

Optimisation de maillages tétraédriques hétérogènes

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

Expert public pour la maîtrise des risques nucléaires et la protection de la santé et de l'environnement au regard des rayonnements ionisants, l'IRSN met en œuvre des programmes de recherche destinés à maintenir et à développer les compétences nécessaires à l'expertise dans ses domaines d'activités.

Contexte et contenu du travail proposé

Ce travail s'inscrit dans le cadre des recherches menées par l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN), qui visent à comprendre et à modéliser les phénomènes physico-chimiques prépondérants dans le stockage de déchets radioactifs, en vue d'expertiser la sûreté des installations existantes et futures. Dans cet objectif, l'IRSN développe le logiciel MELODIE (Modèle d'Evaluation à Long terme des Déchets Irradiants Enterrés) qui permet de modéliser le transfert de radionucléides en phase aqueuse, au sein de milieux poreux, depuis les alvéoles d'un stockage jusqu'aux exutoires de la géosphère. L'écoulement de l'eau et le transport de solutés sont représentés par des systèmes d'équations aux dérivées partielles (EDP) de type diffusion-convection. Ces modèles doivent tenir compte des forts contrastes de propriétés des divers matériaux et des milieux géologiques traversés et donc, au sein d'un même modèle, à des cinétiques de transport à dominante diffusive ou convective. La discrétisation de telles équations est effectuée, dans MELODIE, par une méthode numérique combinant éléments finis et volumes finis. Ainsi, la discrétisation spatiale du milieu continu modélisé doit respecter des contraintes portant sur la taille ainsi que sur la forme géométrique des éléments de ce maillage afin de respecter la monotonie du schéma, c'est-à-dire la condition de cohérence avec la physique qui se traduit mathématiquement par la vérification du principe de maximum discret (PMD).

Pour assurer la monotonie du schéma, une solution consiste à garantir le caractère M-matrices de la matrice générale obtenue suite à la discrétisation du problème. Certaines caractéristiques des M-matrices pour un problème homogène et isotrope se traduisent par des critères géométriques : le critère de Delaunay avec un maillage triangulaire (2D), qui est aisément satisfait lors de la construction du maillage, et le critère de cotangentes pour un maillage tétraédrique (3D). Ce dernier critère est semi-local, c'est-à-dire que, pour un terme de la matrice, il fait intervenir uniquement les angles dièdres autour d'une arête du maillage. Ceci permet l'utilisation d'algorithmes d'optimisation par manipulation locale des entités du maillage [1-3]. Nous avons mis en œuvre l'approche d'optimisation présentée dans [4,5], qui est basée sur des opérateurs très simples, qui sont la généralisation 3D des échanges d'arêtes en 2D : les nœuds de maillage restent fixes, par contre sa connectivité peut être modifiée afin de respecter au mieux le critère de cotangentes. Cet outil « optimisation-tétraédrique » a permis d'apporter une amélioration significative

sur des cas tests académiques, en termes de nombre de nœuds du maillage où la monotonie du schéma n'était pas respectée. Toutefois les performances de cet outil sont ralenties par des algorithmes de complexité quadratique (temps d'obtention des résultats trop importants).

Nous souhaitons maintenant vérifier l'efficacité de cette stratégie d'optimisation sur des cas tests plus représentatifs des systèmes de stockage. Pour cela, le travail du stagiaire consistera dans une première phase en une recherche bibliographique approfondie sur d'éventuels nouveaux algorithmes développés pour améliorer la connectivité des maillages tétraédriques. Dans une seconde phase, il s'agira de reprendre l'outil « optimisation-tétraédrique » et de construire de nouveaux algorithmes de complexités linéaires afin de réduire les temps de calculs, puis ensuite de définir et de construire un ou plusieurs cas tests sur la base de calculs existants ayant montré des problèmes de monotonie.

Bibliographie

- [1] Triangulation de Delaunay et maillage, applications aux éléments finis, par Paul-Louis George et Houman Borouchaki. Hermes.
- [2] Unstructured grid optimization for improved monotonicity of discrete solutions of elliptic equations with highly anisotropic coefficients. Martin J. Mlacnik, Louis J. Durlofsky, J. of Comp. Physics, 25/01/06.
- [3] Smoothing and local refinement techniques for improving tetrahedral mesh quality, J.M. Escobar, R. Montenegro, G. Montero, E. Rodriguez, J.M. González-Yuste, Computer and structures, 2005
- [4] 3D anisotropic mesh adaptation by mesh modification, Xiangrong Li, Mark S. Shepard, Mark W. Beall, Computer methods in applied mechanics and engineering, 2004
- [5] Two discrete Optimization Algorithms for the Topological Improvement of Tetrahedral Meshes, Jonathan Richard Schewchuk, Berkeley (à voir sur sa page web)

Profil recherché & durée

- Stage rémunéré, d'une durée de 6 mois (à partir de février-avril 2012), s'adresse à tout candidat en **3ème année d'école d'ingénieur ou de Master 2**.
- Compétences en mécanique des fluides et en analyse numérique (EDP, méthodes des éléments/volumes finis...) et maîtrise de la programmation (code écrit en langages Fortran/C++).

Modalités

- Localisation : Fontenay-aux-Roses (92) à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) au sein du Bureau d'Expertise et de Recherche pour la sûreté des Installations de Stockage de déchets radioactifs (BERIS) du Service d'Expertise des Déchets radioactifs et de la Radioactivité Naturelle (SEDRAN).
- Responsable du stage : Mme AMOR Hanen

Tél. : 01.58.35.84.33

@ : hanen.amor@irsn.fr