

# Sujet projet InfoIA 2023-2024

Lucas Lestandi

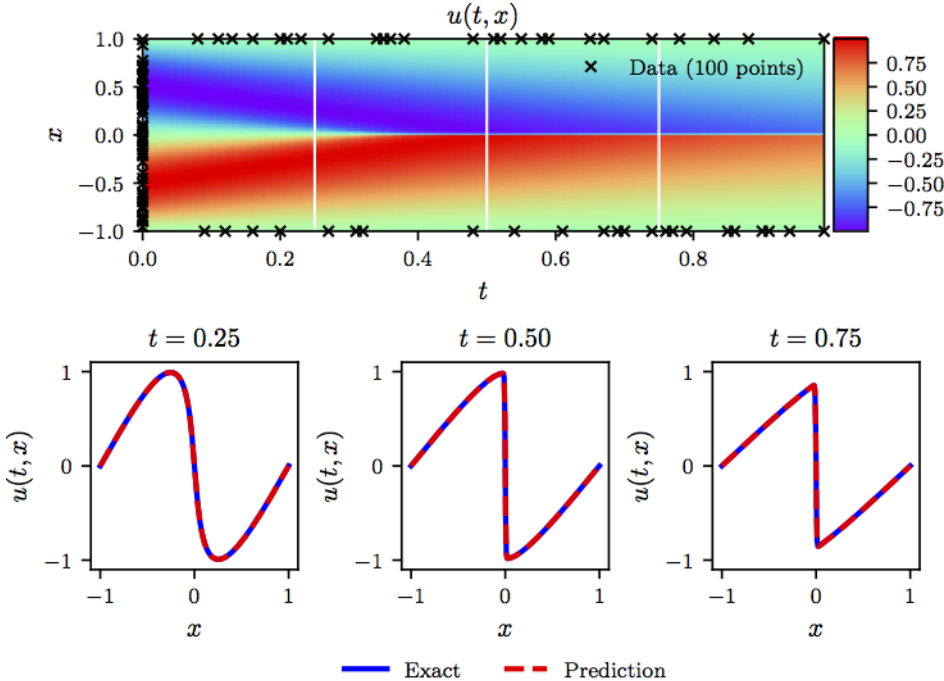
28 septembre 2023

## 1 “Apprendre” la physique à une réseau de neurone avec l’approche PINN

**Encadrant:** Lucas Lestandi

**Durée:** 2 semestres

**Résumé:** Un reproche fréquent des méthodes d’apprentissage automatique (machine learning) est le manque de robustesse pour la prédiction des phénomènes physiques. En effet, les modèles usuels se basent sur un ensemble de données plus ou moins grand pour interpoler un phénomène. En cas de comportement singulier qui n’appartient pas à l’ensemble d’entraînement, le modèle n’a aucun moyen de le prédire ce qui le rend inutile pour de nombreuses applications. Par ailleurs les modèles de simulation standards (éléments finis, volumes finis, etc) demandent des puissances de calcul d’autant plus importantes que le phénomène étudié est complexe. Ainsi, de nombreux problèmes restent hors de portée pour des applications industrielles (multiphysiques, multiéchelles) comme la fabrication additive. C’est pourquoi des modèles deep learning basés sur la physique ont été développés ces dernières années [1,2,3]. Dans ce projet, vous programmerez de tels modèles pour des problèmes physiques dont la solution par les méthodes classiques est typiquement difficile (Burgers,...) en utilisant l’architecture *physics informed neural network (PINN)* proposée par Maziar Raissi en utilisant le framework ML de votre choix. Une fois les bases maîtrisées, vous pourrez, au choix, vous confronter à des problèmes “réels” ou en utilisant des architectures plus avancées (VAE, CNN,...)



**Objectifs 1re partie:** - prise en main de la méthode PINN sur les équations de Burgers (dynamique des gaz)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

- méthode d'évaluation des simulations numériques et comparaison avec un modèle éléments finis - calcul sur le supercalculateur de l'école (Nautilus)

**Objectifs 2e partie:**

Au choix - extension à un problème réel (équations et géométrie réalistes) - architectures réseau avancées

**Mots-clés :** ML, PINN, physics informed, supercomputer, GPU

[1] M. Raissi, P. Perdikaris, G.E. Karniadakis, Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, *Journal of Computational Physics*, Volume 378, 2019, Pages 686-707, ISSN 0021-9991, <https://maziarraissi.github.io/PINNs/>

[2] <https://metalblog.ctif.com/2022/01/17/physics-informed-neural-networks/>

[3] Karniadakis, G.E., Kevrekidis, I.G., Lu, L. et al. Physics-informed machine learning. *Nat Rev Phys* 3, 422–440 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42254-021-00314-5>