

SUJET DE THÈSE

Titre : Modélisation Thermo-Hydro-Mécanique de l'exploitation d'un réservoir géothermique profond dans le fossé rhénan

Lieu : EOST, Université de Strasbourg/CNRS, 5 rue René Descartes Strasbourg

Contacts : Jean.Schmittbuhl@unistra.fr, Christophe.Fond@unistra.fr

Encadrement : Vincent Magnenet (MCF Unistra, encadrant), Christophe Fond (Pr Unistra, co-directeur de thèse), Jean Schmittbuhl (DR CNRS, co-directeur de thèse)

Contexte

Les progrès techniques faits en géothermie profonde ces 30 dernières années montrent la nécessité d'obtenir des modèles numériques en situation couplée (Thermo-Hydro-Mécanique) des réservoirs géothermiques profonds (2500-5000m) capables de répondre aux besoins de prédiction : quelle est l'influence de la circulation hydro-thermale naturelle ? Comment peut-on optimiser les trajectoires des puits ? Quels sont les conditions d'initiation de la sismicité induite ? Comment optimiser l'exploitation du réservoir pour minimiser la sismicité induite ? quelle est la durée d'exploitation du réservoir ? A l'heure actuelle, les simulations numériques de réservoirs se heurtent encore à deux obstacles majeurs. Dans un premier temps, le couplage entre les phénomènes THM induit des temps de calcul conséquents à cause du taux de remplissage de la matrice de raideur généralisée dans le cas des approches en éléments finis. Deuxièmement, la multiplicité des échelles ajoute une complexité supplémentaire:

- au niveau spatial avec des gradients de propriétés très forts (perméabilité dans les failles), nécessitant des techniques de maillages particulières,
- au niveau temporel, avec des temps de l'ordre de la minute pour une phase de circulation et de plusieurs milliers d'années pour l'établissement d'un régime convectif à l'échelle de la dizaine de kilomètres. Cette multiplicité soulève le problème d'une adaptation optimale du pas de temps en cours de calcul.

Une première tentative de levée de ces deux verrous scientifiques a été menée dans le cadre du Labex G-Eau-Thermie Profonde. A ce stade, le code développé doit encore être partiellement validé et appliqué à des études de cas. La thèse proposée concerne la mise en oeuvre de ce code à des situations concrètes, à savoir la paramétrisation précise à partir des mesures effectuées in-situ et l'historique des conditions d'exploitation de site comme celui de Soultz-sous-Forêts ou Rittershoffen. La thèse se fera au sein du Labex G-eau-Thermie Profonde. Son financement est assuré par le projet EGS Alsace (ES/EOST/ADEME).

Thématiques abordées

En s'appuyant sur les développements déjà validés dans l'équipe d'accueil dans le cadre de la modélisation THM des réservoirs géothermiques profonds, le candidat abordera plusieurs volets de recherche :

- *étude de stabilité* : le candidat étudiera la stabilité d'une solution convective lorsque cette dernière est perturbée ainsi que les temps caractéristiques associés. La nature de la perturbation pourra être multiple : mécanique (séisme) ou thermo-hydraulique (phase de production d'un doublet de puits). Plusieurs post-traitements seront analysés avec attention comme par exemple la contrainte de Coulomb, prise comme indicateur de sismicité induite.
- *étude de sensibilité aux paramètres* : le candidat mènera à bien une étude de sensibilité afin d'identifier les paramètres d'entrée du modèle qui pilotent principalement l'évolution du réservoir. Ces paramètres pourront être aussi bien des paramètres matériaux que des paramètres associés à la géologie locale du réservoir (épaisseurs des couches géologiques

- prises en compte dans la modélisation, profondeur des puits, etc).
- *analyse inverse* : l'étude de sensibilité précédente pourra déboucher sur une analyse inverse de certains post-traitements afin d'exploiter les données expérimentales disponibles.
 - *Proposition de scénarios* d'exploitation pour différents objectifs prédéfinis : débit imposé, perturbation de contraintes imposées, volume injecté imposé, etc.

Les simulations seront faites essentiellement en 2 dimensions. Le passage en dimension 3 est envisageable en fonction de l'avancée des travaux.

Compétences et qualités requises

Le candidat recruté devra avoir de solides connaissances en rhéologie des milieux poreux saturés ainsi qu'en géologie. Une première expérience sur le code de calcul par éléments finis *Code_Aster* est exigée. Le candidat devra également avoir un goût prononcé pour le développement (essentiellement Python, dans une moindre mesure en Fortran) et faire preuve d'une très grande autonomie.

Candidatures

Le début de la thèse est prévu début décembre 2015. Les candidatures doivent être envoyées avant le 10 novembre 2015. Le dossier de candidature doit comporter un CV détaillé, une lettre de motivation et les relevés de notes du master ou équivalent.