

# Transport particulaire asynchrone en milieux poreux hétérogènes et discontinus avec des conditions limites de Dirichlet

H. Oukili<sup>1</sup>, R. Ababou<sup>1</sup>, G. Debenest<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, Allée du professeur Camille Soula, 31400 Toulouse, France

---

*Mots clés:* Milieux poreux hétérogènes, Milieux discontinus et fracturés, Advection-diffusion, Marche aléatoire, Condition limite de Dirichlet

---

## Résumé:

Ce sujet de recherche s'inscrit dans la continuité de travaux sur les modèles de transport particuliers au sein du groupe milieux poreux (GEMP) à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) : thèses de *M. Spiller (2004)* [1], et de *M.-P. Lam (2008)* [2], stage de recherche de *J.-E. Guyot (2012)* [3], entre autres. Les méthodes particulières sont très utilisées dans les problèmes de transport advectif-diffusif (masse, chaleur, etc.), car elles réduisent ou évitent totalement certains problèmes qui peuvent se produire dans les méthodes purement Eulériennes (par exemple des problèmes d'oscillations pouvant aboutir à des concentrations négatives).

On présente dans ce travail une méthode de suivi asynchrone de particules régies par un processus de type marche aléatoire (Wiener), permettant de modéliser le transport diffusif (ou advectif-diffusif plus généralement) dans un milieu poreux hétérogène et/ou discontinu.

Dans cette étude, pour traiter les discontinuités du coefficient de diffusion, nous avons utilisé deux méthodes : Il s'agit de la méthode « Réflexion partielle » (Uffink, 1985 [4]), et de la méthode « Vitesse de dérive » combinée à un épaississement de l'interface de discontinuité (Labolle, 1996 [5] ; et Spiller, 2004 [1]). Un des aspects novateurs de l'approche proposée est d'adapter la discrétisation du temps à chaque particule, de telle sorte qu'elle franchisse exactement en un seul pas de temps l'élément dans lequel elle se trouve.

De plus, nous avons mis en œuvre et comparé trois nouvelles méthodes pour modéliser les conditions limites de Dirichlet.

- La première méthode, « Maille re-remplie » consiste à créer une maille en dehors du domaine et sur la face où l'on veut fixer la condition de Dirichlet ; et on re-remplie cette maille à chaque pas de temps.
- La deuxième méthode, « Flux Dirichlet » consiste à injecter un certain nombre de particules dans une maille. Le nombre de particules injectées provient de la loi de Fick.
- La troisième méthode, « Réservoir Dirichlet » consiste à remplir à l'instant initial un réservoir de particules adjacent au domaine, avec une largeur égale à la distance maximale que peut traverser une particule lors de la durée de la simulation. Ces trois méthodes ont été vérifiées analytiquement, validées en 1D avec des solutions analytiques (Figure1), et comparées aux résultats 2D/3D d'autres simulations.

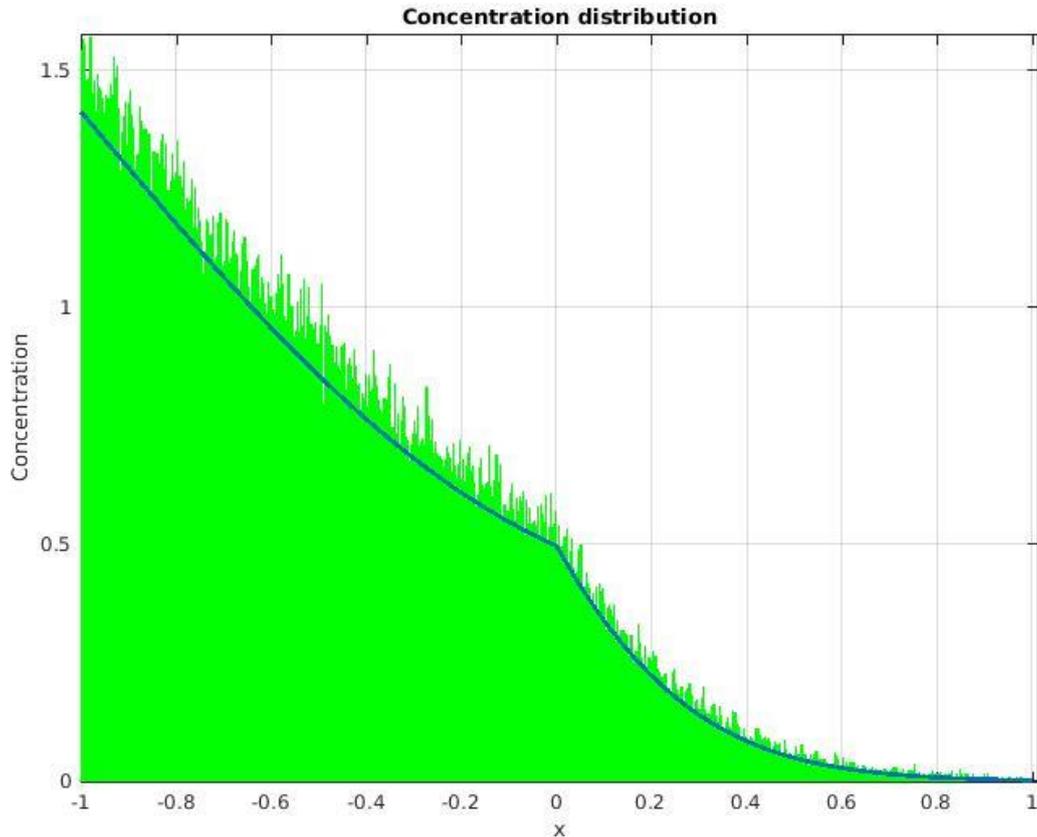


Figure 1: Comparaison de deux résultats, analytique (EDP) et numérique (Particules), pour un problème 1D avec conditions limites de Dirichlet (concentration fixée  $C = 1.4$  à gauche, et  $C = 0$  à droite). Le coefficient de diffusion  $D(x)$  est discontinu en  $x=0$ . La courbe en trait plein montre la solution analytique de l'EDP de diffusion, et l'histogramme en vert montre le résultat de l'approche particulaire avec  $N=300\ 000$  particules, en utilisant la méthode 3.

## References

- [1] Spiller M. (2004). *Physical and numerical modeling of flow and transport in heterogeneous fractured media: high Reynolds flow and reactive particle transport*. Doctoral thesis. IMFT - Institut National Polytechnique de Toulouse (France) & IWW - RWTH University of Aachen (Germany), 25 Nov. (2004).
- [2] Lam, M.-Ph. (2008). *Modélisation 3D du transport particulaire asynchrone en simple et double continuum matrice-fractures : application au stockage de déchets nucléaires*. Thèse de doctorat de l'INPT : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, (2008).
- [3] Guyot J-E (2012). *Marches aléatoires et processus de diffusions en milieux composites présentant des discontinuités (tests et applications en pollution souterraine, milieux poreux, et sciences des matériaux)*. Rapport de stage M1 de l'IMAT (Institut de Mathématiques A. de Toulouse : Université Paul Sabatier). Laboratoire : Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse. 31 pp, (2012).
- [4] Uffink, G. J. M. (1985). A random walk method for the simulation of macrodispersion in a stratified aquifer. In: *Relation of Groundwater Quality and Quantity, LAHS Publ.*, 146, 103–114 (1985).
- [5] LaBolle, E. M., G. E. Fogg, and A. F. B. Tompson (1996). Random-walk simulation of transport in heterogeneous porous media: Local mass conservation problem and implementation methods. *Water Resour. Res.*, 32(3), 583–593 (1996).