



Modélisation physique d'une séquence de sismicité induite dans un réservoir géothermique

Adresse courriel du contact scientifique : pierre.dublanchet@mines-paristech.fr

Description du projet de thèse :

Les simulateurs de séismes sont des modèles basés sur les lois de la physique (élasticité, frottement, transport en milieux poreux) qui permettent de produire une séquence d'évènements à partir d'une géométrie de faille, d'un état de contrainte et éventuellement d'un forçage externe. Ces modèles peuvent être utilisés pour étudier la sismicité induite par injection de fluide dans la sub-surface, en particulier dans le cadre de l'exploitation géothermique. Toutefois, ces modèles ne peuvent actuellement pas être utilisés pour estimer de manière fiable l'activité (taux d'activité et magnitudes) générée par l'exploitation d'un réservoir particulier, principalement pour deux raisons. La première est que la géométrie des failles et l'état de contrainte dans un réservoir sont généralement mal connus. La deuxième raison est notre compréhension limitée des processus physiques importants dans le déclenchement de la sismicité. Il n'est pas toujours clair si les séismes sont déclenchés par un effet de pression de pore, par un front de température, ou par des transferts de contraintes entre évènements successifs comme c'est le cas dans les séquences de répliques.

L'analyse sismologique d'une séquence de sismicité induite telle que celle du réservoir géothermique de Muara Laboh (Indonésie) nous fournit une excellente opportunité de tester et d'améliorer les simulateurs de tremblement de terre, et plus généralement d'améliorer notre compréhension du déclenchement de la sismicité. Une étude préliminaire menée sur un essaim de sismicité naturelle dans le golfe de Corinthe (Dublanche et De Barros, 2020) nous a permis de montrer le rôle primordial du glissement asismique (lent) et du taux de variation de la pression d'injection dans le déclenchement et la migration de la sismicité. La séquence de Muara Laboh, pour laquelle les données d'injection (pression, volume) sont disponibles permettrait d'aller plus loin encore dans cette analyse.

L'objectif de cette thèse est d'explorer différents modèles possibles pour le déclenchement de la séquence de Muara Laboh : front de pression, front de température, glissement asismique, transfert de contraintes. La comparaison des résultats de modèles avec les localisations et magnitudes des évènements de la séquence nous permettra de discuter et de quantifier quels sont les mécanismes importants dans le déclenchement de cette séquence. Cette thèse pourra être menée en parallèle d'un stage dédié à l'analyse sismologique fine de la séquence.

Ref : Dublanche, P., & De Barros, L. (2020). Dual seismic migration velocities in seismic swarms. *Geophysical Research Letters*, e2020GL090025.

Physics-based modeling of an induced seismicity sequence in a geothermal reservoir

Research project outline :

Earthquakes induced by fluid flow in a fractured reservoir are the main obstacles in the development of geothermal exploitation. The hazard associated with such energy exploitation is currently poorly estimated, mainly because of our poor knowledge of the state of stress at depth, and because earthquake triggering mechanisms are poorly

understood. It is generally not clear whether earthquakes are triggered by a pore pressure front, a temperature front or stress transfers between slow slip and seismogenic asperities.

Here we propose to analyze a particular induced earthquake sequence that happened in the geothermal field of Muara Laboh (Indonesia), making use of physics-based earthquake simulators. Earthquake simulators are models based on elasticity, friction, and transport equations allowing to generate synthetic earthquake sequences (with time, location, magnitudes) from a given fault network and loading mechanism. Here, the loading comes from a cold fluid injection into a hot reservoir, leading to poroelastic and thermoelastic stresses on faults. Synthetic earthquake sequences will be confronted to the real data, in order to better constrain the triggering mechanisms of induced seismicity. A similar approach has already been successfully used by the supervisor for a natural swarm in the Corinth rift (Dublanche & DeBarros 2020).

Basic knowledge about seismology and earthquake mechanics are required. Strong skills in solid mechanics and numerical methods will be crucial to conduct this project.

Compétences et connaissances requises :

-Connaissances de base en sismologie, mécanique des tremblements de terre recommandées.

-Solides compétences en mécanique du solide et en méthodes numériques, et maîtrise d'un langage de programmation sont indispensables.