

Modélisation multiphysique de l'élaboration de verre en creuset froid

Guillaume BARBA ROSSA

Sous la direction de Annie Gagnoud
Co-encadrant : Emilien Sauvage (CEA)

Mardi 7 novembre 2017 à 10h00

Auditorium de l'ICSM, CEA Marcoule

Résumé : La vitrification des déchets radioactifs de haute activité et vie longue permet d'assurer leur confinement à long terme grâce à l'intégration à l'échelle atomique des radioisotopes au sein d'une matrice vitreuse. Parmi les différents procédés de vitrification, celui basé sur l'utilisation d'un creuset froid à induction électromagnétique directe présente de nombreux avantages. Il est à ce titre en fonctionnement depuis 2010 à l'usine française de retraitement de la Hague. Affiner la compréhension et la modélisation des phénomènes en jeu dans un creuset froid lors de l'élaboration de verre constitue un enjeu décisif pour le soutien industriel et l'appui des démarches d'optimisation du procédé. Dans cette optique, nos travaux proposent un modèle multiphysique ainsi qu'une simulation numérique prédictive prenant en compte l'ensemble des phénomènes couplés régissant le comportement de la charge de verre lors de son élaboration en creuset froid, en termes de convection, de flux thermiques et d'interactions électromagnétiques. Dans un premier temps sont formulées les hypothèses de travail permettant la modélisation mathématique du système magnéto-thermo-hydraulique avec un degré d'approximation contrôlé. Nous mettons notamment en place une approche multi-échelle pour la prise en compte de la nature diphasique du verre nucléaire, constitué d'une matrice homogène présentant des particules métalliques micrométriques de platinoïdes en suspension. La résolution numérique du modèle couplé est alors assurée par le développement et l'utilisation de codes de simulation précis, stables et optimisés, en proposant des schémas numériques et des méthodes de couplage adaptés. Une grande part de nos travaux est dédiée à l'analyse des phénomènes physiques caractéristiques de la fusion du verre, liés de manière générale aux propriétés physico-chimiques variables du matériau (viscosité, masse volumique, conductivité électrique...). Sont notamment étudiés deux grands axes qui constituent des apports applicatifs importants : le transport, la réponse à l'induction et la sédimentation des particules de platinoïdes ainsi que les échanges thermiques entre le verre en fusion et les parois refroidies du creuset. Des lois d'échelle pour l'évaluation de l'intensité respective de ces phénomènes sont dérivées de l'analyse du modèle couplé. Enfin, des comparaisons expérimentales précises, à la fois à petite échelle et à l'échelle industrielle, permettent de valider l'approche choisie et les résultats obtenus.

Mots clés : mécanique des fluides, verre, transfert thermique, creuset froid, suspension, induction électromagnétique

