

# Séminaire du GeM

21 mars 2019 à 14h, IUT de Saint-Nazaire

## Perméabilité et microstructure : quelques outils d'homogénéisation

François Bignonnet, GeM, équipe IEG

La perméabilité des milieux poreux intervient dans de nombreuses applications industrielles : durabilité des structures de génie civil, stockage géologique de gaz naturel, de CO<sub>2</sub> ou de déchets radioactifs, exploitation d'hydrocarbures, hydrologie, filtres, échangeurs de chaleur, piles à combustible, ... Parmi les propriétés effectives (diffusion, élasticité, conductivité, ...) de matériaux hétérogènes, la perméabilité est probablement l'une des plus sensibles à la morphologie de la microstructure et donc particulièrement délicate à estimer par les méthodes d'homogénéisation.

À l'échelle macroscopique, la perméabilité est décrite par la loi de Darcy qui relie linéairement le gradient de pression du fluide à sa vitesse moyenne. En revanche à l'échelle microscopique – celle des pores – l'écoulement est décrit par les équations de Stokes. Dans un premier temps, la transition entre ces deux échelles de description sera présentée formellement. Sur cette base, différents outils pour estimer la perméabilité d'un milieu poreux impliquant différents degrés de description de sa microstructure seront présentés.

Le premier outil présenté sera une méthode d'homogénéisation en champ complet. Les équations de Stokes sont résolues numériquement sur des représentations tridimensionnelles explicites de volumes élémentaires représentatifs de la microstructure. La méthode, sans matrice, est basée sur une grille de discrétisation régulière et l'utilisation efficace de transformées de Fourier rapides (FFT). Elle est ainsi directement compatible avec des méthodes d'imagerie tridimensionnelles. Une illustration sera donnée sur un modèle de cellules de Voronoï, adapté à certains grès ou métaux poreux manufacturés. Une technique efficace d'estimation de la taille des volumes élémentaires représentatifs sera également présentée.

Le second outil consiste en la construction de bornes supérieures rigoureuses sur la perméabilité impliquant une description indirecte de la microstructure par des descripteurs statistiques : les fonctions de corrélations spatiales à deux ou trois points. Leur pertinence sera discutée sur un modèle Booléen de sphères.

Enfin, différentes techniques d'estimation analytiques basées sur l'utilisation de motifs morphologiques simplifiés (tubes, plans, sphères composites,...) dans un schéma d'homogénéisation auto-cohérent seront introduites et illustrées sur quelques exemples.