

Titre : Séismes en laboratoire : conception, analyse et contrôle

Mots clés: Rupture dynamique; Séismes en laboratoire; Propagation de rupture; Contrôle des séismes en laboratoire; Corrélation d'images

Résumé : La sismicité induite par les injections de fluides montre qu'il est nécessaire de mieux comprendre les mécanismes de rupture sismique et d'étudier les possibilités de les contrôler. Dans ce contexte, cette thèse présente la conception et la validation d'un nouveau dispositif expérimental permettant de reproduire des séismes en laboratoire. Le dispositif utilise un gel à base d'huile de paraffine comme matériau analogue à la roche, confiné dans un système de chargement mécanique. Le glissement se produit le long d'une interface frictionnelle modulaire, dont la résistance peut être ajustée grâce à des éléments imprimés en 3D. La corrélation d'images numériques est utilisée pour mesurer la déformation et déterminer la vitesse de glissement ainsi que la propagation de la rupture.

Les essais réalisés sur une interface uniforme produisent des ruptures aux caractéristiques similaires d'un essai à l'autre. L'introduction de zones plus résistantes modifie clairement la rupture. Lorsque le contraste de friction est faible, la rupture est perturbée, mais elle continue à se propager. Pour des contrastes plus élevés, le premier événement peut s'arrêter. La rupture reprend ensuite après un certain temps et peut alors se propager plus rapidement, avec une vitesse de glissement plus élevée. Ces résultats montrent que les hétérogénéités de friction peuvent modifier la dynamique de la rupture et constituent une première étape vers son contrôle en laboratoire.

Title : Laboratory Earthquake Experiment : Design, Analysis and Control

Keywords: Dynamic rupture; Laboratory earthquakes; Supershear propagation; Frictional heterogeneities; Earthquake control; Digital Image Correlation

Abstract: Fluid-injection-induced seismicity highlights the need to better understand and ultimately control dynamic earthquake rupture. This thesis presents the design and validation of a new laboratory earthquake experiment capable of generating self-propagating dynamic ruptures under prescribed boundary conditions. The apparatus uses a paraffin oil based gel as analogue rock, confined within a mechanical loading apparatus. Slip takes place along a modular frictional interface whose strength can be adjusted using designed 3D printed elements. Digital image correlation method is used to obtain full-field displacements in the gel sample, and to determine slip velocity and rupture propagation along the frictional interface. Experiments performed on a uniform interface produce repeatable supershear ruptures.

The introduction of locally strengthened zones shows that a weak heterogeneity perturbs rupture without arresting it, whereas larger strength contrasts can arrest the first event, delay failure, and subsequently promote faster and more intense ruptures. These results demonstrate that localized frictional-strength variations can act either as rupture barriers or as asperities, depending on their strength contrast and loading history. This work therefore provides a reproducible experimental basis for future closed-loop strategies aimed at controlling dynamic rupture propagation through adjustments of the effective normal stress. The setup preserves full-field observation and repeatable loading over successive experimental events.