

Méthodes d'émulation pour l'analyse de sensibilité et la calibration de modèles en hydrologie

18 octobre 2014

Recherche : Post-doc ou Doctorant

Cadre : Ce travail s'effectuera sous la co-direction du Dr-HdR A. Younès (Chargé de Recherche au Lhyges, Strasbourg) et de T. Mara (Maître de Conférences, Université de La Réunion) et s'effectuera entre Strasbourg et La Réunion. Le travail demandé est principalement numérique et nécessite de bonnes connaissances en mathématiques et en programmation (FORTRAN, Matlab, ...). Ce projet est financé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du projet RESAIN (Emulation techniques for the REDuction, Sensitivity Analysis and INversion of models for subsurface hydrology)

Description des tâches : Les recherches menées au sein du Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg ont permis de développer plusieurs méthodes numériques adaptées à la résolution des équations aux dérivées partielles régissant les transferts en milieux souterrains. Ces méthodes robustes sont maintenant implémentées dans des codes de calcul qui permettent d'avoir en 2D et 3D des champs de pression, de vitesse et de concentration très précis. Cependant, dans la pratique, il est nécessaire de définir les différents paramètres et conditions aux limites lors de l'utilisation de ces modèles dans des conditions réelles. Or, le milieu naturel étant difficile d'accès, les données disponibles sont souvent insuffisantes (car coûteuses) pour avoir une caractérisation fine du milieu naturel. Par conséquent, chaque aspect de cette caractérisation est sujet à des incertitudes. Ces incertitudes doivent être prises en compte et leur effet sur les réponses du modèle quantifié.

L'objectif du projet ANR RESAIN est de développer une méthodologie globale d'estimation de paramètres pour les transferts en milieu poreux combinant les techniques de réduction de modèle, d'analyse d'incertitude et de sensibilité et d'inversion de modèles. Cette méthodologie sera développée et appliquée à l'écoulement et au transport à l'échelle régionale ainsi que pour la modélisation du transport réactif en présence d'un biofilm à l'échelle du laboratoire. Les modèles numériques de transfert en milieux poreux sont souvent non linéaires et

coûteux en temps de calcul, la modélisation inverse sera basée sur des "méta-modèles", construits à partir de quelques évaluations bien choisies du modèle initial.

L'objectif premier de ces travaux est de développer et comparer différentes techniques d'émulation de modèles d'écoulement et de transport en milieu souterrain. Parmi ces techniques nous pouvons citer : les polynômes du chaos adaptatifs [Blatman & Sudret(2010)], les processus Gaussien [Jones (2001)], l'interpolation adaptative développée dans [Ma & Zabararas(2010)]. Le(a) candidat(e) sera amené à réaliser : 1) Un état de l'art et un travail de synthèse afin d'intégrer les multiples techniques numériques, statistiques et mathématiques utiles, 2) Le développement d'outils pour l'analyse de sensibilité locale et globale 3) Le développement d'outils pour l'identification des paramètres dans des problèmes d'écoulement souterrain et de transport réactif à partir de mesures expérimentales.

Une attention particulière sera apportée à la problématique des milieux hétérogènes. Dans ces problèmes, la difficulté provient de la prise en compte des champs hétérogènes dans la modélisation directe et inverse. Pour ce faire, le(a) candidat(e) étudiera l'idée de ramener la problématique du champ stochastique à une problématique de types variables aléatoires. Une telle transformation (ou réduction) peut être entreprise grâce à la transformation de Karhunen-Loève.

Références

- [Blatman & Sudret(2010)] Blatman G. & Sudret, B. (2010) Efficient computation of global sensitivity indices using sparse polynomial chaos expansions. *Reliability Engineering and System Safety*, **95** :1216–1229.
- [Crestaux *et al.*(2009)] Crestaux, T., Le Maître, O. and Martinez, J.-M. (2009) Polynomial chaos expansion for sensitivity analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, **94** :1161–1172.
- [Delhomme (1979)] Delhomme, J.P. (1979) Spatial variability and uncertainty in groundwater flow parameters : A geostatistical approach, *Water Resour. Res.*, **15** :269–80.
- [De Marsily *et al.*(1999)] De Marsily, G., Delhomme, J.P., Delay, F. and Buoro, A. (1999) Regards sur 40 ans de problèmes inverses en hydrogéologie, *CRAS Sci. Terre & Plan.*, **329**, :73–877.
- [Jones (2001)] Jones, D.R. (2001), A taxonomy of global optimization methods based on response surfaces, *J. Global Optim.*, **21** :345–383.
- [Ma & Zabararas(2010)] Ma, X. and Zabararas, N. (2010) An adaptive high-dimensional stochastic model representation technique for the solution of stochastic partial differential equations, *J. Comput. Phys.*, **229**, :3884–3915.
- [Sudret(2008)] Sudret, B. (2008) Global sensitivity analysis using polynomial chaos expansions. *Reliability Engineering and System Safety*, **93** :964–979.