

## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Le **30-08-2018**

A **10h**

Amphi

Mines Saint-Étienne

158 Cours Fauriel

42023 Saint-Etienne

Soutiendra en vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint -Etienne dans la spécialité : GENIE DES PROCEDES

**Xavier**

**BEDNAREK**

Une thèse ayant pour sujet :

Simulation de l'homogénéisation de poudres dans un mélangeur conique à vis par la méthode des éléments discrets

### **MEMBRES DU JURY :**

Président

(Le président est désigné le jour de la soutenance)

### **Rapporteurs :**

Wachs	Anthony	Associate Professor	The University of British Columbia
Richard	Patrick	Directeur de Recherche 2eme classe	IFSTTAR - GPEM

### **Examineurs :**

Delenne	Jean-Yves	Directeur de Recherche	Laboratoire IATE
Bonnefoy	Olivier	Professeur	Mines Saint-Étienne
Ndiaye	Abibatou	Docteur	Orano Etablissement MELOX
Martin	Sylvain	Maitre associé	Mines Saint-Étienne
Peres	Véronique	Docteure - Ingénieure procédé	- Orano MELOX

Thèse préparée dans le centre SPIN à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Travail co-encadré par : BONNEFOY Olivier

MARTIN Sylvain

**Destinataires :** DRI, Accueil, SCIDEM, Centre,  
D.CORTIAL « Le Progrès », 24 rue de la robotique – 42000 Saint-Etienne

**Direction Recherche et Innovation**

158, Cours Fauriel

CS62362 - 42023 Saint-Etienne cedex 2 - Tél : 04 77 49 97 10

Page 1 - 1

## Résumé

La fabrication du combustible MOX telle que réalisée dans l'usine Melox requiert de mélanger des poudres dans un mélangeur conique à vis. La simulation numérique par la méthode des éléments discrets (DEM) a été choisie pour étudier cette étape.

Il est essentiel d'ancrer la simulation dans la réalité, c'est-à-dire de disposer d'une méthode de calibration robuste du modèle numérique. C'est la première partie du travail présenté ici, la seconde étant l'étude du procédé de mélange en lui-même.

La calibration du modèle DEM se fait en reproduisant numériquement une expérience en laboratoire: la mesure du lieu d'écoulement d'une poudre avec la cellule de cisaillement du rhéomètre FT4 de Freeman Technology. Une procédure automatique et robuste de simulation a été développée.

L'importance du temps de calcul de la méthode DEM a conduit à utiliser des ressources de calculs conséquentes telles que le super ordinateur IBM Blue Gene/Q du CNRS.

L'impossibilité de simuler un grain de poudre par un grain numérique a nécessité une réflexion sur les paramètres à calibrer. Une analyse de sensibilité sur une large gamme de paramètres a été conduite, que ce soit les paramètres des modèles de forces ou sur ceux dits « collectifs », liés au nombre de grains utilisés et à la distribution granulométrique.

L'algorithme d'Efficient Global Optimization (EGO) a été utilisé pour optimiser l'adéquation de la mesure numérique à la mesure expérimentale.

L'étude numérique du procédé de mélange est conduite avec un million de particules numériques, pour différentes configurations. La problématique du scale-up, passage du mélangeur d'essai de Melox au mélangeur de production, est abordée. Différentes méthodes d'analyse basées sur divers indices de mélanges, l'étude de champs de vitesse, de température granulaire et de dispersion ont été mises en place.

Une méthode d'extrapolation temporelle des résultats, basée sur l'algorithme d'appariement de Kuhn, a été développée et testée avec de bons résultats..

Xavier BEDNAREK