

# Modèle de Cahn-Hilliard/Navier-Stokes pour la simulation d'écoulements composés de trois phases

Céline LAPUERTA, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Cadarache

Franck BOYER, CNRS, LATP Marseille

Bruno PIAR, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Cadarache

**Mots-clés :** modèle de Cahn-Hilliard, écoulement multiphasique, simulation numérique directe

Nous présentons un modèle de type interface diffuse pour l'étude d'écoulements incompressibles visqueux composés de trois constituants non miscibles, sans changement de phase.

Dans les méthodes à interface diffuse, l'évolution du système est décrite à travers la minimisation d'une énergie libre. L'originalité de notre approche réside dans la forme particulière de l'énergie que nous proposons, qui permet d'avoir un modèle *algébriquement consistant* [1], au sens suivant : d'une part, l'énergie libre triphasique coïncide exactement avec celle des modèles diphasiques [2] quand seulement deux des phases sont présentes ; d'autre part, si une phase est initialement absente alors elle n'apparaîtra pas au cours du temps. On montre également que cette dernière propriété, qui n'est pas vérifiée par certains modèles de la littérature [3], est stable vis à vis des erreurs numériques. Des exemples numériques sont donnés pour illustrer ces résultats dans le cas d'une bulle à l'équilibre, piégée entre deux phases stratifiées.

Pour décrire un tel système en écoulement, les équations de Cahn-Hilliard triphasiques sont couplées avec les équations de Navier-Stokes. Ces équations sont définies sur tout le domaine, sans conditions de sauts, et les forces de tension de surface sont prises en compte à travers des forces volumiques capillaires. Pour la résolution numérique des équations, une semi-discrétisation temporelle est utilisée afin de découpler les problèmes de Cahn-Hilliard et de Navier-Stokes dans un pas de temps et une méthode des éléments finis est employée pour la discrétisation spatiale. La résolution du problème discret est implémentée numériquement en utilisant la librairie de composants logiciels PELICANS développée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire.

Enfin, nous montrons comment le modèle étudié permet de simuler un train de bulles passant à travers l'interface entre deux fluides stratifiés (voir Figure 1), et donc d'évaluer des coefficients d'échanges nécessaires à la simulation d'un hypothétique accident majeur dans un réacteur à eau pressurisée.

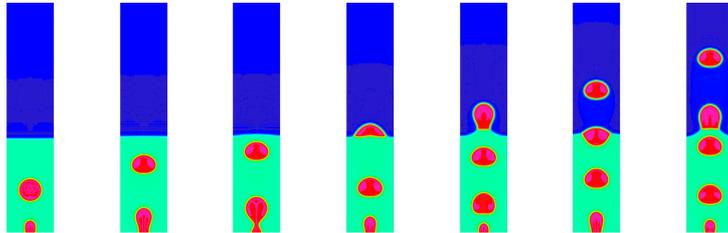


Figure 1: Train de bulles à travers une interface

## Références

- [1] BOYER F. AND LAPUERTA C., *Study of a three component Cahn-Hilliard flow model*, <http://hal.ccsd.cnrs.fr/ccsd-00012276>, soumis 2005.
- [2] JACQMIN D., *Calculation of two-phase Navier-Stokes flows using phase-field modeling*, *Journal of Computational Physics*, 155:96-127, 1999.
- [3] KIM J. AND LOWENGRUB J., *Phase field modeling and simulation of three-phase flows*, *Interfaces and free boundaries*, 7(4):435-466, 2005.

Céline LAPUERTA – [celine.lapuerta@irsn.fr](mailto:celine.lapuerta@irsn.fr)

IRSN/ DPAM/SEMIC/LMPC, BP3, 13115 Saint-Paul Lez Durance Cedex

Franck BOYER – [fboyer@cmi.univ-mrs.fr](mailto:fboyer@cmi.univ-mrs.fr)

CNRS/Université de Provence, LATP-CMI, 39 rue F. Curie, 13453 Marseille Cedex 13

Bruno PIAR – [bruno.piar@irsn.fr](mailto:bruno.piar@irsn.fr)

IRSN/DPAM/SEMIC/LMPC, BP3, 13115 Saint-Paul Lez Durance Cedex