

Cette proposition de stage de Master 2 ou « dernière année d'école d'ingénieur » s'inscrit dans les travaux de recherche du doctorant Emilio Abi Aad de l'équipe Géomatériaux, Ouvrages et Risques « GOR » du laboratoire GeoRessources, sous la direction d'Olivier Deck, Marianne Conin, et Marwan Alheib. Ces travaux ont pour objectifs la modélisation physique et numérique des ouvrages souterrains en milieu rocheux en vue d'étudier leur stabilité et leur influence le massif environnant.

Le laboratoire GeoRessources dispose depuis janvier 2019 d'un Dispositif de Modélisation analogue Tri-axial (DIMITRI) novateur conçu pour permettre de réaliser des essais mécaniques sur des modèles réduits d'ouvrages souterrains. Ce dispositif consiste, en une presse triaxiale de volume utile 2m^3 au sein duquel des galeries peuvent être excavées.

L'objectif de ce stage de PFE d'une durée de 5 à 6 mois est d'accompagner le développement de modèles réduits discontinus fabriqués par impression 3D sable, matériaux et techniques choisis pour simuler un massif rocheux, et en particulier dans la phase de vérification du comportement géomécanique de ce matériau.

Le stagiaire se verra confier deux missions principales :

Mission 1 : Modélisation numérique des essais de cisaillement des joints rocheux

Les joints rocheux sont des discontinuités dans les massifs rocheux représentant des sources d'instabilités mécaniques. La formation de ces joints varie d'un massif à un autre en fonction de l'intensité des contraintes, de la rhéologie des matériaux, de la présence ou non de fluides, de l'histoire géologique et le chemin de chargement suivi par les matériaux.

La morphologie des joints rocheux et le comportement mécanique de la matrice sont reconnus comme des éléments clés contrôlant le comportement mécanique du joint, notamment en cisaillement, incluant ses phases pré-pic et post-pic ainsi que sa dilatance.

Afin de confirmer et d'anticiper les résultats expérimentaux des essais de cisaillement direct réalisés dans le cadre de la thèse d'Emilio Abi Aad sur des joints rocheux imprimés en 3D, nous souhaitons effectuer des calculs numériques à l'aide du logiciel UDEC en modélisant explicitement la surface rugueuse. L'impact des propriétés de la matrice rocheuse sur le comportement global du joint, sera particulièrement observé.

- La première phase consiste en une étude bibliographique sur la méthode de calcul numérique d'élément distinct.
- La deuxième phase consiste à
 - Assister aux essais de cisaillement direct au laboratoire GeoRessources afin d'observer l'aspect expérimental de ce qui sera modélisé numériquement ;
 - Réaliser des calculs numériques à l'aide de logiciels de modélisation mécanique de milieux discontinus (UDEC et 3DEC).

Mission 2 : Modélisation numérique de la stabilité d'une mine souterraine dans un milieu rocheux explicitement discontinu

Dans les massifs rocheux fracturés, il est très difficile de réaliser des ouvrages sans avoir fait au préalable, une étude de sa fracturation et de son comportement mécanique et hydraulique. L'étude d'un massif rocheux fracturé comporte les étapes suivantes :

Etape 1 : Relevé des discontinuités du massif ;

Etape 2 : Etude statistique de ses discontinuités pour identifier les différentes familles ;

Etape 3 : Etude du comportement mécanique des discontinuités ;

Etape 4 : Etude de la stabilité globale ;

Etape 5 : Etude hydraulique.

Cette seconde mission portera sur les étapes 2 et 4, et plus spécifiquement la stabilité globale d'un massif rocheux soumis à des sollicitations mécaniques dû au creusement d'une exploitation minière (stabilité des piliers, chute des blocs, etc.) à l'aide de la modélisation numérique 2D et 3D (Logiciel UDEC, 3DEC).

L'objectif de cette partie est d'étudier l'effet de différentes distributions de familles de discontinuités sur la stabilité d'une exploitation minière afin d'identifier le modèle qui sera imprimé et testé par la modélisation physique. Les différentes familles de discontinuités seront réparties aléatoirement.

- La première phase consiste en une étude bibliographique sur les massifs rocheux (caractérisations, classification...), et sur la stabilité d'une mine souterraine (différentes mode de ruptures, calcul analytique...).
- La deuxième phase consiste à
 - définir le modèle géométrique du massif rocheux (définir les différentes familles de discontinuité, orientation, espacement, nombre...);
 - Calculs numériques (udec et 3dec);

Compétences attendues du candidat(e)

Le/la candidate sera sélectionnée selon les critères suivants : Formation initiale : on privilégiera les candidats ayant une formation initiale en géosciences (mécanique des roches, génie civil, géologie)

Niveau stage PFE de M2 / fin de cycle d'ingénieur.

Langue : français ou anglais.

Candidature : CV + lettres de motivation + lettre de recommandation.

Date de début de stage : Février - Mars 2022 – durée de stage 5 ou 6 mois – gratification 600 Euro /mois.

Date limite de candidature : 14 novembre 2021

PS : Procédure ZRR requise.

Contact :

Emilio Abi Aad: emilio.abi-aad@univ-lorraine.fr

Olivier Deck: olivier.deck@univ-lorraine.fr

Marianne Conin: marianne.conin@univ-lorraine.fr

Mots clés :

Mécanique de roche, rugosité, dimension fractale, modélisation numérique, modélisation 3D.

