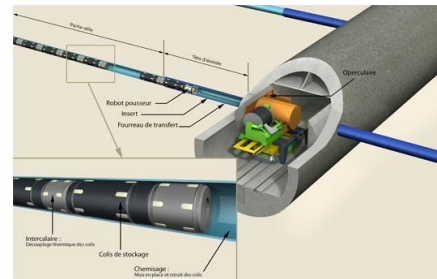


Etude de vérification et de validation du modèle thermo-hygro-métrique d'une alvéole de stockage souterrain de déchets radioactifs

Nom - Prénom du tuteur : NAHED, Christopher
 Tél : 01 69 08 54 18
 Mail (auquel les candidatures doivent être adressées) : christopher.nahed@cea.fr



Le stockage à long terme des déchets hautement radioactifs est une thématique très importante pour l'industrie nucléaire française. L'Andra (Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs) mène depuis plus de vingt ans un projet de recherche multidisciplinaire dont l'objectif est de dimensionner et de concevoir l'installation de stockage profond appelée CIGEO [1]. Au-delà de son objectif principal qui est d'assurer la sécurité des êtres humains et de l'environnement sur le très long terme, cette installation est conçue pour permettre un stockage réversible pendant une durée de cent ans.

L'Andra collabore avec le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives) depuis plus d'une décennie sur la modélisation et la simulation du comportement à long terme des différents composants. La collaboration qui fait l'objet de cette étude est basée sur la modélisation et la simulation des chambres de stockage (alvéoles, voir figure ci-dessus). Ces efforts ont pour but d'aider à l'amélioration de la prédiction des taux de corrosion des chemisages en acier qui seront utilisés dans la construction de ces alvéoles. Pour avoir une confiance suffisante dans l'évaluation numérique, il est nécessaire de vérifier aussi bien l'exactitude mathématique de l'implémentation numérique que de valider la pertinence physique du modèle. Pour cela on peut se baser sur des normes internationales de vérification et de validation (V&V) qui ont été développées et standardisées au cours des années passées (ASME, NAFEMS, AFM etc...) [2].

Une implémentation numérique d'un modèle thermo-hygro-métrique de l'air humide à l'intérieur des alvéoles a été réalisée en 2022 et a fait l'objet d'une vérification de 1^{er} ordre (vérification de la conservation dans les schémas numériques). Cependant, pour assurer l'exactitude mathématique du modèle numérique, une vérification de 2^{ème} ordre est nécessaire. Le travail consistera donc en une étude de convergence de la formulation EF du modèle physique via l'utilisation de solutions fabriquées [3]. Une comparaison entre les ordres de convergence calculés et les ordres théoriques permet de vérifier la qualité de l'implémentation des schémas numériques. Celle-ci étant assurée, une étude de validation préliminaire sera alors mise en place. Pour cela une simulation numérique avec le modèle thermo-hygro-corrosif sera comparée aux références issues de la littérature interne CEA.

[1] <https://www.andra.fr/cigeo>

[2] American Society of Mechanical Engineers. Standard for Verification and Validation in Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer: An American National Standard. American Society of Mechanical Engineers, 2009.

[3] Roache, P.J ; Code Verification by the Method of Manufactured Solutions. ASME. J. Fluids Eng. March 2002; 124(1): 4–10.

Domaine de spécialité requis	Physique et maths appliquées		
Autres domaines de spécialités, mots clés	Méthodes numériques		
Moyens mis en œuvre (expériences, méthodes d'analyses, autres...)	Analyse de convergence des résultats <i>via</i> la méthode des solutions fabriquées Comparaison des résultats de la nouvelle implémentation du modèle avec les résultats qui se trouvent dans les rapports internes.		
Moyens informatiques mis en œuvre			
- Langages	Gibiane, Python (sympy package)		
- Logiciels	Cast3M - http://www-cast3m.cea.fr/		

Niveau souhaité	Bac + 5	Formation souhaitée	Ingénieur/Master
Durée	5 à 6 mois environ	Possibilité de poursuite en thèse	non

Le **LM2S** est un laboratoire du CEA spécialisé en calcul de structure regroupant des activités de développement logiciel (développement du code aux éléments finis Cast3M) et d'expertises scientifique et technique en direction de la communauté scientifique (académique et industrielle)