

ÉCOLE DOCTORALE  
SCIENCES DE LA TERRE



université  
**PARIS  
DIDEROT**  
PARIS 7



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2011

---

**TITRE du SUJET : Ecoute sismique des instabilités gravitaires sur l'île de la Réunion : détection, caractérisation et évaluation des aléas associés**

Directeur (trice) : **Mangeney Anne (Pr)**, [mangeney@ipgp.fr](mailto:mangeney@ipgp.fr)  
Equipe d'accueil : **IPGP- Equipe de Sismologie – UMR7154**

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

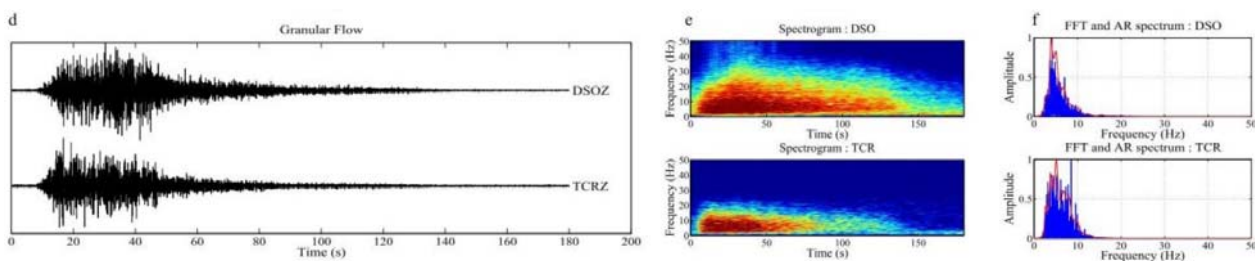
---

*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*

---

**Contexte général :** Les instabilités gravitaires comme les glissements de terrain, les avalanches ou les éboulements jouent un rôle clé dans les processus d'érosion à la surface de la Terre et représentent un des risques naturels majeurs en région volcanique, sismique, montagneuse et côtière. Malgré les nombreux travaux de modélisation et d'expérimentation de laboratoire et de terrain, la détection et la compréhension de la dynamique des instabilités gravitaires restent des problèmes ouverts. Un des freins majeurs à l'avancée de ces recherches est le manque de données de terrain sur la dynamique des instabilités, lié au caractère imprévisible et destructeur de ces catastrophes naturelles. Dans ce contexte, l'analyse des ondes sismiques générées par des instabilités gravitaires fournit un outil unique pour les détecter et les caractériser, sachant que ces instabilités sont enregistrées de manière continue sur les réseaux sismologiques régionaux et globaux (Figure 1). Ces données sismiques sont largement sous-exploitées à cause des difficultés liées à leur interprétation. Des études récentes combinant analyse sismologique, photogrammétrie et simulation numérique des écoulements gravitaires ont permis de faire un pas important dans l'analyse des signaux sismiques d'origine gravitaire (thèse de Clément Hibert). Sur la base de l'analyse des signaux générés par les éboulements récurrents dans le cratère Dolomieu, Piton de la Fournaise, une nouvelle méthode a été proposée pour détecter les signaux sismiques d'origine gravitaire et retrouver le volume de la masse déstabilisée à partir de l'énergie des signaux sismiques émis (Hibert *et al.*, 2011). De telles méthodes peuvent être implémentées dans les observatoires volcanologiques pour le suivi de l'activité gravitaire et représentent de nouveaux outils permettant de mieux comprendre le lien entre l'activité gravitaire et les activités volcanique, sismique et climatique.

**Objectifs et méthodologie :** Nous proposons d'aller plus loin dans cette direction en menant parallèlement deux axes de recherche complémentaires : le premier visera à appliquer la méthodologie développée par *Hibert et al.* (2011) pour étudier l'évolution de l'activité gravitaire sur le volcan du Piton de la Fournaise en analysant les séries temporelles enregistrées depuis plusieurs années par le réseau sismologique de l'Observatoire du Piton de la Fournaise. Ces données sismiques seront comparées aux autres mesures effectuées sur le volcan (GPS, interférométrie radar, corrélation de bruit sismique, etc.) pour mieux comprendre les différents mécanismes à l'origine de ces instabilités et éventuellement mettre en évidence des précurseurs à l'intensification de l'activité volcanique. En effet, les données recueillies par l'Observatoire OVPF semblent montrer une augmentation de la fréquence des éboulements avant une crise volcanique. Ces études seront étendues à l'ensemble de l'île et permettront de mettre en place une méthodologie d'évaluation des aléas associés à l'activité gravitaire. Parallèlement, nous chercherons à mieux comprendre les signaux générés par les effondrements gravitaires en répondant aux questions fondamentales suivantes : quelle est l'influence de la topographie et de l'hétérogénéité du milieu traversé sur le signal généré ? Comment les paramètres géométriques (masse, volume, ...) et physiques (coefficient de friction, processus d'érosion, présence d'eau dans l'écoulement, ..) influencent-ils les ondes générées ? Ces questions seront abordées d'une part à travers la modélisation numérique des écoulements naturels sur une topographie réaliste couplée à un modèle de propagation d'ondes en suivant l'approche proposée par *Favreau et al.* (2010). Ces nouveaux résultats montrent en effet qu'il est possible de simuler les ondes sismiques basses fréquences générées par des effondrements gravitaires. De plus, la comparaison entre les signaux simulés et observés permet de discriminer entre différents scénarios d'écoulement et d'estimer les paramètres rhéologiques mis en jeu. D'autre part, il s'agira de développer des expériences de laboratoire en collaboration avec l'IPG de Strasbourg, consistant à mesurer les émissions acoustiques générées par des écoulements granulaires. Les expériences préliminaires que nous avons initiées sur ce sujet montrent la faisabilité d'une telle approche et son potentiel à améliorer la compréhension du rapport entre l'énergie perdue lors d'un écoulement granulaire et l'énergie transmise sous forme d'ondes sismiques.



**Figure 1 :** Exemple d'ondes sismiques générées par des éboulements sur le Piton de la Fournaise, La Réunion, enregistrées par les stations large-bande DSO et TCR (*Hibert et al.*, 2011) : (d) vitesse verticale, (e) spectrogramme, (f) amplitude spectrale.

**Positionnement de l'étude au sein de l'IPGP, au niveau national et international:** Cette étude s'inscrit dans la continuité des travaux menés dans le cadre des ANR UnderVolc (thèse de Clément Hibert 2008-2011) et Planeteros, et se situe au cœur d'une nouvelle demande ANR LandQuakes déposée cette année sur l'étude des ondes sismiques d'origine gravitaire, dans laquelle sont impliquées les équipes de Sismologie, Géosciences Marines, et Géologie des Systèmes Volcaniques. Il s'agira en particulier d'exploiter les données enregistrées par les stations sismologiques et photogrammétriques installées sur le Piton de la Fournaise. Ce travail se fera en collaboration avec l'OVPF et sera complémentaire aux études menées en Martinique sur les signaux sismiques générés par les éboulements dans la rivière du Prêcheur (collaboration V. Clouard, C. Aubaud, A. Mangeney) et par les instabilités gravitaires sur l'île de Montserrat (collaboration A. Mangeney, A. Le Friant, G. Boudon). Cette thèse bénéficiera d'un contexte scientifique privilégié à travers des collaborations avec les chercheurs de l'équipe de Sismologie concernant l'analyse des données sismologiques, avec le Laboratoire d'Analyse et de Mathématiques Appliquées (LAMA), Marne la

Vallée concernant la simulation des écoulements gravitaires et avec le l'IPGS (Renaud Toussaint et Jean Schmittbuhl) concernant les expériences de laboratoire d'émission acoustique d'écoulements granulaires. L'aspect photogrammétrie sera mené en collaboration avec le BRGM (impliqué dans UnderVolc). Un co-financement de 50% de la thèse a d'ailleurs été demandé au BRGM par Gilles Grandjean, responsable de l'unité Risques Mouvement de Terrain & Erosion du BRGM. Au niveau international, cette étude s'insère dans un futur projet européen en cours d'élaboration sur l'étude des émissions sismiques des instabilités gravitaires.

Favreau, P., Mangeney, A., Lucas, A., Crosta, G., and Bouchut, F., 2010. Numerical modeling of landquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L15305.

Hibert, C., Mangeney, A., Grandjean, G., and Shapiro, N. M., 2011. Slopes instabilities in the Dolomieu crater, la Reunion island : from the seismic signal to the rockfalls characteristics, submitted to *J. Geophys. Res.*