



ÉCOLE DOCTORALE

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT ET PHYSIQUE DE L'UNIVERS, PARIS

ed560.stepup@u-paris.fr

Titre du sujet :

Directeur (trice) :

Klinger Yann, DR, klinger@ipgp.fr

Co-directeur :

Bollinger Laurent, chercheur HDR, laurent.bollinger@cea.fr

Equipe d'accueil :

IPGP- Equipe de Tectonique – UMR7154 + lab. CEA

Financement : **Contrat doctoral CEA**

Développement du sujet : (Maximum 2 pages)

Sujet : Thèse «Contrôle structural de la sismicité le long d'un système de failles décrochant en domaine intracontinental»

Contexte :

La lithosphère intracontinentale est soumise à de faibles déformations. Les structures tectoniques qui l'affectent présentent, dans une majorité de cas, des histoires tectoniques complexes et polyphasées et une histoire récente souvent cryptique du fait de leur faible vitesse de glissement. Certains systèmes de failles produisent des forts séismes très peu fréquents et sont donc très difficiles à appréhender par la seule étude de la sismicité instrumentale. Pour autant, les systèmes de failles intracontinentaux présentent parfois des variations spatiales de sismicité stables dans le temps, à l'échelle de plusieurs décennies, et ce malgré leur faible exposition à des charges de contraintes tectoniques significatifs. Cette microsismicité peut traduire l'influence de processus variés qui s'appliquent sur un système de faille à la géométrie profonde plus ou moins complexe, et peuvent nous renseigner sur leur potentiel sismogène.

Objectif de la thèse

Cette thèse s'attachera à documenter la sismicité à la jonction entre deux grandes failles de Mongolie. La région d'étude est affectée par un faible taux de déformation mais à une sismicité instrumentale relativement abondante à l'image de ses forts tremblements de terre récents, dont quatre se sont produits au cours du siècle dernier. Ces séismes comprennent le séisme de Tsetserleg -1905 (M 8,1), suivi 14 jours plus tard par le très fort séisme de Bolnai le plus grand séisme intracontinental connu au monde (M 8,4 - plus de 350 kilomètres de rupture - glissement de surface supérieur à 10 mètres). Les ruptures superficielles de ces séismes ont été cartographiées, plusieurs paléoséismes ont été documentés et datés, fournissant des informations sur l'activité passée de ces segments de faille, mais les relations entre les deux failles ne peuvent pas être élucidées uniquement sur la base des ruptures superficielles qui affectent le sol. Leur compréhension pourrait bénéficier d'une étude sismologique dédiée. La jonction des failles de Bolnai-Dungen et de Tsetserleg est toujours le site d'une activité sismique intense, qui présente de fortes variations spatiales, 118 ans après la rupture. Un grand nombre de petits tremblements de terre ont été détectés par le réseau permanent. Aucune des stations sismologiques permanentes du réseau n'étant située à proximité de la zone cible, la localisation hypocentrale de ces séismes est associée à de très fortes incertitudes et à des biais de réseau. L'objectif de cette thèse est de profiter de l'opportunité du déploiement d'un réseau sismologique local temporaire d'une quinzaine de stations pour obtenir une image détaillée des structures tectoniques dans cette zone où deux failles majeures s'intersectent. Cette thèse mettra en place et développera des outils permettant l'analyse de la sismicité à partir des enregistrements de ce réseau temporaire, du réseau permanent de Mongolie, et éventuellement à partir d'expériences temporaires complémentaires qui pourraient être mises en place pendant la thèse, afin de mieux contraindre le modèle de vitesse local, et fournir des localisations fines de microséismes. En particulier, cette thèse s'appuiera sur les développements les plus récents des méthodes de détections et de localisations automatiques de séismes par des approches de type "deep learning". La localisation précise de la sismicité à la jonction entre les failles de Bolnai et Tsetserleg devrait ensuite permettre d'élucider la relation entre les failles et la sismicité, la géométrie des structures sismogènes en profondeur et l'influence de l'héritage structural sur l'activité sismique.. La distribution de la sismicité permettra aussi de mettre en valeur le degré d'endommagement de la croûte continentale dans cette zone de faille complexe pour essayer de mieux comprendre comment cela a pu influencer sur le déroulement de la rupture associée au premier événement. L'intégration de ces résultats avec des calculs des

variations de contraintes statiques et dynamiques devrait permettre d'élucider pourquoi le séisme de Tsetserleg n'a pas instantanément déclenché la rupture du séisme de Bolnai qui ne se déclenchera que quelques jours plus tard avec un epicentre localisé à plus de 150 km de la zone d'intersection entre les deux failles. De manière générale cette étude a également des implications plus générales liées aux relations entre champ de contraintes et réactivation des failles en domaine continental.

Déroulement du doctorat :

Nous proposons une thèse d'une durée de 3 ans. Date de début envisagée : septembre 2024. Le candidat aura pour objectif de travailler sur les données du réseau sismologique temporaire au CEA de Bruyères Le Châtel, dans un service spécialisé en Détection et Géophysique. Nous prévoyons qu'une partie du travail d'exploitation des données sismologiques bénéficie d'échanges avec Jean Letort (IRAP), expert en sismologie opérationnelle. Les données sismologiques seront ensuite confrontées aux données géologiques (structure, rupture de surface du dernier séisme, glissement cosismique) en carte et en coupe. Nous prévoyons une analyse conjointe des données avec Yann Klinger à l'IPGP. En effet, le laboratoire de tectonique de l'IPGP documente le système de failles dans le cadre de ses recherches sur les grands tremblements de terre en Mongolie.

Compétences requises :

De formation ingénieur ou Master2 en sciences, avec un intérêt pour les sciences de la terre, le travail nécessite la pratique d'un langage de programmation (python de préférence). Le projet nécessite également une bonne capacité à interagir avec les experts du CEA, de l'IPGP, de l'IRAP et de notre partenaire Mongol.

Débouchés

Ce travail de thèse permettra d'acquérir une expérience autour d'un sujet pluridisciplinaire. De plus, parce que ce projet s'effectuera avec des partenaires scientifiques nationaux et internationaux, il devrait offrir au thésard des contacts dans des sphères professionnelles complémentaires.

Collaborations envisagées

Ce travail participe à la valorisation des données acquises dans le cadre de la collaboration entre le CEA-DASE et l'IAG s'effectuera en collaboration avec l'IPGP et un chercheur de l'IRAP

Habilitation

Une demande d'habilitation devra être faite auprès des services du CEA. Prévoir un délai de 5 mois minimum pour les procédures d'habilitation.

Contact : Laurent Bollinger (laurent.bollinger@cea.fr); Yann Klinger (klinger@ipgp.fr); Jean Letort (jean.letort@irap.omp.eu)