



Sujet proposé pour un début de contrat en septembre 2014

TITRE du SUJET : **Modélisation numérique des glissements de terrain et des ondes sismiques générées**

Directrice) : MANGENEY Anne, PR, mangeney@ipgp.fr

Co-directeur: CAPDEVILLE Yann, CR (LPGN): yann.capdeville@univ-nantes.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

Développement du Sujet :

L'objectif de ce projet est de faire un pas en avant dans la détection, la prédiction et la compréhension des glissements de terrain et dans leur modélisation à l'échelle du terrain, grâce à l'analyse des signaux sismiques générés. Le signal sismique généré par les glissements de terrain (landquakes) fournit un outil unique pour retrouver les propriétés de l'écoulement, sa dynamique et son comportement mécanique. En effet, la fluctuation de la contrainte appliquée sur le sol par un glissement de terrain, à l'origine des ondes sismiques, est très sensible à l'histoire de l'écoulement et donc aux processus physiques mis en jeu pendant la mise en place de la masse rocheuse.

La stratégie du projet dans lequel s'insère cette thèse consistera à combiner une description très précise du glissement de terrain et la simulation et la mesure des ondes émises depuis l'échelle du laboratoire jusqu'à l'échelle naturelle, en conduisant un projet interdisciplinaire impliquant modélisation et observation. Plus spécifiquement, il s'agira durant cette thèse de simuler les ondes sismiques générées par un glissement de terrain en couplant des modèles d'écoulements granulaires à des modèles de propagation d'ondes. Un objectif ambitieux sera de développer des méthodes efficaces de couplage entre les modèles. D'autre part, il s'agira d'analyser, de simuler et d'inverser des "landquakes" naturels en utilisant des jeux de données sismiques et géomorphologiques de grande qualité encore sous-exploités, en particulier sur les volcans.

Des études récentes ont montré que le signal sismique longue période généré par les glissements de terrain peut être modélisé numériquement en couplant des modèles de glissements de terrain et des codes de propagation d'ondes (Favreau et al., 2010, Moretti et al., 2012). La comparaison entre les signaux basse fréquence simulés et enregistrés permet de discriminer entre différents scénarios d'écoulement, de contraindre les processus physiques impliqués et même de quantifier les paramètres rhéologiques mis en jeu (Brodsky et al., 2003, Favreau et al., 2010, Moretti et al., 2012). De plus, Hibert et al. (2011) ont montré que l'énergie sismique large-bande radiée par les



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



glissements de terrain peut être utilisée pour en déduire leur volume (Figure 1). Pour aller plus loin dans ces différentes approches permettant de retrouver les propriétés des écoulements à partir des signaux qu'ils émettent, il est nécessaire de mieux comprendre et quantifier à la fois les effets de l'hétérogénéité de la Terre et de la topographie sur la propagation des ondes, et les processus physiques mis en jeu dans les glissements de terrain. Cette thèse s'attaquera à ces questions en utilisant/développant un modèle numérique prenant en compte les processus d'érosion et de déposition ainsi que les interactions entre les phases fluides et granulaires, et en couplant ce modèle avec une hiérarchie de modèles de propagation d'ondes en fonction de la période et de la distance source/station considérée. La sensibilité du signal sismique aux caractéristiques du glissement de terrain, à la topographie et aux processus physiques mis en jeu sera étudiée.

Ces modèles seront comparés à des expériences de laboratoire sur les émissions acoustiques d'écoulements granulaires réalisées en collaboration avec l'Institut Langevin et l'IPGS et avec des données sismiques naturelles, enregistrées en particulier sur les volcans du Piton de la Fournaise sur l'île de la Réunion et de la Soufrière Hills sur l'île de Montserrat.

Ces travaux seront menés en collaboration avec des spécialistes en mathématiques pour la modélisation des glissements de terrain (F. Bouchut, LAMA, Marne-la-Vallée; E. Fernandez-Nieto et G. Narbona-Reina, Université de Séville) et en sismologie (J. P. Ampuero and H. Kanamori, CalTech, Pasadena, USA). Cette thèse, financée par l'Europe, s'insère dans le grand projet européen ERC SLIDEQUAKES qui impliquera une équipe de 6 jeunes chercheurs dans des domaines complémentaires (géophysique, physique, mécanique et mathématique). Ces recherches seront réalisées dans l'équipe de sismologie au sein d'un groupe de chercheurs s'intéressant à la modélisation et au suivi de sources environnementales (écoulements granulaires naturels, volcans, océans, ouragans, glaciers, mines, etc.). Pour plus d'information sur le groupe de recherche: <http://www.ipgp.fr/~mangeney/Research.html>

- Brodsky, E. E., E. Gordeev, and H. Kanamori, 2003, Landslide basal friction as measured by seismic waves, *Geophys. Res. Lett.*, 30(24), 2236.
- 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., 2011. Slopes instabilities in Dolomieu crater, la Reunion island : from the seismic signal to the rockfalls characteristics, *J. Geophys. Res.*, 116, F04032.
- Moretti, L., Mangeney, A., Capdeville, Y., Stutzmann, E. Et al., 2012. Numerical modeling of the Mount Steller landslide flow history and of the generated long period seismic waves, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L16402.



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



SFRC video - 23/09/2011 : 12-10-43-63

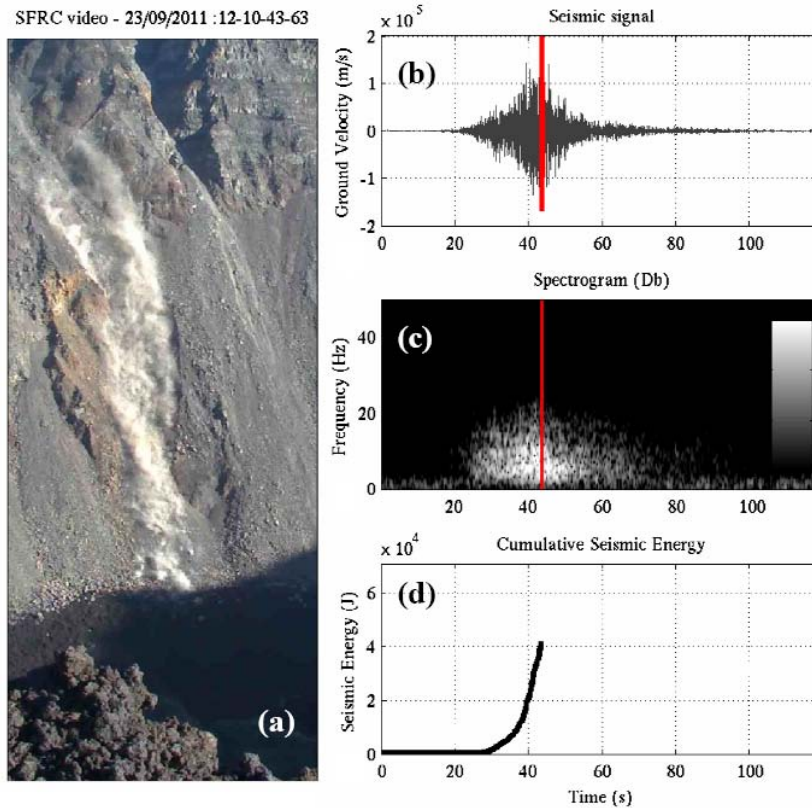


Figure 1: (a) Image from the recording of a rockfall in the Crater Dolomieu, Piton de la Fournaise volcano, Réunion Island, by local cameras (b)-(c)-(d) Seismic signal, spectrogram, and seismic energy generated by this rockfall, respectively. The vertical red line represents the time of the recorded image (a). This time almost corresponds to the instant where the maximum amplitude of the rockfall seismic signal is observed. The seismic energy is calculated up to this instant. Empirical relation makes it possible to recover the rockfall volume from the seismic energy [Hibert *et al.*, 2011].