

Sujet de thèse proposé au laboratoire Navier
(Cité Descartes, Champs-sur-Marne, près de Paris)
par Jean-Noël Roux, en collaboration avec Alfredo Taboada (Géosciences Montpellier)
Contacts: jean-noel.roux@univ-eiffel.fr, alfredo.taboada@umontpellier.fr

Inclusions granulaires comme traceurs de l'état de contrainte du milieu environnant, applications géophysiques.

Nombre de méthodes géophysiques visent à inférer l'état de contraintes tectoniques dans la croûte supérieure terrestre à partir de mesures de déformation cassante collectées sur le terrain. Les « galets striés », inclusions rocheuses de taille décimétrique portant à leur surface les traces de contacts avec les éléments de plus petite taille du milieu environnant, fournissent des indications que la communauté géophysique tente de soumettre, depuis plusieurs dizaines d'années, à différents schémas d'interprétation. Actuellement, un projet de recherche, mené par A. Taboada au laboratoire des Géosciences Montpellier, vise à systématiser le recueil de ces données, et leur interprétation. Celle-ci sera facilitée par une méthodologie permettant de scanner ces objets à l'affleurement et d'interpréter le champ de stries via une application dédiée disponible en ligne.

Le projet de thèse utilise la simulation numérique granulaire discrète (DEM), confrontée à des modélisations continues du milieu environnant et à des observations de terrain, pour tester les fondements de ces schémas d'interprétation, et évaluer leur pertinence et leur précision pour différents trajets de chargement appliqués au milieu contenant l'inclusion. Nous prévoyons d'imposer des régimes de contrainte/déformation coaxiale et cisailante pour analyser leur effet sur le champ de stries.

On partira d'un modèle simple avec une grosse inclusion sphérique dans un milieu constitué de petites particules elles-mêmes sphériques.

On introduira progressivement par la suite différents niveaux de complexité ou de « réalisme » plus avancés (inclusion ellipsoïdale, variations de tailles ou de formes des petits grains, interaction entre plusieurs inclusions...).

Lorsque le milieu contenant l'inclusion se déforme sous l'effet d'un certain trajet de chargement, en quoi la trajectoire des contacts à la surface du « galet » nous renseigne-t-elle sur l'état de contraintes ou l'orientation des déformations ? Comment faire un traitement statistique approprié de ces trajets de contacts à la surface de l'inclusion ? Quels sont les choix représentatifs d'une situation d'intérêt pratique, en termes de taille d'échantillon, de rapport de diamètres entre inclusion et particules du milieu environnant ? Un traitement du milieu par un modèle continu (élastoplastique par exemple) est-il possible ? Comment choisir les ingrédients de ce modèle (loi de comportement, loi d'interface) ?

Telles sont les questions qu'il faudra traiter dans cette thèse.

De premiers calculs par DEM ont été menés à bien et sont en cours d'exploitation, ils montrent que l'on obtient des résultats intéressants avec un volume de calcul notable, mais qui n'est pas prohibitif. Ainsi, la déformation quasi-statique, jusqu'à un niveau de 50%, d'un échantillon contenant environ 20000 grains, un rapport de diamètres de 8 (ou un rapport de volume de 512) et un niveau de raideur réaliste est simulée en moins d'un jour sur un ordinateur de bureau — et les orientations des stries (trajectoires des contacts à la surface de l'inclusion) montre des tendances systématiques en accord avec certains schémas d'interprétation.

Ces calculs préliminaires devront être développés et répétés, et faire l'objet de campagnes systématiques et d'exploitations statistiques plus extensives.

Le/la doctorant(e) travaillera au laboratoire Navier. Des réunions avec l'équipe de Montpellier se tiendront régulièrement à distance, et des séjours du/de la doctorant(e) au laboratoire des géosciences seront organisés. Le sujet convient à un(e) étudiant(e) en master 2 souhaitant poursuivre un travail de recherche et doté(e) d'une bonne formation de base en mécanique et/ou physique des matériaux, notamment granulaires, une familiarité avec la simulation numérique discrète constituant un atout.

