

## Earthquakes in the lab: the onset of frictional sliding

*Advisor : Elsa Bayart (Laboratoire de Physique, ENS de Lyon)*

*Location : Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, 46 allée d'Italie, 69007 Lyon*

*Contact : elsa.bayart@ens-lyon.fr*

Master 2

Possibility to pursue with a PhD with CDSN or ED PHAST (applications: spring 2020)

### Context

An earthquake is nothing more than the two contacting surfaces of a seismic fault that start sliding. At rest, frictional contacts resist to shear but they break when shear stresses become too large. The onset of sliding, i.e. the earthquake, consists in a rupture propagating along the fault that breaks the micro-contacts formed between the two rough surfaces. How does the rupture is triggered (and therefore the earthquake)? How fast and how far will it run before arresting? Such questions are crucial in seismology in order to predict earthquake occurrence and magnitude and potentially prevent them.

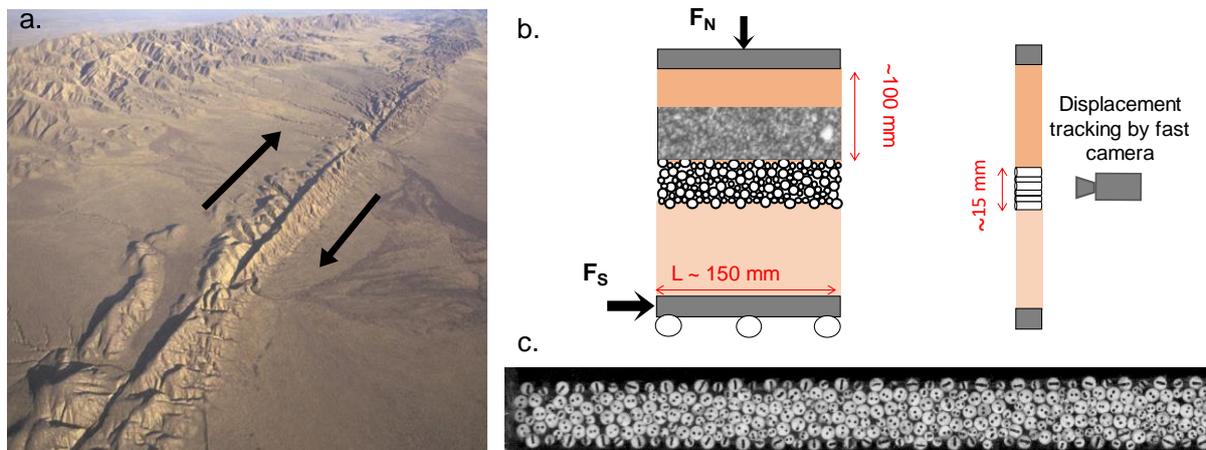


Figure 1: (a) San Andreas fault (Kevin Schafer). (b) Schematic (left) front and (right) side views of the experimental setup. An assembly of bi-dimensional grains (cylinders) are pressed at the interface. (c) Picture of a portion of the frictional interface. Patterned grains are tracked by a fast camera at the onset of motion of the solid blocks.

In the last 15 years, important insights have been achieved thanks to laboratory experiments [1]. However most of the experiments are performed on bare surfaces (rock, plastic, metal), while a gouge layer made of powder, grains and crushed rocks, is often present along natural faults. Here we propose to study the onset of frictional motion of two solid blocks when grains are trapped at the interface. **The aim is to observe and characterize the failure mechanisms of the granular frictional interface at the onset of sliding.**

## Objectives

The objectives are the following:

- **to perform a solid friction experiment:** a granular medium is confined between two solid blocks, that are pressed together (normal loading), then sheared (Fig. 1b). The experimental conditions (loading, material stiffness) are chosen to select the stick-slip regime, an alternation of stop and sliding phases. The originality of the system is to be bi-dimensional, allowing to access the displacement field of all grains. The setup is already built but slight improvements should be made.
- **to detect the interfacial ruptures at the onset of sliding** by tracking the grains displacements (Fig. 1c). Ruptures are expected to propagate at a velocity close to the material sound speed ( $\sim 1000$  m/s), then a fast camera is required. A lab-made software already developed is used to measure the grains displacement.
- **to characterize the off-fault stress field**, i.e. to measure the stress field within the confining solid blocks, using a Digital Image Correlation method.
- **to analyze the results using the framework of the Linear Elastic Fracture Mechanics**, that has been proven to be valid in the case of a simple solid-solid frictional, in absence of grains.

Fields: Solid friction; Fracture mechanics; Elasticity; Experimental mechanics.

Methods: Fast imaging; Strain/stress measurements; Digital Image Correlation; Image analysis (Matlab).

PhD perspectives: Possibility to pursue with a PhD with ED PHAST or CDSN (PhD not funded yet). Further developments will be made with different types of disordered structures at the interface (roughness, powder). A second part of the PhD will address the question of how interfacial disorder affect rupture nucleation, related to the existence of slow earthquakes. The PhD student will be part of a research group working mainly on friction and fracture problems with an experimental approach and will interact with other students. The student is expected to get into the scientific community both in Physics and Geophysics, by attending national and international conferences and thematic schools. Collaborations with the Laboratoire de Géologie de Lyon are considered.

Contact : Do not hesitate to contact me ([elsa.bayart@ens-lyon.fr](mailto:elsa.bayart@ens-lyon.fr)) for more details on the scientific project and internship organization.

## References

- [1] *Brittle fracture theory describes the onset of frictional motion*, Svetlizky et al (2019), Annual Review of Condensed Matter Physics **10**, 253-273 (DOI).

## Séismes en laboratoire : initiation du glissement

Encadrement : Elsa Bayart (Laboratoire de Physique, ENS de Lyon)

Lieu : Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, 46 allée d'Italie, 69007 Lyon

Contact : [elsa.bayart@ens-lyon.fr](mailto:elsa.bayart@ens-lyon.fr)

Master 2

Possibilité de poursuivre en doctorat (financement CDSN ou ED PHAST, candidature printemps 2020)

### Contexte

Un séisme n'est autre que la mise en glissement des deux surfaces formant une faille sismique. Au repos, les contacts frictionnels résistent au cisaillement, mais ils cassent lorsque les contraintes de cisaillement deviennent trop importantes. L'initiation du glissement, c'est-à-dire le séisme, consiste en une rupture se propageant le long de la faille qui casse les micro-contacts formés entre les deux surfaces rugueuses. Comment est-ce que la rupture est déclenchée (et donc le séisme) ? À quelle vitesse et à quelle distance va-t-elle se propager avant de s'arrêter ? Ces questions sont cruciales en sismologie si l'on veut pouvoir prédire l'occurrence et la magnitude des séismes et éventuellement les prévenir.

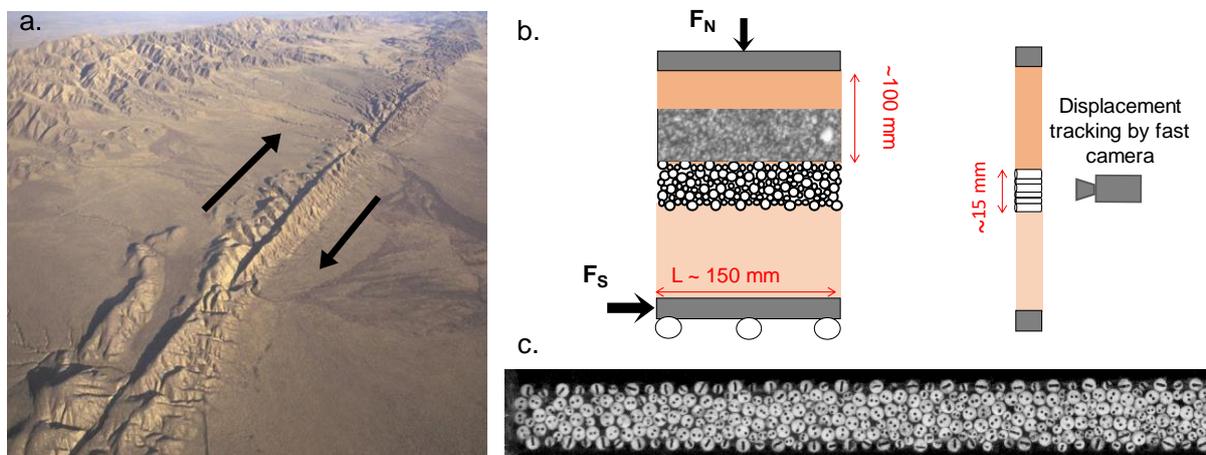


Figure 1: (a) Faille de San Andreas (Kevin Schafer). (b) Vues schématiques (gauche) de face et (droite) de côté du dispositif expérimental. Un assemblage de grains bidimensionnels (cylindres) est pressé à l'interface. (c) Image d'une partie de l'interface frictionnelle. Les grains sont patternés afin de les suivre à l'aide d'une caméra rapide lors de la mise en mouvement des blocs solides.

Au cours des 15 dernières années, des avancées importantes ont été réalisées grâce à des expériences de laboratoire [1]. Cependant, la plupart des expériences sont réalisées sur des surfaces nues (roche, plastique, métal), tandis qu'une couche de gouge constituée de poudre, de grains et de roche broyée est souvent présente le long des failles naturelles. Nous proposons ici d'étudier l'initiation du glissement de deux blocs solides lorsque des grains sont piégés à l'interface. Le but est d'observer et de caractériser les mécanismes de rupture de l'interface frictionnelle granulaire permettant la mise en mouvement des solides frottants.

## Objectifs

- **Réaliser une expérience de frottement solide** : un milieu granulaire est confiné entre deux blocs solides, pressés l'un contre l'autre (chargement normal), puis cisailés (Fig. 1b). Les conditions expérimentales (chargement, rigidité du matériau) sont choisies afin de se placer dans un régime de stick-slip, une alternance de phases d'arrêt et de glissement. L'originalité du système est d'être bidimensionnel, permettant d'accéder au champ de déplacement de tous les grains. Au cours du stage, des améliorations devront être apportées au dispositif existant.
- **Détecter les ruptures interfaciales précédant la mise en mouvement** en suivant le déplacement des grains (Fig. 1c). Les ruptures devraient se propager à une vitesse proche de la vitesse du son dans le matériau ( $\sim 1000$  m/s), une caméra rapide est donc requise. Un logiciel déjà développé au laboratoire est utilisé pour mesurer le déplacement des grains.
- **Caractériser le champ de contraintes proche de l'interface**, c'est-à-dire mesurer le champ de contraintes dans les blocs solides confinants en utilisant une méthode de corrélation d'images (Digital Image Correlation).
- **Analyser les résultats dans le cadre de la mécanique de la rupture fragile** (Linear Elastic Fracture Mechanics), qui est valide dans le cas d'une interface frictionnelle solide-solide, en l'absence de grains [1].

Domaines abordés : Frottement solide ; Mécanique de la fracture ; Elasticité ; Mécanique expérimentale.

Méthodes : Imagerie rapide ; Mesures de déformations/contraintes ; Corrélations d'images (DIC) ; Analyse d'images (Matlab).

Perspectives pour un doctorat : Possibilité de poursuivre en doctorat avec un financement de l'ED PHAST ou CDSN (pas de financement disponible à ce jour). Différents types de structures désordonnées à l'interface (rugosité, poudre) seront étudiés. Une deuxième partie de la thèse traitera de la manière dont le désordre interfacial affecte la nucléation de la rupture, en lien avec l'existence de séismes lents. Le doctorant fera partie d'un groupe de recherche travaillant principalement sur des problèmes de frottement et de fracture avec une approche expérimentale et interagira avec les autres étudiants du groupe. L'étudiant s'intégrera dans les communautés scientifiques de physique et géophysique en participant à des conférences nationales et internationales et à des écoles thématiques. Des collaborations avec le Laboratoire de Géologie de Lyon sont envisagées.

Contact : N'hésitez pas à me contacter ([elsa.bayart@ens-lyon.fr](mailto:elsa.bayart@ens-lyon.fr)) pour plus de détails sur le projet scientifique et l'organisation du stage.

## References

[1] *Brittle fracture theory describes the onset of frictional motion*, Svetlizky et al (2019), Annual Review of Condensed Matter Physics **10**, 253-273 (DOI).