

**Avis de Soutenance**

Monsieur Cong Bang TRANG

Génie Mécanique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Simulation numérique de l'imprégnation non-réactive 2D des milieux poreux par perolation en gradient auto-organisé*

dirigés par Monsieur Eric BLOND et Monsieur ATHANASIOS BATAKIS

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : LaMé - Laboratoire de Mécanique Gabriel Lamé

Soutenance prévue le ***vendredi 15 décembre 2023*** à 10h00
Lieu :   5 Rue du Carbone, 45100 Orléans
Salle : Amphithéâtre de l'IRD

**Composition du jury proposé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M. Eric BLOND  | Université d'Orléans  | Directeur de thèse  |
| M. Tariq OUAHBI  | Université Le Havre Normandie  | Rapporteur  |
| M. Laurent BOUDIN  | Laboratoire Jacques-Louis Lions, UMR CNRS 7598, Sorbonne Université  | Rapporteur  |
| M. Athanasios BATAKIS  | Institut Denis Poisson, Université d'Orléans  | Co-directeur de thèse  |
| M. Thomas SAYET  | Laboratoire de Mécanique Gabriel Lamé, Université d'Orléans  | Co-directeur de thèse  |
| Mme Sandrine GRELLIER  | Institut Denis Poisson, Université d'Orléans  | Examinatrice  |
| Mme Hanène SOULI  | École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne  | Examinatrice  |
| M. Anh Khoa NGUYEN  | Department of Agrotechnology and Food Sciences / Laboratory of Food Chemistry, Wageningen University & Research  | Examinateur  |
| M. Emmanuel DE BILBAO  | CEMHTI-CNRS UPR3079, Site Haute Température  | Invité |
| M. Lukáš JAKABČIN   | Laboratoire de Mécanique Gabriel Lamé, Université d'Orléans  | Invité |

|  |  |
| --- | --- |
| **Mots-clés :**  | Méthode numérique, Percolation en gradient, Milieu poreux, imprégnation capillaire,  |

|  |
| --- |
| **Résumé :**   |
| L'imprégnation réactive concerne de nombreux domaines de la science et de l'ingénierie, tels que la corrosion dans l'industrie sidérurgique, les composites et le génie chimique. Les modélisations numériques classiques (méthode des différences finies (FDM), méthode des éléments finis (FEM), méthode des volumes finis (FVM)) implémentées dans les codes de simulation commerciaux peuvent prédire le processus d'imprégnation non réactive dans les matériaux poreux et nécessitent plusieurs propriétés matérielles. Dépendant du type de milieu poreux et du poids du fluide imprégné, la force de gravité peut avoir des effets insignifiants dans un matériau poreux rigide et résistant tel que la roche ou un matériau réfractaire et un fluide léger, mais les effets servent dans un matériau mou et faible tel que le sable ou l'argile et un fluide lourd. Dans cette thèse, nous aimerions étudier le "cas de non-gravité" correspondant à un matériau rigide et à un fluide léger. En termes de modélisation, l'équation de Richards, une équation aux dérivées partielles (EDP) hautement non linéaire, est utilisée pour décrire ce processus. Néanmoins, sur le plan numérique, l'équation nécessite souvent des moyens informatiques importants en raison de la discrétisation fine dans l'espace, ce qui entraîne un temps de calcul élevé. Elle nécessite également un petit incrément de temps pour assurer la convergence des résultats. Par conséquent, un problème numérique bien connu appelé oscillations parasites affecte la précision des résultats. Pour répondre à ce problème, une méthode a été proposée avec succès pour reproduire les phénomènes d'imprégnation non réactive dans les cas 1D sans résoudre l'équation de Richards d'une manière moins coûteuse en temps et qui garantit la précision numérique. Cette méthode, appelée modèle de percolation de gradient auto-organisé (SGP), utilise des types de fonctions gaussiennes comme valeur moyenne de la distribution normale pour simuler l'imprégnation 1D. L'évolution de cette méthode peut être décrite par l'augmentation de l'écart-type de cette fonction gaussienne au cours du temps. Les résultats obtenus sont excellents par rapport à l'expérience en laboratoire et à la simulation par la méthode des éléments finis. Cependant, les types de fonctions gaussiennes présentent un inconvénient majeur : elles ne peuvent décrire la diffusion qu'autour d'un seul point. Dans le cas 1D, nous pouvons étendre cette fonction d'un type de frontière "un point" à un type de frontière "une ligne" car il n'y a pas de différence entre les deux. Cependant, dans le cas de la 2D, les nouvelles conditions limites de la 2D exigent un comportement différent de l'écoulement dans de nombreuses directions. Il est donc impossible d'étendre directement la fonction 1D-SGP aux cas 2D. C'est pourquoi il faut proposer un nouveau développement stimulant pour la direction de l'écoulement et les conditions aux limites afin d'obtenir un nouveau modèle de saturation en 2D alternatif à l'approche PDE. Cette thèse présente un modèle probabiliste de percolation de gradient auto-organisé en 2D (2D-SGP) basé sur le modèle 1D-SGP pour décrire l'imprégnation en 2D dans les milieux poreux. Le modèle définit la direction du flux à travers un cluster en utilisant la méthode de percolation de gradient avec une probabilité spécifique définie par le résultat du cluster du pas de temps précédent combiné avec des opérateurs de double convolution. Nous pouvons également utiliser ce cluster pour résoudre le second problème : les conditions aux limites en 2D. Cependant, le résultat du cluster n'a que deux états (0 et 1) en raison de la définition de la méthode de percolation du gradient. Nous proposons donc une nouvelle méthode d'interpolation et d'indexation pour obtenir une saturation macroscopique en 2D. Cette méthode utilise une fonction particulière dans 1D-SGP avec quelques modifications et une fonction d'index pour interpoler le cluster.  |
|   |