

Sujet de stage niveau Master 2 ou ingénieur - ISTerre (Grenoble) et/ou LGLTPE (Lyon)

Analyse de faibles déplacements d'origine gravitaire et tectonique dans le Sud-est de la France par interférométrie radar

Financement : Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires

Durée : 5 mois (Mi-Avril 2024-Mi Septembre 2024)

Contexte et objectifs du stage :

La région d'étude comprend l'arc externe des Alpes occidentales, le sud du Jura, le bassin rhodanien et la bordure est du Massif Central. La sismicité y est modérée, mais le récent séisme du Teil de Mw4.9 (Marconato et al., 2022) nous rappelle que l'estimation de l'aléa sismique reste un enjeu important en France. La déformation actuelle dans les Alpes internes est caractérisée par une surrection de quelques mm/a (Nocquet et al., 2016, Sternai et al., 2019) et de l'extension (Walpersdorf et al., 2018), alors que dans les Alpes externes et le bassin rhodanien (semi-graben d'avant pays alpin), elle est marquée par du décrochement ou de la compression. Les taux de déformation sur les failles actives sont très faibles (< 0.5 mm/a) et mal contraints. Par ailleurs, de très nombreuses instabilités gravitaires massives et larges (Deep Seated Gravitational Slope Deformation ou DSGSD) affectent les Alpes occidentales (i.e., Jomard et al. 2014). Leur activité et leur comportement sont encore mal contraints; de premières mesures par interférométrie radar (InSAR) suggèrent que leurs vitesses peuvent varier entre 1 et 20 mm/an (André et al., 2021, Mathey et al., 2022). L'objectif du stage est de caractériser, à partir de champs de vitesse InSAR, la déformation de surface associée à la tectonique et aux instabilités gravitaires dans la région sud-est de la France (Rhône Alpes et Provence Côte d'Azur).

Données InSAR disponibles

Les cartes de vitesse InSAR qui seront analysés au cours du stage sont issus du traitement de séries temporelles d'images radar Sentinel-1, réalisé dans le cadre des activités du Service National d'Observation ISDeform. De premières solutions « brutes » (incluant le calcul d'un réseau d'interférogrammes et de séries temporelles de déplacements) sur le sud-est de la France ont été fournies par le service FLATSIM. Plusieurs étapes de retraitements ont ensuite été développées afin de limiter l'impact de certains biais dans les mesures et d'améliorer leur précision (Cheaib et al., 2023). Pour comparaison aux séries temporelles InSAR « ISDeform » (approche InSAR dite de petites lignes de base ou SBAS), nous disposerons aussi des séries fournies par le European Ground Motion Service (EGMS, approche de Permanent ou Distributed Scatterers -PS/DS).

Travaux proposés

Plusieurs axes de travail seront abordés au cours de ce stage :

- sur le plan méthodologique, une correction de l'effet de phénomènes à grandes longueurs d'onde spatiales tels que marées, délais atmosphériques... devra être effectuée, avant de référencer les champs de vitesse à l'aide de mesures GNSS fiables (Lemrabet et al., 2023). Les incertitudes sur les cartes de vitesse (entre 0.1 et 2 mm/a) devront également être quantifiées.
- sur le plan tectonique, nous prendrons comme exemple le système de failles des Cévennes, rompu dans sa partie nord lors du séisme du Teil, afin de tester la capacité de détection (et l'existence ou non) d'une déformation pré- et post-sismique, mais aussi de la vitesse de chargement intersismique au travers de ce système de failles. (via notamment l'analyse de profils de vitesse perpendiculaire aux failles pour les points de mesure considérés comme les moins bruités). Nous comparerons les performances des approches SBAS ISDeform et EGMS dans la capacité à extraire des forts déplacements, soudains et non linéaires, comme le

séisme du Teil.

- sur la thématique « instabilités gravitaires », il s'agira de mettre à jour les inventaires (InSAR, géomorphologiques), en utilisant les cartes de vitesse obtenues après filtrage des grandes longueurs d'onde, pour extraire les signaux de DSGSD, quantifier leur vitesse et détecter d'éventuelles phases d'accélération. On cherchera aussi à établir s'il existe un lien entre DSGSD et glissements de terrain connus, actifs ou fossiles.

Outils et compétences

Les travaux impliqueront l'utilisation, voir le développement, de scripts de post-traitement des données InSAR (python, fortran), dans un environnement de cluster UniX, et l'utilisation d'outils de visualisation (python, QGIS, GMT). Un intérêt pour le traitement de données, la tectonique et/ou la géomorphologie est requis.

Equipe encadrante et laboratoires d'accueil :

Le stage sera principalement encadré par Marie-Pierre Doin (ISTerre, Grenoble, marie-pierre.doin@univ-grenoble-alpes.fr) et Cécile Lasserre (LGLTPE, Lyon, cecile.lasserre@univ-lyon1.fr), dans l'un ou l'autre des laboratoires, pour la partie InSAR. Les principaux collaborateurs pour le GNSS, la tectonique et la géomorphologie seront Marianne Métois et Philippe-Hervé Leloup (LGLTPE, Lyon), Christian Sue et Andrea Walpersdorf (ISTerre).

Références clés

- Jomard, H., Lebourg, T. & Guglielmi, Y. Morphological analysis of deep-seated gravitational slope deformation (DSGSD) in the western part of the Argentera massif. A morpho-tectonic control?. *Landslides* .11, 107-117 (2014)
- Jomard, Hervé, Edward Marc Cushing, Luigi Palumbo, Stéphane Baize, Claire David, and Thomas Chartier, 'Transposing an Active Fault Database into a Seismic Hazard Fault Model for Nuclear Facilities; Part A: Building a Database of Potentially Active Faults (BDFa) for Metropolitan France', *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2017, 1-18
- Lemrabet, L., Doin, M.-P., Lasserre, C., & Durand, P. (2023). Referencing of continental-scale InSAR-derived velocity fields: Case study of the eastern Tibetan Plateau. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128, e2022JB026251
- Marconato, L., P. H. Leloup, C. Lasserre, R. Jolivet, S. Caritg, R. Grandin, M. Métois, O. Cavalié, L. Audin. Insights on fault reactivation during the November 11, 2019, Mw4.9 Le Teil earthquake in southeastern France, from a joint 3-D geological model and InSAR time-series analysis. *Geophys. J. Int.* 229, 758-775, 2022
- Mathey, M., Doin, M.-P., André, P., Walpersdorf, A., Baize, S., & Sue, C. (2022). Spatial heterogeneity of uplift pattern in the Western European Alps revealed by InSAR time-series analysis. *Geophysical Research Letters*, 49, e2021GL095744
- Nocquet, J.-M., C. Sue, A. Walpersdorf, T. Tran, N. Lenôtre, P. Vernant, and others, 'Present-Day Uplift of the Western Alps', *Scientific Reports*, 6.1 (2016), 28404
- Sternai, Pietro, Christian Sue, Laurent Husson, Enrico Serpelloni, Thorsten W. Becker, Sean D. Willett, and others, 'Present-Day Uplift of the European Alps: Evaluating Mechanisms and Models of Their Relative Contributions', *Earth-Science Reviews*, 190 (2019), 589-604
- Walpersdorf, A., L. Pinget, P. Vernant, C. Sue, A. Deprez, and the RENAG team, 'Does Long-Term GPS in the Western Alps Finally Confirm Earthquake Mechanisms?', *Tectonics*, 37.10 (2018), 3721-37