

Titre : Modélisation de l'écoulement diphasique dans les milieux poreux à l'aide de réseaux neuronaux informés par la physique pour des applications dans le moulage de composites par injection de résine

Mots clés : métamodèles, prédiction de la perméabilité à partir d'images, réseaux neuronaux convolutionnels, apprentissage auto-supervisé

Résumé : Le moulage de composites liquides (LCM) est une famille populaire de procédés de fabrication de composites, dans lesquels une résine liquide est injectée dans un moule où un textile est positionné. Le procédé implique un écoulement dans un milieu poreux fibreux. Les variations au sein des échantillons textiles et entre eux peuvent être dues à des défauts géométriques intrinsèques du tissu, à une mauvaise manipulation, à un mauvais alignement et à d'autres facteurs. Ces incohérences peuvent entraîner des écarts marqués entre les modèles de remplissage réels et prédits, ce qui entraîne des variations dans la qualité des pièces fabriquées. Cette thèse a deux objectifs principaux. Le premier est de construire un cadre qui prédit la possibilité d'apparition de défauts d'injection, ce qui peut faciliter le processus de prise de décisions correctives. Le second est d'améliorer la caractérisation des propriétés clés des matériaux avant le début de l'injection.

Pour réaliser ces tâches, nous utilisons des réseaux neuronaux informés par la physique (PINN). PINN repose sur la fusion de la connaissance des données et la physique, représentée par des équations aux dérivées partielles. Pour atteindre le premier objectif, PINN est utilisé pour construire des métamodèles du processus avec des paramètres d'intérêt tels que la perméabilité ou les conditions limites d'entrée. Ces modèles sont formés hors ligne et peuvent être rapidement utilisés pour les prédictions en ligne. Pour atteindre le deuxième objectif, un cadre d'apprentissage auto-supervisé a été construit sur la base de PINN et de réseaux neuronaux convolutionnels pour identifier le champ tensoriel de perméabilité à partir d'images textiles en 2D. Le cadre montre des résultats prometteurs en les comparant aux images expérimentales existantes du front d'écoulement.

Title : Modeling two-phase flow in porous media using physics-informed neural networks for applications in liquid composite molding

Keywords : metamodels, Image-based permeability prediction, convolutional neural networks, self-supervised learning

Abstract: Liquid composite molding (LCM) is a popular family of composite manufacturing processes, in which a liquid resin is injected in a mold where a textile is set there. The process involves flow in fibrous porous media. Variabilities within and between textile samples can arise due to fabric intrinsic geometrical defects, mishandling, misalignment, and other factors. These inconsistencies can result in marked deviations between the actual and anticipated filling patterns, leading to variations in the manufactured parts quality. This thesis has two main objectives. The first is to build an online framework that predicts the possibility of defects, which helps taking corrective decisions. The second is to improve the characterization of key material properties before the injection starts.

To achieve these tasks, we use physics-informed neural networks (PINN). PINN is a technique that is based on merging the data knowledge along with the knowledge of physics, represented by partial differential equations. To target the first objective, PINN is used to build metamodels of the process with parameters of interest as the permeability or inlet boundary conditions. These models are trained offline and can be quickly employed for online predictions. Towards the second objective, a self-supervised learning framework was built based on PINN and convolutional neural networks to identify the permeability tensor field from 2D textile images. The framework shows promising results through comparing with existing experimental flow front images.