



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

TITRE du SUJET : **Caractérisation de la rugosité multi-échelle des surfaces naturelles par imagerie optique**

Directeur : **JACQUEMOUD Stéphane (Pr)**, jacquemoud@ipgp.fr

Co-directrice : **FERRARI Cécile (Pr)**, cecile.ferrari@cea.fr

Equipes d'accueil :

IPGP - Equipe de Planétologie et Sciences Spatiales – UMR7154
Laboratoire Astrophysique, Interactions, Multi-échelles – UMR7154

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission**

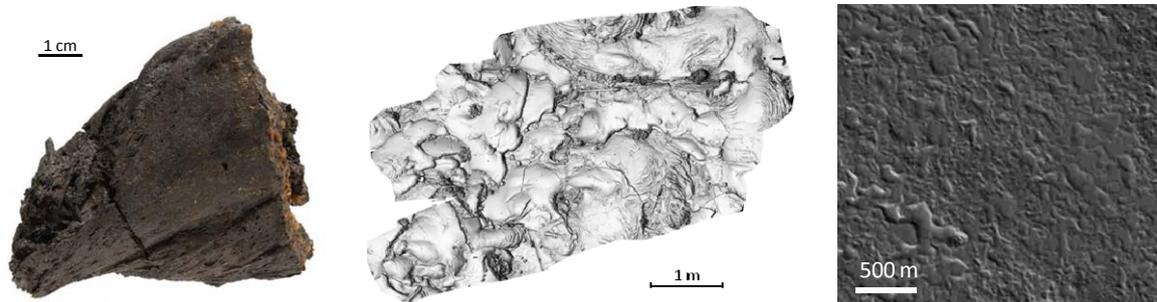
Plus de renseignement voir : <http://ed109.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

Les surfaces terrestres et planétaires ne sont ni lisses ni régulières, même si on les traite parfois comme telles dans les modèles photométriques. La rugosité apparaît à toute échelle, le plus souvent en deçà de la résolution spatiale des caméras embarquées. Toutes les échelles contribuent à moduler la lumière diffusée ou l'émission thermique, vers l'observateur : du cm au dm pour les particules des sols ou la structure granulaire du régolithe ; du dm au m pour les mottes de terre, les micro-fractures ou les petites coulées ; du m au km à l'échelle topographie des failles, des collines, des cratères ou des montagnes. Pourtant notre connaissance de la contribution relative de chacune des échelles spatiales caractéristiques à la fonction de diffusion ou d'émission est très imparfaite. Ainsi, souvent dans les modèles photométriques comme celui de Hapke, cette fonction est modulée par un seul terme décrivant la rugosité de surface.

Alors que la mesure par télédétection de la rugosité macroscopique des surfaces a donné lieu à de nombreux travaux de recherche tant théoriques qu'expérimentaux dans le domaine micro-onde, la littérature montre que les domaines solaire ou infrarouge ont été beaucoup moins investigués. B. Hapke a développé depuis les années soixante un modèle de transfert radiatif analytique permettant de simuler la BRDF (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*) des surfaces nues et qui, dans sa version la plus récente, intègre des paramètres liés à la rugosité et à la porosité des cibles. Même s'il est très utilisé en planétologie, il n'en demeure pas moins très discuté quant à la capacité de ses paramètres à transcrire la réalité du terrain. Ainsi nécessite-t-il encore d'être validé par des expériences de laboratoire/terrain ou des simulations numériques. Son application à l'étude des surfaces terrestres est très limitée.

Pour déterminer dans quelle mesure la diffusion mesurée à grande échelle peut nous renseigner sur les petites échelles et quelle échelle contribue le plus et à quel angle de diffusion, les satellites d'observation de la Terre et des planètes sont des outils privilégiés. Les derniers systèmes imageurs optiques (MISR, Proba-1, Pléiades) en orbite terrestre sont capables de mesurer la BRDF des surfaces avec des résolutions spatiales de plus en plus fines et dans un nombre croissant de longueurs d'onde. Les mesures de MNT *in situ* nous donnent la réalité du terrain à petite échelle.

Grâce à la grande variété de géométries d'observation et d'illumination, les missions d'exploration du système solaire, comme la mission Cassini, fournissent aussi des détails inégalés sur l'anisotropie de diffusion des surfaces. Les modèles pour interpréter ces données nécessitent désormais la prise en compte de l'aspect multi-échelle des surfaces et de leur influence sur une fonction de diffusion de mieux en mieux échantillonnée.



Porosité, rugosité et topographie d'une coulée de lave pahoehoe, Piton de la Fournaise, Ile de la Réunion.

Cette thèse s'intéresse à la caractérisation de la rugosité multi-échelle des surfaces naturelles par imagerie optique. Pour cela nous disposons de plusieurs jeux de données de télédétection et de rugosités de terrain, acquis à différentes résolutions spatiales sur des sites ou objets étudiés depuis de nombreuses années par l'Institut de Physiques du Globe de Paris (IPGP) et le laboratoire Astrophysique, Interactions, Multi-échelles (AIM). En particulier, lors de la recette en vol du satellite Pléiades-1B, nous avons pu obtenir une acquisition en mode vidéo sur le Rift d'Asal-Ghoubbet, une région caractérisée par une grande variété de rugosités.

| Sites d'études | Données de rugosité / topographie | Données de télédétection |
|--|---|--|
| Volcan du Piton de la Fournaise (La Réunion) | maquettes 3D (1 mm), MNT Lidar (1 m), MNT ASTER (30 m), MNT SRTM (90 m) | photographies aériennes (20 cm), images Pléiades-1B (70 cm), SPOT (10 m), etc. |
| Rift d'Asal-Ghoubbet (Djibouti) | MNT ASTER (30 m), MNT SRTM (90 m) | photographies aériennes (20 cm), images Pléiades-1B (70 cm), SPOT (10 m), etc. |
| Lune | MNT SELENE (100 m), MNT LRO/LOLA (5 m) | images LROC (~0.5 m), HIRES (~5 m), Pléiades, etc. |
| Mars | MNT MOLA/MGS (330 m) | HiRISE/MRO (~0.3 m) |
| Satellites / anneaux planétaires | | images Cassini/ISS, VIMS (NIR) |