



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2019

TITRE du SUJET : Transferts de masse associés aux très grands séismes de subduction par la mission GRACE

Directeur (trice) : **PANET Isabelle, Ingénieur IGN, panet@ipgp.fr**

Co-directeur (trice) / Co-encadrant(e) : *choisir éventuellement un.e co-directeur.trice avec HDR ou un.e coencadrant.e sans HDR supprimer les mots inutiles et ceux en italique*

REMY Dominique, Ingénieur IRD, dominique.remy@Get.omp.eu

Equipe d'accueil : *à préciser et supprimer la ligne inutile*

IPGP - Equipe de Géodésie - UMR7154

Financement : **Candidature à un contrat doctoral Ecole Doctorale STEP'UP et à un co-financement CNES**

*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 : (1 à 2 pages)

Dans les zones de subduction, les plaques océaniques en surface initient leur mouvement vers les profondeurs du manteau, formant des courants descendants au sein du système convectif interne. Ces zones frontières entre deux plaques sont également des lieux d'activité sismique intense, sièges des ruptures de plus forte magnitude. En domaine côtier, elles sont souvent densément peuplées. Les déformations dans ces zones sont suivies avec la meilleure précision possible par les observations géodésiques et sismologiques. Toutefois, une large part du système de subduction échappe à l'observation, puisque les mouvements asismiques en profondeur ne génèrent pas beaucoup de déformation crustale et que le domaine océanique reste le moins bien couvert par les réseaux au sol. Ainsi, la description classique des grands séismes de subduction est largement basée sur l'observation de la déformation de la plaque chevauchante, qui accumule des contraintes sous l'effet de son couplage avec la plaque plongeante, soudainement libérées pendant la rupture. Aujourd'hui, il reste difficile de déterminer suffisamment précisément quand se déclenchera un séisme, et quelle sera sa taille.

La gravimétrie satellitaire temporelle (GRACE, GRACE Follow-On) apporte un moyen d'étude nouveau et unique, en permettant le suivi des redistributions de masse à des échelles spatiales et temporelles intermédiaires (de l'ordre de quelques centaines de kilomètres, tous les 10 à 30 jours) dans tout le volume autour des frontières de plaques, et en particulier dans la partie profonde de la subduction. C'est une observation complémentaire à celle des déformations de la surface du globe, puisqu'un transfert de masse affectera différemment la gravité et la forme de la Terre, et qui sonde aussi des mouvements plus lents que ceux dans les fréquences sismiques. Par exemple, les variations de gravité enregistrées pendant et après les très grands séismes qui se sont produits depuis 2003, ont permis de suivre la réponse visco-élastique du manteau à ces événements. Plus récemment, la sensibilité en profondeur de GRACE a permis de replacer une rupture géante, celle du 11 mars 2011 au Japon (séisme de Tohoku), au sein d'une séquence régionale de transferts de masse se propageant sur quelques mois des profondeurs de la zone de subduction du Nord-Ouest Pacifique vers la surface et l'intérieur de deux plaques océaniques. Considérablement plus étendu que d'après les observations de géodésie et de sismologie, ce mouvement inclut une phase présismique vers 250 km de profondeur, attribuée à un étirement à grande échelle de la plaque Pacifique qui avance dans le manteau, dans les mois précédant la rupture. Ces résultats ouvrent des perspectives novatrices pour la compréhension des processus de déformation qui peuvent donner lieu à un séisme de forte magnitude.

Le travail proposé dans cette thèse est le suivant. En utilisant des méthodes et outils d'analyse des variations spatiales et temporelles des gradients du champ de gravité développés dans l'équipe, il s'agira de chercher si des variations de gravité précurseur aux séismes de Maule (Mw 8.7, février 2010) et de Sumatra (Mw 9.2, décembre 2004) peuvent être observées, et si le mouvement se propage à l'intérieur des plaques océaniques pendant les phases co- et post-sismiques. Si des précurseurs sont mis en évidence, nous étudierons leurs caractéristiques : sont-ils compatibles avec une interprétation en termes de déformation de la plaque subduite et à quelle profondeur, à quelle vitesse se propagent-ils en surface. Par l'analyse des modèles de champ de gravité tous les 10 jours, on cherchera si le mouvement est continu ou s'il s'interrompt (y compris dans le cas du séisme de Tohoku). Cette étape de détection et description du signal dans les données GRACE nécessitera d'étudier les variabilités liées au cycle de l'eau sur les zones considérées, ainsi qu'aux erreurs de striping dans les modèles de géoïde. La séparation des sources s'appuiera sur leurs caractéristiques temps-espace spécifiques, et pourra bénéficier de l'analyse de modèles de circulation globale pour l'hydrologie continentale, l'atmosphère et les océans.

Il s'agira ensuite d'étudier le sens et la complexité des variations de gravité mises en évidence, en les confrontant à des modélisations simples. Nous chercherons en quoi les redistributions de masse pré-sismiques éventuellement associées à chacun de ces trois grands séismes peuvent se singulariser, selon les caractéristiques de chacune de ces trois subductions. Ainsi, dans ces zones, les âges des plaques entrant en subduction sont différents, ainsi que leurs trajectoires dans le manteau. Si des précurseurs sont observés seulement dans le cas du séisme de Tohoku, ce résultat sera également intéressant et nous chercherons à comprendre pourquoi. Enfin, nous étudierons si les variations de gravité obtenues présentent la même géométrie que celles issues de modèles de glissements co- et post-sismiques basés sur des observations de déformation crustale, ou si, comme dans le cas du séisme de Tohoku, elles suggèrent un mouvement significativement plus grand que prédit à partir de ces mesures.

Cette étude comparative permettra de comprendre le caractère unique ou plus systématique de déformations pré-sismiques profondes à grande échelle avant une rupture géante et de leur

propagation jusqu'à l'intérieur de la plaque océanique, et le cas échéant, de caractéristiques telles que leur continuité et leur vitesse de migration au cours du temps. Dans un contexte de poursuite des observations avec le lancement de GRACE Follow-On en mai 2018, et de travaux de préparation de futurs concepts de missions gravimétriques aux performances encore améliorées, elle contribuera du même coup à évaluer l'apport de la gravimétrie spatiale pour la compréhension de l'aléa sismique, complémentairement au suivi des déformations de surface et de la sismicité.

Le travail se déroulera dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP), l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN) et Géosciences Environnement Toulouse (GET, Observatoire Midi-Pyrénées). Elle bénéficiera d'une co-direction de Dominique Remy (GET Toulouse) sur la comparaison des signaux gravimétriques observés avec des modélisations basées sur les observations géodésiques, et d'une collaboration avec l'équipe de géodésie spatiale CNES/GRGS du GET Toulouse sur les observations de gravimétrie satellitaire. Elle permettra enfin au doctorant de se former aux méthodes d'analyse des variations spatio-temporelles du champ de gravité et de ses sources développées à l'IGN et à l'IPGP.