



Modélisation de la fragmentation électrique des roches

1. Présentation du sujet de thèse :

La fragmentation des roches par décharges électriques consiste à délivrer, à un matériau immergé dans un milieu liquide, des impulsions électriques de haute tension afin de le fragiliser et de le fragmenter. Son efficacité est démontrée pour la fragmentation de matériaux nécessitant de conserver une haute pureté (silicium) au cours de sa production et pour le recyclage des déchets (valorisation des mâchefers). Comparée aux méthodes traditionnelles de concassage, cette technique permet d'améliorer la libération des éléments d'intérêts, de diminuer l'énergie de broyage et de réduire la production de particules ultrafines nuisibles aux opérations ultérieures de tri. Malgré les nombreuses études menées sur cette technique ces dix dernières années, des travaux sont encore nécessaires pour optimiser la compétitivité de cette technique et favoriser son déploiement à l'échelle industrielle. La thèse proposée porte sur la compréhension et la modélisation mathématique des phénomènes mis en jeu lors de ce processus avec l'objectif à terme d'optimiser les conditions de mise en œuvre industrielle de cette technique.

L'approche envisagée est composée de trois étapes :

○ Mesures et analyse de résultats expérimentaux

Il s'agit d'analyser les résultats existants et de les compléter par de nouveaux essais. L'objectif est d'une part de comprendre le rôle des différents paramètres décrivant la source d'énergie, la roche à fragmenter et le mode opératoire mis en œuvre, et d'autre part, de formuler les hypothèses les plus appropriées pour une modélisation mathématique adéquate. L'analyse des résultats expérimentaux pourra s'appuyer sur différentes techniques dont la tomographie 3D.

○ Modélisation

Le travail consiste à mettre en équation les phénomènes mis en jeu dans le cadre d'une approche électro-hydro-thermo-mécanique et à identifier les modes de couplage entre ces différentes physiques. Des développements informatiques seront entrepris pour coder le modèle mathématique. À terme, ce modèle pourrait être décliné en un modèle systématique paramétrique intégré à des logiciels de simulation de Procédés.

○ Simulations numériques

Des simulations numériques permettant d'étudier la sensibilité du processus aux différents facteurs intervenants dans la fragmentation des roches seront menées. Les aspects suivants pourront être étudiés :

- les paramètres du pulse électrique (énergie, intensité, tension en amplitude et vitesse de montée) ;
- la distance entre électrodes ;
- la nature de la roche (composition minéralogique, constantes diélectriques des phases, etc.)

2. Encadrement

Unité de recherche : Centre Géosciences, MINES ParisTech - PSL University

Directeur de thèse : Hedi Sellami, Directeur de Recherche, MINES ParisTech – PSL University

Co-directeurs de thèse :

Ahmed Rouabhi, Maître de Recherche, Isabelle Thénevin, Maître de Conférence, MINES ParisTech – PSL University
Kathy Bru, Ingénieur de Recherche et Yannick Ménard, Docteur, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

Adresse courriel du contact scientifique :

Hedi.sellami@mines-paristech.fr

K.Bru@brgm.fr

Références :

K. Bru, S. Touzé, P. Auger, S. Dobrusky, J. Tierrie and D. B. Parvaz (2018) - Investigation of lab and pilot scale electric-pulse fragmentation systems for the recycling of ultra-high performance fibre - reinforced concrete. Minerals Engineering, vol. 128, pp. 187-194

Van der Wielen K.P. (2013) - Application of High Voltage Breakage to a Range of Rock Types of Varying Physical Properties, Thesis, Camborne School of Mine, University of Exeter.

Zuo (2015) - A study of the applications and modelling of high voltage pulse comminution for mineral ores, Thesis, The University of Queensland.

3. Compétences et connaissances requises

Niveau Ecole d'Ingénieur ou équivalent, possédant des solides connaissances en mathématiques et en physique. Des connaissances en mécanique des solides seraient un plus.

4. Conditions matérielles de réalisation de la thèse

Le sujet de thèse est proposé conjointement par MINES ParisTech et le BRGM.

La répartition des tâches entre les deux partenaires est prévue comme suit : les essais expérimentaux seront réalisés au BRGM, les aspects de modélisation seront menés principalement au Centre de Géosciences de MINES ParisTech à Fontainebleau.

L'équipement de fragmentation électrodynamique, disponible dans la plateforme PLAT'INN du BRGM, sera mis en œuvre. Le doctorant pourra également utiliser l'ensemble des moyens de PLAT'INN et des laboratoires de la direction DEPA pour caractériser les échantillons à l'issue des essais.

Le Centre de Géosciences mettra à disposition de la thèse ses bibliothèques scientifiques existantes et ses moyens informatiques.

Financement spécifique obtenu pour le projet : Contrat doctoral ou équivalent.