



Simulation d'écoulements monophasiques en milieux poreux fracturés par la méthode des éléments finis mixtes hybrides

Michel KERN, Inria SERENA - Paris Géraldine PICHOT, Inria SERENA - Paris

Martin VOHRALÍK, Inria SERENA - Paris Daniel ZEGARRA VASQUEZ, Inria SERENA - Paris

Dans les milieux souterrains, les fractures sont très nombreuses et présentes à toutes les échelles, avec des tailles très hétérogènes. Notamment pour les écoulements, elles sont des voies préférentielles : les écoulements y sont beaucoup plus rapides que dans la roche avoisinante. En effet, la perméabilité de la roche est généralement environ deux ordres de grandeur plus faible que celle des fractures. Cela fait que les fractures jouent un rôle primordial dans un grand nombre d'applications industrielles et environnementales. Ces particularités du domaine poreux fracturé rendent la modélisation et la simulation des écoulements qui y transitent un défi majeur aujourd'hui pour lequel il convient de développer des modélisations et méthodes numériques dédiées robustes et efficaces.

Le modèle le plus couramment utilisé de représentation des fractures est le modèle de réseaux de fractures discrets dans lequel les fractures sont représentées comme des structures de codimension 1. Le modèle d'écoulements monophasiques en milieux poreux fracturés est décrit dans [5]. La particularité du problème poreux fracturé, par rapport au problème uniquement poreux ou uniquement fracturé [3], est le couplage entre l'écoulement dans les fractures et l'écoulement dans la roche. Du fait des difficultés rencontrées pour prendre en compte la complexité géométrique de grands réseaux fracturés dans les simulations, les cas tests proposés récemment dans la littérature sont majoritairement 2D, ou 3D avec un nombre limité (une dizaine) de fractures [1].

Dans cet exposé, nous présenterons le solveur nef-flow-fpm, qui permet de résoudre le problème poreux fracturé 3D stationnaire grâce à la méthode des éléments finis mixtes hybrides. La méthode développée dans le solveur est inspirée de [4]. Pour mailler le domaine, un premier maillage 2D simplical et conforme est généré pour le réseau de fractures et pour les bords du domaine, puis un deuxième maillage 3D simplical et conforme est généré à partir du premier maillage. Les solveurs intégrés à nef-flow-fpm sont des solveurs directs, comme LU et Cholesky, et des solveurs itératifs, comme PCG et AMGCL [2]. Nous avons validé nef-flow-fpm sur les cas test présentés dans [1]. Nous proposerons de nouveaux cas test avec un nombre plus important de fractures (quelques milliers).

- [1] I. Berre, et al. Verification benchmarks for single-phase flow in three-dimensional fractured porous media. Advances in Water Resources, 147, 2021.
- [2] D. Demidov. AMGCL: An efficient, flexible, and extensible algebraic multigrid implementation. Lobachevskii Journal of Mathematics, 40, 2019.
- [3] A. Ern, F. Hédin, G. Pichot, N. Pignet. Hybrid high-order methods for flow simulations in extremely large discrete fracture networks. Pre-print https://hal.inria.fr/hal-03480570/, 2021.
- [4] H. Hoteit, A. Firoozabadi. An efficient numerical model for incompressible two-phase flow in fractured media. Advances in Water Resources, 31(6), 2008.
- [5] V. Martin, J. Jaffré, J. E. Roberts. *Modeling fractures and barriers as interfaces for flow in porous media*. SIAM Journal on Scientific Computing, **26(5)**, 2005.