



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2011

TITRE du SUJET :

**Etude de la nucléation et de la propagation de la rupture sismique:
des résultats expérimentaux aux données de terrain**

Directeur :

MADARIAGA Raül (ENS Paris, Professeur, madariag@geologie.ens.fr)

Co-directeurs:

SCHUBNEL Alexandre (ENS Paris, CR1 - aschubnel@geologie.ens.fr)

NIELSEN Stefan (INGV Roma, Rissercatore 2a classe, nielsen@ingv.it)

Equipe d'accueil :ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538

Financement : **Contrat doctoral avec mission. Cette thèse sera effectuée en co-tutelle entre la France et l'Italie (Universita Roma 3).**

*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*

Aujourd'hui des modèles de plus en plus complets sont développés afin de comprendre la dynamique des ruptures sismiques, mais l'impossibilité de mesures et d'observations directes in-situ reste un obstacle fondamental. Au cours des dix dernières années, des travaux expérimentaux (*Lockner et al. 1993, Xia et al., 2004, Di Toro et al., 2006, Nielsen et al. 2010*) ont permis de contourner partiellement cet obstacle, en s'intéressant à des failles artificielles simulées à petite échelle en laboratoire. Un des problèmes majeurs mis en relief par ces travaux concerne la répartition de l'énergie libérée pendant un séisme.

Propagation dynamique

Les récents progrès technologiques ont permis la mise au point d'appareils d'enregistrements acoustiques continus dans le domaine des fréquences ultra-soniques. L'utilisation de ce type de système permet d'enregistrer le rayonnement acoustique haute fréquence (20kHz-1.5MHz) de la rupture dynamique et de localiser en temps réel le front de rupture et les fronts d'ondes qui y sont associés. En particulier, nous étudierons de manière systématique l'effet de la rugosité et de l'endommagement sur la vitesse de propagation du front de rupture et les fréquences caractéristiques du rayonnement. Les données mécaniques pourront quant à elles être reliées à des paramètres microstructuraux, pour éventuellement infirmer ou confirmer certaines lois d'échelles (*Ohnaka 2003*).

Ecole Doctorale des Sciences de la Terre ☒ IPGP – 1, rue Jussieu – Bureau P27 – 75005 Paris

Directrice : Laure Meynadier - ✉ dir-Ed@ipgp.fr

Secrétariat : Prisca Rasolofomanana ☎ +33(0)1.83.95.75.10 - ✉ scol-Ed@ipgp.fr

Phase de glissement

Dans le cadre d'une collaboration avec l'INGV Roma, les mêmes types de mesures acoustiques seront réalisés sur des failles artificielles en glissement rapide sur une machine de rotation à haute vitesse. Nous nous intéresserons en particulier au signal acoustique des couplages thermo-chemo-mécaniques (*Brantut et al. 2010*) qui peuvent avoir lieu au cours du glissement sismique. Les conséquences de ces observations sur les couplages entre vitesse de glissement, température et énergie rayonnée feront l'objet d'une étude théorique.

Modélisation numérique de la rupture

La réalisation de simulations numériques permettra : (1) d'explorer les effets des lois de friction obtenues au laboratoire sur une fracture étendue ; (2) de comparer les résultats des expériences analogiques de propagation dynamique aux simulations numériques, et dans certains cas, vérifier leur compatibilité ; (3) de simuler la rupture de quelques tremblements de terre (Landers, Kunlun, Denali) qui ont des particularités intéressantes comme le déclenchement de la propagation supersonique ou une géométrie de faille non triviale.

Références :

- Brantut, N., A.Schubnel, and J. Sarout, *Thermochemical pressurization of faults during coseismic slip*, **J. Geophys. Res.**, doi:10.1029/2009JB006533, 2010.
- Di Toro, G., Hirose, T., Nielsen, S., Pennacchioni, G., & Shimamoto, T., *Natural and experimental evidence of melt lubrication of faults during earthquakes*. **Science**, 311, 647-649, 2006.
- Lockner D. A., *The role of acoustic emission in the study of rock fracture*, **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, 30, 1039-1046, 1993.
- Nielsen S, Tadeucci J. and Vinciguerra S., *Experimental observation of stick-slip instability fronts*, **Geophysical Journal international**, 180, 697-702, 2010.
- Ohnaka M., *A constitutive scaling law and a unified comprehension for frictional slip failure, shear fracture of intact rock, and earthquake rupture*, **J. Geophys. Res.**, 108, Art. 2080, 2003.
- Xia K., Rosakis A. and Kanamori H., *Laboratory earthquakes: the sub-rayleigh to super shear rupture transition*, **Science**, 303, 1859-1861, 2004.