



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA TERRE



Sujet proposé pour un début de contrat en Septembre 2013

TITRE du SUJET : Sismicité, couplages sismique-asismiques et processus transitoires de déformation dans un système de failles actives : le rift de Corinthe Grèce

Directrice: LYON-CAEN Hélène, DR, helene.lyon-caen@ens.fr

Co-directeur : BERNARD Pascal, Phys., bernard@ipgp.fr

Equipe d'accueil :

IPGP- Equipe de sismologie– UMR7154

ENS- Laboratoire de Géologie de l'ENS- UMR 8538

Financement : **Contrat doctoral**

For more information go to <http://ed109.ipgp.fr>, section: Offres de these (PhD offer), You must apply on the Doctoral School website

Depuis une dizaine d'année, il apparait de plus en plus clairement que la mécanique des failles sismogènes ne se limite pas au cycle idéal d'une phase de chargement tectonique régulier et lent suivi par une relaxation sismique rapide. De nombreuses instabilités et processus transitoires sont observés dans les régions actives (séismes lents, tremors tectoniques, essais de microséismes, cascades de grands séismes ...), dans une gamme spatio-temporelle très grande, révélant l'existence de couplages entre déformations lentes et rapides, et suggérant un rôle important des pressions de fluide.

Dans ce contexte de recherche en progression rapide, l'objectif de la thèse est de comprendre la dynamique d'un système de failles actives, à l'échelle de temps de quelques décennies, en analysant le détail de sa sismicité instrumentale, en lien avec ses déformations séculaires et transitoires. Il s'agit en particulier d'identifier et de caractériser finement les zones sismiques et asismiques du système étudié, de cerner le rôle éventuel de fortes pressions de fluide dans les zones de faille profondes, de préciser le couplage mécanique entre les phénomènes transitoires associés, et de déterminer leur potentiel sismogène en termes de séismes destructeurs.

Le site de cette étude est la terminaison ouest du rift de Corinthe, en Grèce, site privilégié depuis 20 ans par plusieurs projets européens et surveillé en continu depuis dix ans par des réseaux sismologiques et géodésiques (programme Corinth Rift Laboratory, CRL, <http://crlab.eu>). Cette zone de rift, d'environ 50 km EW x 30 km NS, caractérisée par un système de failles normales actives, a produit 6 séismes dépassant la magnitude depuis 3 siècles. Le rift s'ouvre à 1.5 cm/an dans la direction NS, correspondant à un taux de déformation de 10^{-6} par an, un des plus élevé au monde. Cette déformation rapide induit un niveau de microsismicité très élevé (~ 10 000 séismes par an) et très irrégulier, avec des essais sismiques durant de plusieurs jours à plusieurs mois, concentrés dans l'espace sur quelques kilomètres à une dizaine de kilomètres, et montrant de claires migrations de l'activité. La zone n'ayant pas subi de séismes importants ($M > 6$) depuis ceux de 1861 et 1887, un ou plusieurs séismes de magnitude dépassant $M=6$ sont attendus dans les décennies à venir.

Le réseau sismologique actuel, en continu, a déjà fourni les enregistrements de 80 000 séismes locaux depuis 2001, et leur analyse (S. Lambotte, EOST) a permis la création d'une base de données de multiplets et la production d'un catalogue de séismes finement relocalisés par double différence. Des mesures

géodésiques par un réseau de GPS continu et une base de données d'images InSAR fournissent le cadre de déformation globale de la zone d'étude. Enfin, des mesures extensométriques en sites de forage donnent des mesures plus fines des éventuelles déformations transitoires.

Les données de base pour le travail de thèse seront les données sismologiques du réseau CRL qui alimentent régulièrement une base de données depuis 2000. Les informations géodésiques acquises en GPS continu depuis 10 ans seront associées en complément, dans les étapes de modélisation mécanique et d'interprétation.

Sur les données sismologiques de CRL, de nombreuses études de base doivent être menées, pour arriver à une meilleure compréhension de la mécanique sous-jacente : mécanismes au foyer, magnitudes de moment, fréquence coin, dimension de source, statistiques de Gutenberg-Richter, statistiques d'Omori, clustering temporel (loi gamma), caractérisation statistiques des forçages et des lois d'interaction/corrélation spatio-temporelles entre séismes (Loi d'Omori généralisée). La dépendance spatio-temporelle des paramètres de ces diverses lois ainsi quantifiés, et leur covariance, pourrait permettre de mieux comprendre la mécanique du forçage. Par ailleurs, des études préliminaires ont montré une sensibilité du taux de sismicité aux déformations liées à la marée terrestre, ce qui permettrait de préciser les conditions de pression effective et les lois de frottement sur les failles. La réactivité de la sismicité locale aux ondes sismiques de grands séismes régionaux ou mondiaux pourra être analysée dans cette même perspective. Un des objectifs de l'analyse fine de multiplets pourrait être de définir le degré de superposition des surface rompues dans un même multiplet, l'observation de séquence de rupture sur des aspérités voisines et disjointes ne conduisant pas aux mêmes modèles mécaniques de forçage que celle de la répétition de la rupture d'une même aspérité. Enfin, des études complémentaires, à partir des données sismologiques des multiplets, pourraient caractériser des éventuelles variations des vitesses sismiques dans les zones actives, par des techniques de tomographie.

Ces études devraient aider à déterminer la structure fine et la cinématique des zones actives, et la localisation des principales zones de failles bloquées (aspérités pluri-kilométriques) potentiellement sismogènes ($M > 5$). Elles doivent en particulier permettre de mieux cerner la mécanique des forçages à l'origine des bouffées de microsismicité (glissement lent sur un segment de faille, migration de pression de pore dans la zone de faille), et devraient aider à quantifier la dépendance temporelle et spatiale de la probabilité de déclenchement de séismes modérés à fort induite par ces processus transitoires (par exemple par les variations induites de contrainte de Coulomb sur les zones bloquées).

Ces analyses, confrontées aux diverses mesures géodésiques, permettront de construire un modèle géométrique et mécanique 3D de cette zone sismiquement active du rift de Corinthe à partir du code d'éléments finis Z-set implémenté et testé à l'ENS pour cette application. Elles permettront aussi de préciser les lois génériques de couplages mécaniques entre transitoires sismiques et aismiques, incluant le rôle de l'eau.

Le travail de thèse se déroulera à Paris, sous la direction, en co-tutelle, de Pascal Bernard (équipe de sismologie, IPGP) et Hélène Lyon-Caen (laboratoire de Géologie, ENS), et en coopération étroite avec S. Lambotte (EOST, Strasbourg), Anne Deschamps. (GEOAZUR, Nice), et Saber El Arem (Arts et Métiers, Angers). Ces travaux seront développés dans le cadre du programme de « site instrumenté Corinthe » de l'INSU, et plus spécifiquement du projet ANR « SISCOR » (2011-2014) et du projet européen « REAKT » (2011-2014).