



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2018

TITRE du SUJET : Variabilité des modes de déformation co-sismique dans l'espace et dans le temps : le rôle de la géométrie des failles

Directeur (trice) : Klinger Yann, DR CNRS, klinger@ipgp.fr
Equipe d'accueil : **IPGP - Tectonique – UMR7154**

Financement : **Contrat doctoral avec ou sans mission d'enseignement**

*Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres_de_thèse
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale*

Développement du Sujet : Le risque sismique d'une région donnée est fonction de l'aléa présent sur ce territoire et de la vulnérabilité des structures. L'évaluation de ce risque sismique passe donc, dans un premier temps par la caractérisation de l'aléa sismique qui dépend directement de notre niveau de connaissance sur la sismicité du système de failles considéré, et notamment sa distribution spatiale et de son évolution dans le temps. Dans le cadre du présent projet, nous nous intéressons aux forts séismes continentaux qui ont rompu toute la croûte sismogénique dans toute son épaisseur, jusqu'à la surface. Ces ruptures de surface sont une donnée unique car non seulement elles nous renseignent sur le détail des processus de rupture pour les séismes contemporains (Vallage et al., 2015) mais, en fonction des conditions de préservation, elles nous éclairent aussi sur l'activité sismique passée (Choi et al., 2018). Nous allons tout particulièrement nous intéresser à la complexité de ces ruptures de surface dans l'espace et à leur évolution dans le temps. Il apparaît notamment que les failles qui sont activées lors de grands séismes ont une géométrie qui évolue au cours de la succession des séismes et que cette évolution peut être en partie guidée par les structures géologiques préexistantes (Vallage et al., 2016). Parce que cette géométrie n'est pas forcément optimale par rapport au champ de contraintes à un moment donné, lors d'un séisme le glissement peut se partitionner entre différentes failles qui accommodent différentes composantes de la déformation (chevauchant, décrochant ou extension). Une partie de cette déformation peut également être accommodée de manière plus distribuée en dehors de la zone de faille principale (Choi et al., 2018). Ce phénomène, appelé endommagement ou déformation « off-fault », peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres à quelques kilomètres en dehors de la zone de faille et représenter jusqu'à 1/3 de la déformation totale liée au séisme (Gold et al., 2015). Par ailleurs, il a aussi été suggéré (Fialko et al., 2005) qu'il pouvait exister un déficit de glissement co-sismique entre le glissement observé en surface et le glissement en profondeur (4-10 km). L'objectif du travail proposé est donc de mieux comprendre les processus de déformation affectant la surface au cours d'un séisme, notamment en s'intéressant à l'impact de la géométrie des failles, qui est un observable direct, sur la distribution de la déformation. La quantification détaillée de cette déformation directement dans la zone de faille permettra aussi de tester l'hypothèse de déficit de glissement co-sismique en surface.

Méthodologies envisagées :

- (1) Imagerie satellitaire : L'observation des grandes ruptures sismiques à l'aide d'images satellites permet l'analyse de la zone déformée sur de grandes distances, et constitue donc un outil indispensable, pour compléter par des études de terrain plus ponctuelles. Dans cette étude, nous utiliserons des séries d'images acquises avant et après un séisme afin de mesurer le champ de déplacement 3D par des méthodes de corrélation d'image (Rosu et al., 2015). Le premier séisme cible sera le séisme du Balûchistân (M_w 7.7) qui a eu lieu au Pakistan en 2013 pour lequel les données sont déjà disponibles. Ces images ont une résolution de 50 cm qui nous permet de documenter avec un niveau de détail encore jamais atteint la distribution de la déformation à l'intérieure de la zone de rupture, afin par exemple de préciser les processus de partitionnement de la déformation entre les différentes failles activées. Par ailleurs, la résolution des images et l'existence de plusieurs ensembles de données post-séismes pour le séisme du Balûchistân devraient nous permettre d'étudier l'évolution temporelle du signal de déformation au cours de la phase post-sismique. Ce travail se fait en collaboration avec R. Gold, chercheur à l'USGS, qui a été en visite à l'IPGP 1 mois en 2018.
- (2) Travail de terrain : La collecte de données sur le terrain s'effectuera en levant des tranchées paléosismologiques 2D et 3D au cœur de zones de failles et dans les zones d'endommagement associées. On favorisera des zones où la géométrie de la rupture est complexe afin d'analyser le partitionnement des différents modes de glissement et sa répartition entre la zone de faille principale et les zones d'endommagement. L'utilisation de la paléosismologie permettra d'étudier l'évolution temporelle des processus de partitionnement, et notamment la répétition, ou non, à l'identique de ces processus pour des séismes successifs (Wechsler et al., 2018).
- (3) Approche numérique : L'approche numérique consistera à utiliser, en collaboration avec Harsha Bhat (Géologie ENS), un outil numérique ayant la capacité d'inclure : (1) une faille à géométrie complexe sur lequel un séisme va se propager de façon dynamique, (2) un milieu élastique, représentant la croûte supérieure, et permettant le transfert des contraintes entre les différents éléments du modèle et (3) des cracks, représentant l'endommagement, incorporés au milieu et dont la croissance va dépendre des contraintes dynamiques associées à la propagation du séisme (Thomas et al., 2017). Ce modèle permettra de simuler une rupture sur une géométrie proche d'un cas réel et d'analyser l'endommagement associé, tout en contrôlant les paramètres de cette rupture. La multiplication des cycles sismiques permettra d'appréhender l'évolution temporelle du motif de déformation observé et de le comparer aux données réelles acquises par les deux approches précédentes.