



ED 398 Géosciences, Ressources Naturelles et Environnement
Proposition de sujet de thèse pour la rentrée universitaire 2020-2021

1. Modalités d'encadrement

Unité(s) de recherche au sein de laquelle le doctorat est réalisé :

Institut des Sciences de la Terre de Paris (ISTeP)- UMR 7193, 4, Place Jussieu, 75252 PARIS Cedex 05, France

Directeur de l'unité : **Leroy Sylvie, Directeur de recherche**

Directeur(s)* de thèse (HDR ou équivalent) : **Jolivet Laurent, professeur**

Co-directeur* de thèse (HDR ou équivalent) :

Co-encadrant (non HDR) : **Thomas, Marion, chargée de recherche, ISTeP - UMR 7193**

Responsabilités spécifiques de chaque encadrant : [champ libre]

L. Jolivet et M. Thomas participeront de concert à l'encadrement de la thèse. De manière plus spécifique L. Jolivet et M. Thomas interviendront sur la partie terrain et M. Thomas sera en charge d'encadrer les développements numériques.

*** Si un seul directeur de thèse est déclaré, il endosse 100% de la responsabilité de la thèse au regard de l'ED. Si 2 directeurs sont déclarés, ils partagent cette responsabilité à 50%. Le taux de responsabilité maximal est fixé à 300%. Les co-encadrants n'entrent pas dans le décompte, quel que soit leur rôle effectif**

2. Titre *Variations des propriétés physiques des zones de failles au cours du cycle sismique.*

3. Adresse courriel du contact scientifique : marion.thomas@sorbonne-universite.fr

4. Description du projet de thèse [champ libre 1 page max].

Une zone de faille active est un objet complexe, en perpétuelle évolution face aux contraintes mécaniques externes. Dans la partie cassante de la croûte, on observe du glissement sur le plan de faille en réponse à ces forçages. On observe une grande **variabilité des vitesses de déformation** qui couvrent un continuum allant du mm/an au m/s. Par ailleurs, les études de terrain et les expériences en laboratoire ont montré l'existence d'un **fort couplage entre la dynamique de glissement et l'évolution de l'organisation** (au sens thermo-mécanique) **du milieu environnant**. Ces observations suggèrent qu'elles exercent l'une sur l'autre une forme de rétrocontrôle. Afin d'améliorer **notre capacité à évaluer la taille, la magnitude et la récurrence des séismes**, ces deux processus doivent donc être étudiés comme un système unique d'accommodation des contraintes et non plus comme deux entités distinctes.

Ce projet de thèse découle de la nécessité de rassembler l'expertise accumulée dans les domaines connexes qui s'intéressent aux failles actives et à la mécanique de la fracture. En se basant sur l'expertise complémentaire des co-encadrants, nous proposons de **faire le lien entre les observations géologiques** (L. Jolivet) **et la modélisation micromécanique** (M. Thomas) du comportement des zones de failles. En s'appuyant sur les outils numériques, l'étudiant(e) étudiera l'évolution **des propriétés physiques du milieu en fonction du glissement sur les failles et leur impact, en retour, sur le mode de déformation et l'aléa sismique**. Sous la tutelle de L. Jolivet, les modèles seront validés selon leur aptitude à reproduire les observations géodésiques, sismologiques et géologiques. Ils permettront également de **déterminer les observables pertinentes à documenter sur le terrain**. De ce point de vue, le projet de thèse propose une véritable démarche d'aller-retour terrain-modèles. De manière plus spécifique, la thèse comprendra deux volets complémentaires qui allient numérique et terrain (deux chantiers de Terrain dans les Cyclades et à Taiwan sont prévus).

Partie I # - *Evolution des propriétés élastiques de l'encaissant au cours du cycle sismique.*

Motivation : L'endommagement créé lors de ruptures dynamiques entraîne un changement des propriétés élastiques du milieu, suivi par un recouvrement partiel des valeurs présismiques. Ces changements ont un impact majeur sur la rupture sismique et pendant la période post-sismique. Cela implique des variations temporelles de couplage et influe sur les répliques (impact sur l'estimation de l'aléa sismique).

Méthodologie : Implémentation d'une loi de cicatrisation des microfractures dépendant de la température et de la contrainte différentielle dans le modèle micromécanique existant. L'évolution de la quantité d'endommagement au cours du temps sera ensuite traduite en termes de loi d'évolution des modules élastiques après un séisme. Ces lois empiriques seront intégrées dans un modèle dynamique pour examiner l'effet sur plusieurs cycles sismiques. Ces résultats seront ensuite comparés à l'analyse géodésique et géologique des failles actives, à Taiwan et dans la région égéenne.

Partie II # - *Variation temporelle de la perméabilité et de la pression des fluides.*

Motivation : Plusieurs études ont souligné l'importance de la présence de fluides dans le comportement des zones de failles : variations de la vitesse de fluage, production de *tremors*, propagation des séismes majeurs dans la zone qui flue, influence sur le degré de couplage, et migration des *slow slip events*. Aujourd'hui, l'effet de la perméabilité et de la pression des fluides sur la rupture cosismique a été intégré dans les modèles mais l'impact sur la période entre les séismes majeurs est ignoré.

Méthodologie : Implémentation, dans le modèle micromécanique, d'une loi reliant la perméabilité à la densité des fractures afin de déterminer la pression interstitielle, pour des conditions aux limites prédéfinies. En lien avec la partie I, on pourra alors regarder l'évolution de la pression de fluides dans la zone de faille au cours du temps, ses effets sur le glissement et sur l'évolution de l'endommagement. Par la suite, les résultats seront intégrés dans un modèle de cycle sismique, ce qui permettra d'explorer le rôle des fluides au cours du temps et son influence sur la nucléation de nouveaux séismes. Ces développements seront comparés aux études des détachements dans les Cyclades, exemple où L. Jolivet et coll. se sont intéressés à la présence des fluides en lien avec les déplacements au cours du cycle sismique. Une comparaison sera également effectuée avec Taiwan où une variation saisonnière du fluage, liée aux changements de pression du fluide interstitiel, est observée.

5. Compétences et connaissances requises [champ libre 1/2 page max.]

Diplôme requis :

Le candidat au poste devra posséder un diplôme de master (ou équivalent) en sciences de la Terre avec une spécialité en géologie et/ou en géophysique.

Connaissances et compétences requises :

Le candidat devra posséder des connaissances en géologie structurale et avoir déjà réalisé des stages de terrain pendant son cursus.

Il devra également avoir des connaissances de bases sur l'utilisation des outils informatiques type Matlab et/ou fortran.

Connaissances et compétences souhaitées :

Le candidat aura de préférence une expérience en développement de code numérique.

Le candidat aura déjà travaillé sur le cycle sismique.

Savoir être requis :

Rigueur, curiosité, capacité à travailler en équipe.

6. Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche

Financement spécifiques obtenus pour le projet : **[Oui]**, si oui lesquels ? **[Financement d'une ANR (nom IDEAS, no ANR-19-CE31-0004-01) qui permettra de financer notamment les outils numériques, les missions de terrain, les publications et la participation aux conférences]**

Financement des missions nécessaires pour la réalisation du projet : **[Oui]**, si oui lesquels et pour quelles missions ? **[L'ANR IDEAS permet de financer deux missions de terrain pour l'étudiant(e) et un encadrant ainsi que d'assister à deux conférences et un workshop.]**

Accès à des bases de données spécifiques : **[Oui]**, si oui lesquelles ? **[Travaux déjà publiés sur Taiwan et la région égéenne]**

Accès à des ressources documentaires spécifiques : **[Non]**, si oui lesquelles ?

Accès à des plateformes : **[Oui]**, si oui lesquels ? **[Plateforme de calcul appartenant à l'ISTeP]**

Accès à des grands instruments : **[Non]**, si oui lesquels ? **[Champ libre]**

Autres :

7. Précisions sur les objectifs de valorisation des travaux issus du projet de recherche : [champ libre]

Exemples : projet de brevet, types de revues/colloques envisagés/réalisés, actions de vulgarisation scientifique envisagés/réalisés, etc.

La diffusion des résultats du projet auprès de la communauté universitaire se fera par le biais de publications dans des revues scientifiques à comité de lecture (i.e. Nature Geosciences, Journal of Geophysical Research, Geophysical Research Letters) et de présentations lors de conférences internationales. Nous prévoyons donc que le/la candidat(e) assiste une fois à l'American Geophysical Union (AGU) et une fois à l'European Geoscience Union (EGU). Nous prévoyons également de le/la faire participer à une école d'été se concentrant plus particulièrement sur des questions relatives au cycle sismique.

En ce qui concerne l'engagement auprès du grand public, nous encouragerons l'étudiant(e) à participer au vaste programme de vulgarisation scientifique déjà en place au niveau de l'ISTeP, notamment pendant la fête de la science.

Visa de la Direction de l'Unité

Commentaires éventuels :



Sylvie LEROY

Directrice ISTeP - UMR 7193

Directrice ISTeP - UMR 7193

Sylvie LEROY