

Le sous-sol: de l'eau, du gaz, des fractures, ... et des maths !

Michel KERN, Inria, Serena - Paris

Une gestion durable des milieux naturels impose de faire cohabiter des usages différents des ressources. Le sous-sol est notre principale ressource en eau potable, mais il est également utilisé pour stocker de l'énergie (géothermie, hydrogène) ou pour séquestrer du dioxyde de carbone. La difficulté d'accès, la grande hétérogénéité des milieux, ainsi que la taille (kilométrique) et la durée (dizaines d'années) des phénomènes envisagés rendent incontournable l'utilisation de modèles mathématiques et de simulations numériques spécifiques.

Les modèles concernés se traduisent notamment par des systèmes couplés d'équations aux dérivées partielles (EDP), souvent non-linéaires, modélisant l'écoulement de plusieurs fluides, la température et les déformations mécaniques des milieux. Différents niveaux de simplifications ou de découplage peuvent être envisagés pour permettre une meilleure compréhension, ou simplement une analyse mathématique et numérique plus poussée. À l'inverse, les industriels recherchent des outils de simulation capables d'appréhender ces phénomènes dans leur globalité.

Ce mini-symposium rassemble plusieurs chercheuses et chercheurs travaillant sur des aspects différents, et complémentaires, de ces modèles. Il présentera un panorama de travaux récents, couvrant des aspects variés des modèles et des méthodes actuelles.

Les orateurs pressentis sont :

- **Christophe Bourel** : il présentera deux modèles pour décrire l'écoulement de l'eau dans des aquifères peu profonds. Ces modèles sont construits à partir des composantes de l'écoulement qui sont dominantes dans ce type très courant d'aquifères. Ils s'expriment sous la forme de systèmes d'EDP non-linéaires couplées dont l'analyse mathématique est délicate. L'exposé présentera des schémas numériques efficaces pour leur résolution ainsi que des résultats numériques ;
- **Pauline Chassonnery** : elle décrira l'utilisation du code de calcul open-source ComPASS pour la simulation haute-performance d'écoulements multi-phases, multi-composants non-isothermes dans des milieux souterrains faillés. L'utilisation de méthodes numériques avancées (volumes finis sur des maillages non simpliciaux, formulation implicite, couplage thermo-hydro-mécanique) permet des avancées significatives vers un modèle quantitatif du sous-sol pour des simulations en géothermie ou de stockage souterrain du CO₂, prenant en compte des phénomènes comme la réactivation de failles ;
- **Ibtissem Lannabi** : elle montrera une application des techniques d'estimation d'erreurs a posteriori dans le cas d'un modèle de stockage de CO₂ représentatif des difficultés (géologie réaliste, physique complexe) que l'on rencontre dans des situations industrielles. La construction d'estimateurs permettant de séparer les différentes sources d'erreur (discrétisation en espace ou en temps et linéarisation) débouche sur une gestion adaptative du pas de temps ainsi que des critères d'arrêts pour le solveur non-linéaire basés sur une comparaison des différentes erreurs, afin d'assurer une résolution efficace ;
- **Daniel Zegarra Vasquez** : il présentera un modèle d'écoulement dans un milieu poreux fracturé, où les fractures sont représentées comme des surfaces planes qui portent la plus grande partie de l'écoulement. Le couplage entre l'écoulement 3D dans la roche et 2D dans le réseau de fractures conduit, du fait des contraintes imposées par la densité du réseau, à des maillages avec des éléments de faible qualité, et in fine à des systèmes linéaires très mal conditionnés. Ces systèmes peuvent être résolus de manière efficace par l'utilisation de méthodes de décomposition de domaine intégrant une grille grossière construite à partir d'informations spectrales dans les sous-domaines.