



ÉCOLE DOCTORALE

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

ed560.stepup@u-paris.fr

**Titre du sujet : Origine et variabilité du mouvement sismique en champ proche des séismes modérés.
Application à la séquence sismique Turque de février 2023 au travers de l'analyse des signaux enregistrés lors des répliques.**

Directeur : **BERNARD Pascal (Physicien), bernard@ipgp.fr**
Co-encadrant : **JOMARD Hervé (Chercheur, IRSN), herve.jomard@irsn.fr**
Équipe d'accueil : **IPGP – Équipe de Sismologie – UMR7154
IRSN – BERSSIN**

Financement : **Contrat doctoral financé par l'IRSN**

Problématique et Objectifs

Les bases de données utilisées pour développer les modèles de prédiction du mouvement sismique en champ proche contiennent un nombre très réduit d'enregistrements à faible distance de la rupture (< 10 km). Les prédictions sont donc essentiellement réalisées en extrapolation de modèles numériques calés sur les enregistrements plus lointains, ce qui peut conduire à des estimations biaisées du mouvement sismique. Les travaux menés sur le séisme du Teil de 2019 (Mw 4.9 - profondeur ~1 km) ont par exemple mis en évidence des biais entre observations et prédictions.

La séquence sismique Turque de 2023, marquée par l'occurrence de deux séismes majeurs, est marquée par l'occurrence de très nombreuses répliques (Ding et al., 2023), parmi lesquelles plusieurs présentent des magnitudes comparables à celle du séisme du Teil, et plus généralement à celle des séismes considérés pour évaluer l'aléa sismique des installations nucléaires en France. Ces répliques ont été enregistrées par un réseau accélérométrique dense, en particulier en champ proche. D'après un premier catalogue de sismicité publié par Lomax (2023), environ 700 séismes d'une magnitude comprise entre 4 et 6 ont été enregistrés, dont 240 par des capteurs localisés à moins de 10 km de la source. L'objectif de cette thèse est d'exploiter ce set de données remarquable pour étudier les mouvements sismiques en champs proche et challenger la capacité de modéliser ces mouvements dans le cadre des études d'aléa sismique.

Méthodes, moyens, calendrier

La première phase de la thèse consistera à constituer et enrichir une base de données regroupant les séismes intéressants pour l'étude, leurs principales propriétés ainsi que les mouvements enregistrés en champ proche qui y sont attachés. Des estimations précises de magnitude et d'autres paramètres de la source sismique (profondeur, fréquence coin, chute de contrainte, ...) seront calculés pour une sélection de séismes (Bindi et al., 2023 ; Satriano 2023). La première année de thèse sera consacrée à l'étude bibliographique et à la prise en main de plusieurs outils numériques permettant de traiter les signaux sismiques et de calculer les paramètres de la source (e.g., Sourcespec - Satriano 2023).

La phase suivante consistera à caractériser les propriétés de la rupture. Il s'agira dans un premier temps de caractériser l'évolution de la chute de contrainte sismique en fonction du temps et d'autres caractéristiques des répliques. Pour les événements les mieux enregistrés, il s'agira de caractériser la directivité des mouvements sismiques et si possible d'étudier la cinématique de la rupture (Király-Proag et al., 2019). Les travaux de seconde année porteront sur l'analyse des signaux sismiques, à partir desquels le calcul des paramètres de source et l'analyse statistique de leur évolution temporelle et spatiale sera conduite. Si les conditions sont réunies, le calcul des mouvements du sol issus de modèles physiques de la rupture est à prévoir à ce stade de la thèse.

La dernière phase de la thèse portera sur l'étude des mouvements sismiques. Une première étape portera sur l'étude des caractéristiques du signal sismique (amplitude, contenu fréquentiel) en champ proche et son évolution avec la distance. Une seconde portera sur l'évaluation de la capacité prédictive des modèles existants face aux données recueillies en Turquie. Il s'agira notamment de s'intéresser à l'étude des écarts entre les mouvements sismiques enregistrés et ceux issus des modèles de prédiction.

L'étudiant-e développera de fortes compétences en analyse du signal sismique et constitution de bases de données, valorisables à la fois en vue d'une carrière académique ou plus appliquée, notamment en aléa sismique.

Environnement

L'étudiant-e partagera son temps de travail entre le Bureau d'évaluation du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires (BERSSIN) de l'IRSN et l'Équipe de Sismologie de l'IPGP, en fonction des compétences et des moyens nécessaires à la réalisation des différentes composantes de la thèse. Le travail sera également mené en étroite collaboration avec Claudio Satriano (IPGP), Aurore Laurendeau et Maria Lancieri (IRSN).

Profil recherché

Étudiant-e en géophysique / physique ayant un intérêt pour la programmation (Python souhaité), le traitement des signaux et l'analyse des données sismologiques. Un niveau d'Anglais a minima professionnel est requis. Compatible avec un handicap.

Références

- Bindi, D. et al. (2023). Source Scaling and Ground-Motion Variability along the East Anatolian Fault. *The Seismic Record*, 3(4), 311-321, <https://doi.org/10.1785/0320230034>
- Ding HY et al. (2023). High-resolution seismicity imaging and early aftershock migration of the 2023 Kahramanmaraş (SE Türkiye) MW7.9 & 7.8 earthquake doublet. *Earthq Sci* 36(6): 417–432, <https://dx.doi.org/10.1016/j.egs.2023.06.002>
- Király-Proag, E. et al. (2019). Rupture process of the M w 3.3 earthquake in the St. Gallen 2013 geothermal reservoir, Switzerland. *GRL*, 46(14), 7990-7999, <https://doi.org/10.1029/2019GL082911>
- Lomax, A. (2023). Precise, NLL-SSST-coherence hypocenter catalog for the 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6 SE Turkey earthquake sequence (v3.0). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7699881>
- Satriano, C. (2023). SourceSpec – Earthquake source parameters from P- or S-wave displacement spectra. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3688587>

