



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2017

TITRE du SUJET : Caractérisation des régolites planétaires par sondage thermique: application aux satellites de Saturne et aux dépôts polaires de Mercure et de la Lune

Directeur (trice) : **FERRARI Cécile, Pr, ferrari@ipgp.fr**

Equipe d'accueil : **IPGP- Planétologie comparée et Sciences Planétaires – UMR7154**

Financement : **Contrat doctoral avec mission d'enseignement**

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

L'état des surfaces planétaires sans atmosphère, telle une peau, révèle les processus physico-chimiques mis en œuvre sur des échelles spatio-temporelles variées. Le labourage cosmique par le bombardement météoritique a généré depuis 4,6 Ga une couche de régolithe pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur : il n'efface cependant ni les marques des rayonnements et autres bombardements de particules de haute énergie, qui façonnent la structure du régolithe dans les premiers centimètres ou décimètres, ni les traces des processus géologiques qui ont pu avoir lieu sur des échelles de temps récentes ou lointaines. L'exploration du Système Solaire au cours de la dernière décennie a permis de récolter une moisson de données uniques sur les surfaces de Mercure ou de la Lune, des petits corps, des astéroïdes, des planètes naines, des comètes ou des autres satellites des planètes géantes. Ces surfaces ont été observées avec une résolution inégalée, de l'échelle topographique (km) à l'échelle macroscopique (cm) dans de vastes domaines de longueurs d'onde.

En particulier, les sondes Lunar Reconnaissance Orbiter, Dawn, Cassini ou Rosetta ont embarqué de manière quasi-systématique des spectromètres imageurs infrarouges, aptes à détecter tout ou partie de l'émission thermique de ces surfaces. La mesure de leur température au cours des cycles diurnes, saisonniers, voire lors d'éclipses, permet de sonder la surface à différentes profondeurs et l'allure des transitions thermiques nous renseigne sur les propriétés thermo-physiques du régolithe. Les profondeurs typiques que l'on peut atteindre vont de quelques millimètres pour les éclipses des satellites glacés de Saturne, à quelques dizaines de centimètres pour les régolithes lunaire ou à la surface de Mercure; elles sont donc tout à fait adaptées à l'étude de cette zone impactée par l'altération spatiale.

Nous avons récemment élaboré un modèle thermique de transfert de chaleur (Ferrari et Lucas 2016) permettant de déterminer, à partir de l'étude des cycles thermiques, les propriétés physiques du régolithe dans l'épaisseur de peau sondée, telles que la porosité, la taille des grains, la conduction thermique. Ce modèle permet aussi de distinguer les phases solides de la glace d'eau. Il est capable de reproduire les faibles inerties thermiques mesurées dans le Système Solaire avec une porosité attendue pour des empilements de grains. Nous avons enfin montré

que la conductivité par rayonnement dans les pores pouvait être majeure, même à faible température.

Ce sujet de thèse propose une démarche d'analyse de données de spectroscopie thermique, de modélisation et d'inversion afin de se pencher sur deux questions, touchant à différents phénomènes et types de surfaces, glacées ou rocheuses, qui sont d'intérêt particulier pour nous : la caractérisation des anomalies thermiques des satellites glacés de Saturne observées par le spectromètre CIRS à bord de la sonde Cassini et la signature thermique de dépôts de glace d'eau en sous-surface dans les zones d'ombrage permanent aux pôles de la Lune avec les données LRO-Diviner et de Mercure dans la perspective de la mise en orbite prochaine du spectromètre MERTIS à bord de la sonde Bepi-Colombo. Dans le premier cas, on contraindra, à l'aide des observations des cycles diurnes (de l'ordre de la journée), saisonniers (2004-2017) ou des éclipses observées (de l'ordre de quelques heures), les propriétés du régolithe dans les anomalies thermiques de Mimas, Dione et Rhea, créées par le bombardement privilégié de leur face avant par des électrons de haute énergie. Dans le deuxième cas, on couplera des modèles numériques de terrain (MNT) des zones polaires de Mercure et la Lune avec le modèle thermique afin de reproduire les faibles inerties thermiques observées ou d'estimer l'impact de la présence d'une couche de glace d'eau sous-jacente à ces latitudes sur les cycles thermiques de Mercure et de la Lune à des fins de caractérisation.