

## Résolution d'EDP par la méthode Physics Informed Neural Networks, application aux matériaux à changement de phase.

### Responsables :

**Ionut Danaila**

[ionut.danaila@univ-rouen.fr](mailto:ionut.danaila@univ-rouen.fr)

**Corentin Lothodé**

[corentin.lothode@univ-rouen.fr](mailto:corentin.lothode@univ-rouen.fr)

**Francky Luddens**

[francky.luddens@univ-rouen.fr](mailto:francky.luddens@univ-rouen.fr)

**Laboratoire de mathématiques Raphaël Salem, CNRS et Université de Rouen Normandie**

### Positionnement du sujet :

Les matériaux à changement de phase (MCP) permettent le stockage et la restitution d'énergie sous forme de chaleur latente. Leur utilisation dans le contexte des bâtiments passifs ou le refroidissement de data-centers est une solution d'avenir prometteuse.

Même si les MCP sont intensivement étudiés d'un point de vue expérimental, il existe très peu d'études mathématiques rigoureuses de modélisation et de simulation numérique. Les travaux effectués au LMRS sur ce sujet portent sur le développement des outils mathématiques avancés pour la modélisation (équations de Navier-Stokes-Boussinesq), la simulation des MCP (écoulements complexes avec des effets thermiques et changement de phase) et l'optimisation de leur utilisation (optimisation de forme et du placement) [1, 2].

C'est dans un contexte d'optimisation ou de problème inverse que l'utilisation de Physics-Informed Neural Networks (PINN, [3]) est envisagé. Cette architecture utilise un réseau de neurones profond (Deep Neural Network) conjointement avec une information venant du problème physique afin d'améliorer la fonction de perte. Ainsi, le réseau de neurones apprend efficacement à résoudre un problème donné. Ce problème peut alors être généralisé pour l'optimisation et l'exploration rapide de paramètres.

### Contexte et perspectives :

Le stage se déroulera dans le cadre du projet régional Datalab (2021-2022). Une thèse sur la modélisation et la simulation des MCP, un post-doc sur la méthode Lattice-Boltzmann ainsi qu'un ingénieur de recherche en support de ce stage seront présents au LMRS, ce qui permettra de multiples interactions dans l'équipe EDP-CS du LMRS. La collaboration avec des industriels intéressés par ces dispositifs est également envisagée.

### Description du sujet :

Le sujet se situe à l'interface entre informatique, mathématiques appliquées et modélisation physique, sans toutefois nécessiter des connaissances approfondies en physique. Le travail va combiner le développement de méthodes numériques et la programmation (Python, Julia, Fortran suivant les connaissances).

L'objectif du stage est de prendre en main la méthodologie PINN sur des problématiques simples, puis d'enrichir au fur et à mesure le modèle afin de simuler des configurations de MCP. Des cas simples seront d'abord analysés et simulés numériquement [5]. L'optimisation d'une configuration donnée sera l'objectif final du stage.

### Informations :

Le stage est à pourvoir dès que possible et aura une durée maximale de 6 mois. Le stage est indemnisé ( $\approx 570$  €/mois). Pour candidater, envoyez votre CV et lettre de motivation à Corentin Lothodé ([corentin.lothode@univ-rouen.fr](mailto:corentin.lothode@univ-rouen.fr)).

### Bibliographie :

[1] I. Danaila, R. Moglan, F. Hecht, S. Le Masson: A Newton method with adaptive finite elements for solving phase-change problems with natural convection, *Journal of Computational Physics*, **274**, p. 826-840, 2014.

[2] Sadaka, G., Rakotondrandisa, A., Tournier, P. H., Luddens, F., Lothodé, C., Danaila, I. (2020). Parallel finite-element codes for the simulation of two-dimensional and three-dimensional solid-liquid phase-change systems with natural convection. *Computer Physics Communications*, **257**, 107492.

[3] Raissi, M., Perdikaris, P., Karniadakis, G. E. (2019). Physics-informed neural networks : A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*, **378**, 686-707.