

Méthodes numériques pour quelques problèmes de mécanique des fluides de la sûreté nucléaire

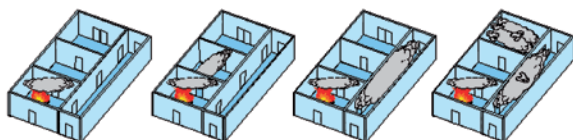
P. Angot *, F. Boyer *, T. Gallouët *, R. Herbin *,
 F. Babik **, C. Lapuerta **, J.-C. Latché **, B. Piar **, D. Vola **

* CNRS/LATP (CMI, Marseille)

** IRSN/DPAM/SEMIC (Cadarache)

Contexte : L'IRSN/DPAM développe des outils pour la simulation d'éventuels scénarios accidentels dans les installations nucléaires. Certains de ces logiciels résolvent des systèmes d'équations aux dérivées partielles régissant des phénomènes physiques tridimensionnels. Ces systèmes se composent d'équations de bilans complexes et fortement couplées ce qui implique des stratégies numériques de résolution spécifiques. L'IRSN/DPAM s'appuie sur le CNRS/LATP pour la définition et l'analyse des schémas numériques. Les étapes d'implémentation, de vérification et de validation des codes de calcul sont réalisées par l'IRSN/DPAM.

Exemple 1 : le logiciel ISIS, dédié à la simulation d'incendies dans des locaux confinés et ventilés.



Exemple de scénarios d'incendie étudiés dans l'installation DIVA de l'IRSN. Les feux sont confinés (le toit de l'installation n'est pas figuré ici) dans un système de locaux, reliés par des portes ainsi que par un réseau de ventilation.

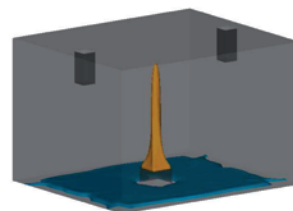
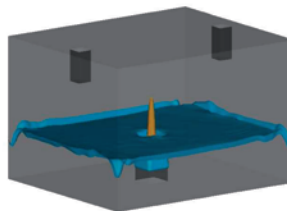
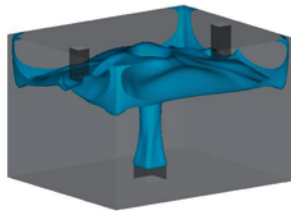
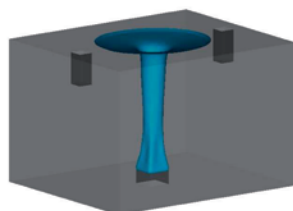
Exemple 2 : simulation pour la compréhension des phénomènes de l'interaction corium/béton



Expérience d'interaction corium⁽¹⁾/béton. Le corium, au sein duquel subsiste un dégagement de puissance due à la désintégration des produits de fission (ici simulée par effet Joule) fond peu à peu dans le béton.

Un dégagement gazeux (eau contenue dans le béton et CO₂ produit par décomposition des galets calcaires) se produit alors.

(1) Mélange de matériaux résultant de la fusion de la cuve



Calcul ISIS : développement d'un feu dans une installation de l'IRSN; en bleu, l'isotherme 90° et, en orange, l'isotherme 800°. Plus de 10^7 degrés de liberté ont été nécessaires à ce calcul.

Développements de schémas numériques pour le code ISIS :

- Méthodes de correction de pression pour les écoulements incompressibles, à faible nombre de Mach et compressibles, (*Journal of Computational Physics* 06, *Revue Européenne de Mécanique Numérique* 07, *Mathematical Modelling and Numerical Analysis* 08)
- Discrétisations en espace particulières des termes de transport dans les équations de Navier-Stokes, (*International Journal for Numerical Methods in Fluids* 08)
- Discrétisations monotones pour quelques équations de bilan : transport des espèces chimiques, des grandeurs turbulentes, modèle de rayonnement P1. (*FVCA* 08, *International Journal of Finite Volumes* 08)

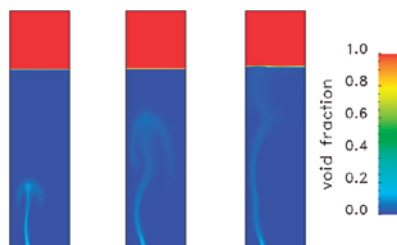
Simulation pour l'interaction corium/béton :

1 - Développement d'un outil de simulation des bains à bulles, pour étudier les phénomènes convectifs et les transferts thermiques associés, basé sur les schémas suivants :

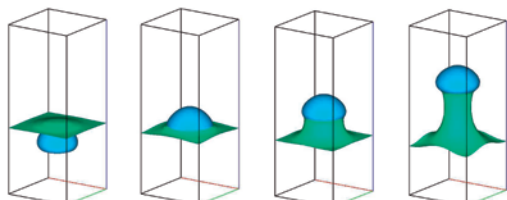
- Méthodes de correction de pression pour le modèle de dérive, (*Mathematical Modelling and Numerical Analysis* 08)
- Discrétisation monotone pour le transport de la phase gazeuse. (*IMA Journal of Numerical Analysis* 08)

2 - Développement d'un outil de simulation directe des phénomènes de transferts de masse et de chaleur entre deux phases liquides stratifiées, sous l'effet d'un flux de bulles.

- Construction d'un modèle mathématique pour les écoulements triphasiques, sur la base de la formulation de Cahn-Hilliard, (*Mathematical Modelling and Numerical Analysis* 06)
- Développement de solveurs multi-grilles.



Montée d'un panache de bulles dans une colonne



Franchissement d'une interface entre deux liquides non miscibles par une bulle

NOTES