

TITRE DE LA THESE

Contrôle des séismes en utilisant des techniques pour stimuler les failles sismiques au laboratoire

Résumé

La sismicité induite par l'homme a augmenté depuis les dernières décennies en raison de l'intense activité humaine pour la production d'énergie. Cependant, malgré le fait que la simple injection de fluides peut induire/déclencher des tremblements de terre, dans cette thèse, nous montrons que l'interaction stratégique entre les extractions et les injections de fluides peut contrôler de tels événements sismiques et éventuellement les prévenir. Plus précisément, nous construisons un nouveau cadre mathématique de contrôle robuste des tremblements de terre, qui est ensuite exploité dans des simulations numériques de failles de glissement et de réservoirs de gaz, ainsi que dans de nouvelles expériences de laboratoire à l'échelle décimétrique.

Tout d'abord, les paramètres clés qui constituent une stratégie conventionnelle d'atténuation des séismes sont identifiés. Des expériences de substitution sur du papier poreux absorbant montrent que sans la connaissance précise des propriétés de la faille, les injections de fluide risquent de déclencher plus rapidement un grand événement sismique.

Afin de faire face à de telles incertitudes, des outils mathématiques rigoureux sont développés en utilisant la théorie moderne du contrôle. Ces outils nécessitent un minimum d'informations sur les propriétés de la faille et les caractéristiques de frottement pour assurer la robustesse. Des simulations numériques sur des failles à glissement latéral vérifient que la prévention des séismes est possible, même en présence de processus de diffusion et en l'absence de mesures suffisantes dans le temps et l'espace. En allant plus loin, les techniques de contrôle développées peuvent également être appliquées dans les grands réservoirs de gaz, où la production de gaz souhaitée peut être atteinte en garantissant des niveaux de sismicité acceptables.

Enfin, au cours de cette thèse, un nouvel appareil à triplets d'échelle décimétrique a été conçu, construit et calibré en conséquence. Le contrôle de la pression peut être réalisé, dans cet appareil, en temps réel, grâce à un régulateur de pression électro-pneumatique à réponse rapide. Comme preuve de concept, le régulateur développé est branché dans cet appareil et en utilisant des spécimens imprimés en 3D à base de sable (pour promouvoir la répétabilité expérimentale), nous parvenons, pour la première fois, à prévenir les tremblements de terre en laboratoire et à conduire le système de manière asismique vers un point d'équilibre de plus faible énergie.

Mots-clés : Controlling earthQuakes (CoQuake); Mécanique des Failles; Contrôle Robuste; Expériences de Substitution; Appareil de Cisaillement Double-Direct; Sismicité Induite; Réservoir de Pétrole et de Gaz.