Offre de thèse

Ejection de corium par entraînement de gaz à travers une croute de surface

Le contexte de la thèse est le comportement de la croute de corium en surface d'un bain de corium lors du noyage d'un puits de cuve au cours d'un accident grave de Réacteur à Eau Pressurisée. Cette thèse couple simulation numérique et expérimentation.

Dans un premier temps, des simulations numériques (CFD) d'un écoulement diphasique (liquide/gaz) dans des canaux représentatifs des fissures d'une croûte de corium en surface d'un bain de corium seront menées avec le code JADIM développé à l'IMFT ([1]). En effet, ce type d'accident peut conduire à la relocalisation du corium (mélange fondu de combustible, matériaux des structures, gaines…) dans le puits de cuve et à une interaction corium-béton (ICB -ablation du béton du radier par le corium-). Dans ce cas, une stratégie envisagée pour accélérer le refroidissement d'un bain de corium en cours d'interaction et le stabiliser, consiste à injecter de l'eau dans le puits de cuve à la surface du corium. Différents essais (MACE [2] et OECD-MCCI -[3], [4]-) ont mis en évidence différents mécanismes de refroidissement d'un bain de corium hors-cuve sous eau dont l'éjection du corium. Ce processus est lié au gaz généré par la décomposition du béton qui traverse la croûte de surface en entrainant du corium liquide qui est alors éjecté dans l'eau. Ce corium se retrouve sous la forme d'un lit de débris au-dessus de la croûte qui peut être refroidi sous eau. Bien que le mécanisme d'éjection de corium à travers la croute supérieure ait été montré expérimentalement, son efficacité sur le refroidissement d'un bain de corium n'a pas été démontrée.

Ces simulations numériques du phénomène d'éjection seront validées partir d'une configuration expérimentale dans laquelle une plaque représentera la croute supérieure. Il faudra s'assurer de pouvoir mesurer la vitesse superficielle des gaz ainsi que le débit massique de liquide entrainé. Cette expérience devra permettre l'étude du phénomène pour des débits de gaz et des viscosités représentatives du cas réacteur.

Dans un deuxième temps, un modèle phénoménologique de l'éjection du corium sera élaboré à partir de ces simulations numériques validées.

Dans un troisième temps, une remontée d'échelle mésoscopique de ce modèle phénoménologique sera mise en œuvre afin de l'implémenter dans l'outil industriel PROCOR-ICB.
Enfin, des comparaisons expériences (expériences intégrales en corium prototypique MACE et OECD-MCCI) /calculs (PROCOR-ICB) seront réalisées.

Ce travail de thèse pluridisciplinaire (simulation, modélisation, expérimentation), sera réalisé en collaboration avec l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse. Les résultats obtenus feront l'objet de publications dans des revues et de présentations à des congrès.

[1] T. Abadie, J. Aubin, D. Legendre, On the combined effects of surface force calculation and interface advection on spurious currents within volume of fluid and level set frameworks, J. Comput. Phys. 297 (2015) 611–636.
[2] S. Levy : Summary of coolability studies undertaken by ACE (Advanced Containment Experiments) / MACE (Melt Attack and Coolability Experiments) / ACEX (ACE/MACE Extension). January 2002.
[3] Farmer, M., Lomperski, S., Kilsdonk, D. , Aeschlimann, R. : OECD MCCI Project - Final report. Argonne National Laboratory, OECD/MCCI-2005-TR06 (2005)
[4] Farmer, M., Kilsdonk, D., Aeschlimann, R., Lomperski, S. : OECD MCCI Project Category 4 Integral Test to Validate Severe Accident Codes: Core-Concrete Interaction Test Six (CCI-6) Final Report, Argonne National Laboratory, OECD/MCCI-2010-TR04 (2010)

Profil attendu :
BAC +5, Ecole d'ingénieur ou Master, en spécialité Mécanique des fluides, Physique, …

Lieu de la thèse: Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, groupe Interfaces.

Contacts :
jean-francois.haquetl@cea.fr, Anne.BOULIN@cea.fr, dominique.legendre@imft.fr, wladimir.bergez@imft.fr, remi.zamansky@imft.fr