

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures et des Surfaces

Par

Vito RUBINO

Dynamic shear rupture and evolution of friction

Travaux présentés et soutenus à l'École Centrale de Nantes, le « date »

Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM)

Rapporteurs avant soutenance :

Rafael ESTEVEZ

Jean-François MOLINARI

Gioacchino VIGGIANI

Professeur, Université de Grenoble Alpes

Professeur, École Polytechnique de Lausanne

Professeur, Université de Grenoble Alpes

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom

Examineurs : Harsha BHAT

Nicolas CHEVAUGEON

Michel CORET

Ioannis STEFANO

(à préciser après la soutenance)

Directeur de Recherche, CNRS, École Normale Supérieure

Professeur, Nantes Université

Professeur, École Centrale de Nantes

Professeur, École Nationale Supérieure de Technique Avancée

Titre : Comportement des ruptures en cisaillement dynamiques et évolution du frottement

Mots clés : Dynamique de rupture, frottement, corrélation d'images numériques

Résumé : Comprendre le comportement des ruptures frictionnelles dynamiques et l'évolution du coefficient de frottement est essentiel pour aborder une large gamme de problèmes d'ingénierie et de géophysique, allant de la défaillance des matériaux composites à la mécanique des tremblements de terre. Dans ce rapport, j'ai résumé certaines des principales activités de recherche que j'ai menées dans ce domaine depuis l'obtention de mon doctorat. Mes recherches se sont initialement concentrées sur le développement d'une approche novatrice pour quantifier le comportement en champ complet des fissures de cisaillement dynamiques. Cette approche a permis de réaliser des mesures inédites, renforçant la compréhension des ruptures de cisaillement dynamiques et révélant les mécanismes sous-jacents régissant le coefficient de friction. Parmi les exemples, on peut citer la caractérisation en champ complet du comportement des ruptures sub-Rayleigh et supershear, la découverte de ruptures de

cisaillement supersoniques dans des matériaux viscoélastiques et la formation associée de fronts de choc de pression. La quantification de l'évolution de la friction dynamique locale a conduit au développement de formulations améliorées des lois de la friction. À l'autre extrémité du spectre, nos mesures ont démontré le glissement continu, bien que décroissant, d'interfaces de friction apparemment stationnaires, ce qui a des implications importantes pour la nucléation et la propagation des tremblements de terre.

Mes futures recherches viseront à explorer plus en profondeur les paramètres constitutifs de la friction et leur dépendance à une gamme plus large de facteurs. Un autre aspect important de mon travail sera d'explorer les effets de la cicatrisation des interfaces sur la nucléation et la propagation des ruptures lors de l'injection de fluides. Enfin, l'examen du rôle de la rugosité de surface et des complexités géométriques sera également un axe central de mes recherches.

Title : Dynamic shear rupture behavior and evolution of friction

Keywords : Rupture dynamics, friction, supershear ruptures, digital image correlation

Abstract : Understanding the behavior of dynamic frictional ruptures and the evolution of the friction coefficient is crucial for addressing a wide range of engineering and geophysical problems, from the failure of composite materials to the mechanics of earthquakes. In this report, I have summarized some of the key research activities I have conducted in this field since the completion of my PhD. My research initially focused on developing a novel approach to quantify the full-field behavior of dynamic shear cracks. This approach has enabled unprecedented measurements enhancing the understanding of dynamic shear ruptures and uncovering the underlying mechanisms governing the friction coefficient. Some examples include the full-field characterization of sub-Rayleigh and supershear rupture behavior, the discovery of supersonic shear ruptures in viscoelastic materials

and the associated formation of pressure shock fronts. The quantification of the evolution of local dynamic friction has led to the development of improved formulations of friction laws. On the opposite end of the spectrum, our measurements have demonstrated the continuous, yet diminishing, sliding of apparently stationary frictional interfaces, which has important implications for earthquake nucleation and propagation.

My future research will aim at further exploring the constitutive friction parameters and their dependance on a broader array of factors. Another important aspect of my work will be to explore the effects of interface healing on rupture nucleation and propagation during fluid injection. Finally, examining the role of surface roughness and geometric complexities will also be a central focus of my research.