures du champ de vitesse par vélocimétrie à images de particules et du champ de température par cristaux liquides seront réalisées proche de la zone de transition.

Dans un deuxième temps, des simulations numériques seront proposées pour valider et tester la robustesse des lois proposées.

**Si l'approche expérimentale par analyse de similitudes a été bien choisie, les processus identifiés expérimentalement seront validés numériquement**, ce qui permettra l'établissement des lois d'échelle et la quantification des processus en jeu, pour les partenaires du projet (LPG-Nantes et LMJL).

**Profil recherché :** Étudiant ingénieur ou en M2 avec de bonnes bases théoriques en thermique, thermodynamique et mécanique des fluides, et une volonté de travailler à la fois en expérimental et en modélisation numérique. Des connaissances en planétologie (en particulier sur l'exploration du système solaire externe) seront un plus. Le candidat sera amené à développer un dispositif expérimental, ainsi qu'à mettre en œuvre différentes techniques de mesure (PIV, Visualisation, Suivi de front de fusion, Mesure de températures). Ce travail expérimental nécessitera d'avoir de la patience, et le sens du détail. Une expérience en programmation Matlab/Labview sera un plus. En parallèle de cette étude expérimentale, le candidat sera aussi impliqué dans les simulations numériques. La connaissance du Français/ou Anglais est obligatoire.

Le travail sera réalisé principalement au Laboratoire de Thermique et Energie de Nantes, mais avec de nombreuses interactions avec le Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes et le Laboratoire de Mathématiques Jean Leray. Le financement de la thèse a été obtenu dans le cadre du projet EXPRODIL, financé par la région Pays de Loire (montant mensuel de la bourse environ 1300 € net). La candidature devra inclure une lettre de motivation, un CV, deux lettres confidentielles de recommandation et sera adressée avant le 1<sup>er</sup> mai 2017 à Cathy CASTELAIN ([cathy.castelain@univ-nantes.fr](mailto:cathy.castelain@univ-nantes.fr)) et Olivier GRASSET: [olivier.grasset@univ-nantes.fr](mailto:olivier.grasset@univ-nantes.fr)