

Méthode Level Set pour des écoulements en microcanaux

Paul VIGNEAUX, MAB - Université Bordeaux 1

Mots-clés : level set, microfluidique

Durant la dernière décennie, le champ de la microfluidique s'est drastiquement diversifié : il permet le transport de très faibles volumes de fluide (nanolitres) à travers des canaux du diamètre d'un cheveu. Cette miniaturisation est de plus en plus utilisée pour construire un vaste panel d'outils dont les applications concernent, par exemple, le décryptage du génome [1] ou l'utilisation de microgouttes comme des réacteurs chimiques [2]. Le Laboratoire du Futur (LOF) - unité mixte Rhodia-CNRS et Université Bordeaux 1 - réalise des expériences dans des microcanaux pour analyser des écoulements de polymères, de tensio-actifs ou d'émulsions ainsi que les processus de mélange au sein de ces fluides complexes. En relation avec le LOF, le laboratoire de Mathématiques Appliquées de Bordeaux (MAB) développe des outils numériques pour simuler ces expériences grâce à des codes robustes et ergonomiques. Le MAB a mis au point un modèle numérique pour les écoulements en microcanaux qui peut permettre de compléter les études physiques sur la dynamique des fluides en présence. L'avantage de ce modèle est qu'il permet une simulation rapide des expériences mettant en jeu diverses configurations des interfaces.

Le but de cette présentation est d'introduire un modèle numérique bidimensionnel pour des écoulements mettant en jeu deux fluides immiscibles dans des microcanaux. Ce modèle utilise un fluide dont la viscosité est variable et la méthode Level Set [3], [4] et [5]. Nous exposerons les résultats obtenus pour différents types d'interfaces dont les simulations numériques sont en accord avec les expérimentations physiques du LOF.

Les écoulements étudiés peuvent être considérés comme incompressibles. Le nombre de Reynolds est si faible qu'une équation de Stokes quasi-stationnaire est un modèle suffisant, même si les vitesses des fluides sont grandes. Les forces de tension de surface aux interfaces jouent un rôle majeur puisque les sections étroites considérées (quelques dizaines de micromètres) induisent une très forte courbure. Par suite, *via* la CFL induite par la tension de surface, une méthode Level Set classique conduit à des temps de simulation particulièrement longs. De manière à réduire ces temps de calcul, nous proposons une méthode Level Set spécifique à la microfluidique. La géométrie du domaine est constituée de canaux en croix avec des injections de fluides différents aux diverses entrées et des sorties évacuant le mélange, suivant les expériences physiques simulées. Des conditions d'adhérence ou de glissement à la paroi sont utilisées comme conditions aux limites suivant le type d'interface se propageant dans les microcanaux. Par ailleurs, nous mettons en œuvre une méthode Volumes Finis pour discrétiser l'équation de Stokes et une méthode de Lagrangien Augmenté pour la résoudre en tenant compte de la contrainte d'incompressibilité. Enfin, nous employons des schémas WENO d'ordre élevé [6] sur l'équation de transport pour la fonction Level Set.

Références

- [1] A. J. DEMELLO. *DNA amplification moves on*, Nature, Vol. 422 , 6 March, 2003
- [2] M. JOANICOT AND A. ADJARI. *Droplet Control for Microfluidics*, Science, Vol. 309, 5 August, 2005
- [3] S. OSHER AND J. SETHIAN. *Fronts propagating with curvature-dependent speed: algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations*, J. Comput. Phys., Vol. 79, 12–49, 1988
- [4] M. SUSSMAN, P. SMERKA AND S. OSHER. *A level set approach for computing solutions to incompressible two-phase flow*, J. Comput. Phys., Vol. 114, 146–159, 1994
- [5] S. OSHER AND R. FEDKIW. *Level Set Methods and Dynamic Implicit Interfaces*, Applied Mathematical Sciences - Vol. 153, Springer, 2003
- [6] G-S. JIANG AND D. PENG. *Weighted ENO schemes for Hamilton-Jacobi equations*, SIAM J. Sci. Comput., Vol. 21, No. 6, 2126–2143, 2000

Paul VIGNEAUX – Paul.Vigneaux@math.u-bordeaux1.fr

Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Bordeaux - Université Bordeaux 1 - 351, Crs de la Libération - 33405 Talence Cedex