

Développement d'un modèle numérique magnéto-thermo-hydrodynamique pour un procédé de fusion par induction d'un mélange métal-verre

Rémi BOURROU

Sous la direction de Annie Gagnoud et Olga Budenkova
Co-encadrée par Christophe Lafon (CEA-Marcoule)

Mercredi 4 décembre 2019 à 10h00

Lieu à préciser

Jury :

M. Valéry BOTTON, Professeur, INSA Lyon – LMFA, Président

M. Alain JARDY, Directeur de Recherche CNRS, IJL Nancy, Rapporteur

M. Franck PIGEONNEAU, Chargé de Recherche, MINES ParisTech, Rapporteur

M. Emilien SAUVAGE, Ingénieur–Chercheur, CEA Marcoule, Examineur

M. Regis Didierlaurent, Orano, Invité

Résumé : Dans le procédé PIVIC, ayant pour objectif le conditionnement de déchets nucléaires technologiques mixtes, un bain de métal et de verre est maintenu en fusion par induction électromagnétique. La conductivité électrique du verre étant relativement faible, les forces de Laplace et le chauffage par effet Joule sont uniquement actifs dans le métal. Le verre est donc mis en mouvement et maintenu en fusion par son contact avec la phase métallique, ce qui complexifie le pilotage du procédé, notamment lorsque ce matériau commence à figer. L'objectif de cette thèse est d'étudier le couplage magnétothermo- hydrodynamique dans le procédé afin de comprendre le mécanisme à l'origine du figeage du verre et ainsi de pouvoir l'éviter. Pour ce faire, divers outils de modélisation numérique sont utilisés afin de représenter les phénomènes thermiques, hydrodynamiques et électromagnétiques dans le procédé. Un point crucial à prendre en compte est la déformation de la surface du métal par la pression magnétique, ce qui crée un dôme pouvant émerger de la phase de verre.

Dans un premier temps, les transferts thermiques sont écartés pour la modélisation numérique. Le modèle développé consiste en un couplage entre COMSOL Multiphysics® (induction EM) et ANSYS Fluent® (mécanique des fluides en régime turbulent). Afin de représenter la déformation des interfaces entre les fluides, une formulation triphasique du modèle Volume Of Fluid (VOF) a été utilisée. Les résultats numériques obtenus sont comparés aux mesures effectuées sur le prototype du procédé. Cette étude met en évidence les paramètres ayant un impact important sur l'élaboration ainsi qu'un phénomène d'entraînement d'air entre les deux liquides.

Dans un second temps, les phénomènes thermiques sont ajoutés au modèle numérique. Un modèle spécifique est développé pour représenter le rayonnement au niveau de la surface libre des liquides tout en utilisant le modèle VOF. La répartition des flux de refroidissement ainsi que la température dans le creuset obtenues avec ce modèle plus complet sont comparées avec le prototype. L'impact de la masse de verre dans le creuset sur le comportement thermique du procédé est finalement étudié.