

JHomogenizer : une Plate-Forme de Mise à l'Echelle en Milieux Poreux Hétérogènes

Brahim Amaziane¹ et Joe Koebbe²

¹Laboratoire de Mathématiques Appliquées
Université de Pau et des Pays de l'Adour
Avenue de l'Université, 64000 Pau
brahim.amaziane@univ-pau.fr

² Department of Mathematics and Statistics
Utah State University
3900 Old Main Hill
Logan, UT 84322-3900, Utah, USA.
koebbe@math.usu.edu

Dans cet exposé, nous présenterons quelques résultats obtenus dans le cadre du Projet Homogénéisation Numérique Volet Logiciels de Changement d'Echelles du GDR MoMaS et notamment une plate-forme qui a pour but de fournir un outil convivial de mise à l'échelle en milieux poreux hétérogènes.

Ce travail porte sur des méthodes numériques pour le calcul des coefficients effectifs obtenus par des méthodes asymptotiques d'homogénéisation de mise à l'échelle (perméabilité absolue, perméabilités relatives, pression capillaire, dispersion, etc.) pour des écoulements mono ou multiphasiques en milieux poreux. Le problème du changement d'échelle consiste à déterminer, à partir de données ou de caractéristiques locales, les paramètres effectifs d'un milieu intervenant dans une description à plus grande échelle. Cette étape est un problème majeur pour la simulation numérique des écoulements de fluides en formation géologique. Diverses techniques de caractérisation des formations géologiques peu profondes permettent de disposer d'un modèle géologique composé de plusieurs millions de mailles, à chacune desquelles sont associés des paramètres hydrogéologiques tels que la perméabilité, la porosité etc.... Cependant, la difficulté réside dans la prise en compte de cette complexité lors des simulations numériques des écoulements des fluides en milieux poreux hétérogènes. Il est envisageable de simuler de tels phénomènes sur un modèle géologique aux moyens des simulations parallèles par exemple. Toutefois bien que les moyens informatiques ne cessent de progresser la durée de simulation est encore trop grande et d'autres difficultés (convergence, stabilité, ...) peuvent apparaître. D'autre part comme la géostatistique est fondée sur des techniques probabilistes, on ne dispose pas d'un seul modèle géologique mais d'un ensemble de modèles (réalisations) équiprobables du domaine. Les difficultés rencontrées pour la simulation numérique sont la dimension du domaine, la prise en compte des hétérogénéités et la complexité des modèles utilisés : systèmes d'équations aux dérivées partielles non linéaires et dégénérées de type diffusion-convection-réaction. Par ailleurs le modèle géologique est construit en respectant au mieux les particularités de la géométrie réelle du réservoir, tels que les chenaux et les failles ce qui engendre en général un maillage réservoir irrégulier sur lequel sont simulés les écoulements des fluides. Par conséquent, on est confronté au problème de la mise à l'échelle des caractéristiques géologiques sur des maillages déstructurés. Pour pallier à ces difficultés, on est donc amené à recourir aux méthodes d'homogénéisation ou de changements d'échelles. L'approche consiste à construire un modèle équivalent en calculant des paramètres géologiques effectifs. Différentes approches existent dans la littérature pour traiter ce problème. Dans ce travail, on s'intéresse uniquement

Journées Scientifiques du GDR MoMaS
12, 13, 14 Novembre 2003, CIRM-Marseille.

aux méthodes d'homogénéisation numériques pour effectuer ce changement d'échelle. En général elles nécessitent la résolution de problèmes locaux posés sur chaque maille grossière.

Nous débuterons par la présentation de quelques modèles d'écoulements en milieux poreux, mono ou multiphasiques, pour lesquels des résultats d'homogénéisation périodique ou stochastique ont été établis. Nous aborderons alors le problème de la résolution numérique des problèmes locaux qui permettent de calculer les coefficients effectifs. Les méthodes numériques utilisées sont de type élément finis conformes et éléments finis mixtes hybrides. Nous présenterons ensuite la plate-forme JHomogenizer développée en Java qui utilise des codes d'homogénéisation dont nous disposons et permet d'obtenir des coefficients effectifs pour un certain nombre de problèmes d'écoulements en milieux poreux hétérogènes. Nous donnerons le contenu et le mode d'utilisation de la plate-forme. Des simulations numériques seront présentées pour valider les résultats obtenus par JHomogenizer. Enfin, nous conclurons en évoquant les limites et les extensions possibles de la plate-forme.

Références

- [1] B. AMAZIANE, and T. HONTANS, Homogénéisation et Simulation Numérique 3-D d'un Modèle d'Écoulements de Fluides Diphasiques en Milieux Poreux, M. C. Lopez de Silanes, (Ed.) et al., Actes des 6èmes Journées Zaragoza-Pau de Mathématiques Appliquées et de Statistiques. Pau: Publications de Université de Pau et Pays de l'Adour, PUP. pp. 77-84, 2001.
- [2] B. AMAZIANE, T. HONTANS and J. V. KOEBBE, Equivalent Permeability and Simulation of Two-Phase Flow in Heterogeneous Porous Media, Computational Geosciences, 5, pp. 279-300, 2001.
- [3] A. BADEA, and A. BOURGEAT, Numerical Simulations by Homogenization of Two-Phase Flow through Randomly Heterogeneous Porous Media, in Modeling and Computation in Environmental Sciences, Notes on Numerical Fluid Mechanics, vol. 59, Vieweg Pub., Brannschweig, pp. 13-24, 1997.
- [4] A. BOURGEAT and A. HIDANI, Effective Model of Two-Phase Flow in a Porous Media Made of Different Rock Types, Applicable Analysis, 58, n° 1-2, pp. 1-29, 1995.
- [5] A. BOURGEAT, and M. JURAK, Changement d'Echelle pour les Caractéristiques Physiques de Gisement (Pression Capillaire, Perméabilités Relatives et Absloutes et Porosité), Rapport Interne ElfAquitaine, 1998.
- [6] A. BOURGEAT and M. PANFILOV, Effective Two-Phase Flow through Highly Heterogeneous Porous Media : Capillary Non-Equilibrium Effects, Computational Geosciences, 2, pp. 191-215, 1998.
- [7] A. BOURGEAT, M. JURAK, and A. PIATNITSKII; Averaging a Transport Equation with Small Diffusion and Oscillating Velocity; accepted M2AS; Math. Meth. Appl. Sci. 2003; 26:95-117.
- [8] T. HONTANS, Homogénéisation Numérique de Paramètres Pétrophysiques pour des Maillages Déstructurés en Simulation de Réservoir, Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2000.
- [9] J. KOEBBE, HomCode : A Code for Scaling up Permeabilities using Homogenization, Research Report 83, Department of Mathematics and Statistics, Utah State University, Logan, USA, 1995.
- [10] P. ROYER; J.-L. AURIAULT; J. LEWANDOWSKA; and C. SERRES, Continuum Modeling of Contaminant Transport in Fractured Porous Media, Transport in Porous Media 49(3): 333-359; Dec 2002.
- [11] B. VIDAL, Calcul par Homogénéisation des Tenseurs de Perméabilité et de Dispersivité : Application au cas des Milieux Poreux Fracturés, Rapport de Stage DESS IMO (IM) IPSN-UPPA, 2001.