

RÉSOLVRE LES ÉQUATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES PAR IA

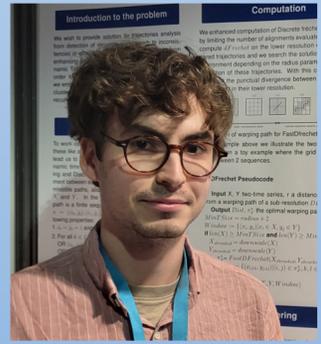


LIST3N | MSAD | THALES | UTT

Par **Léo MONNIER**

Je suis doctorant en Intelligence Artificielle depuis un an et demi au sein de l'UTT, rattaché au laboratoire LIST3N, sous la direction du Professeur Alexandre Baussard. Ma thèse est menée en collaboration avec THALES, où elle est encadrée par le Dr Cyrille Enderli et Guillaume Reille. L'objectif principal de cette recherche est de développer une méthode de simulation d'images radar basée sur l'apprentissage profond, tout en intégrant les lois de la physique.

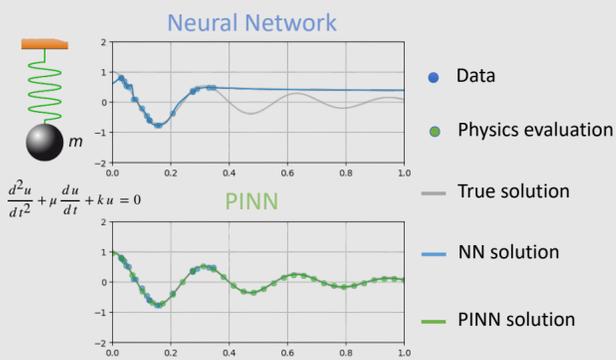
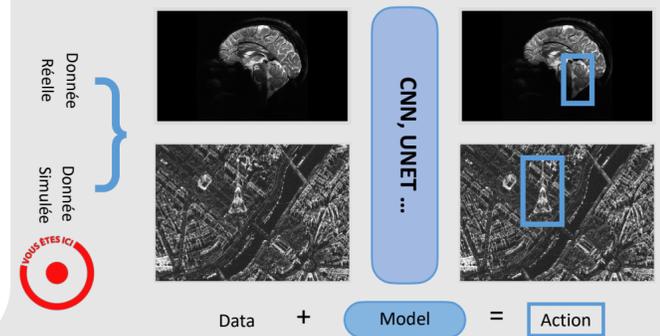
Cette thèse s'inscrit dans le cadre du dispositif CIFRE, qui permet de réaliser un doctorat en entreprise en partenariat avec un laboratoire de recherche académique.



Pourquoi résoudre les équations EM ?

Dans l'ère du numérique qui se développe aujourd'hui, le besoin de données est un enjeu majeur pour entraîner les modèles d'IA, mais cette donnée n'est pas toujours disponible en particulier pour les applications liées à l'électromagnétisme.

- **En médecine**, on peut générer des radiographies ou IRM synthétiques pour entraîner des IA à détecter des maladies, sans avoir besoin d'exposer des patients réels.
- **En imagerie radar**, on peut simuler des images radar pour surveiller la pollution, les catastrophes naturelles ou les mouvements suspects, même si on n'a pas de vraies images disponibles.

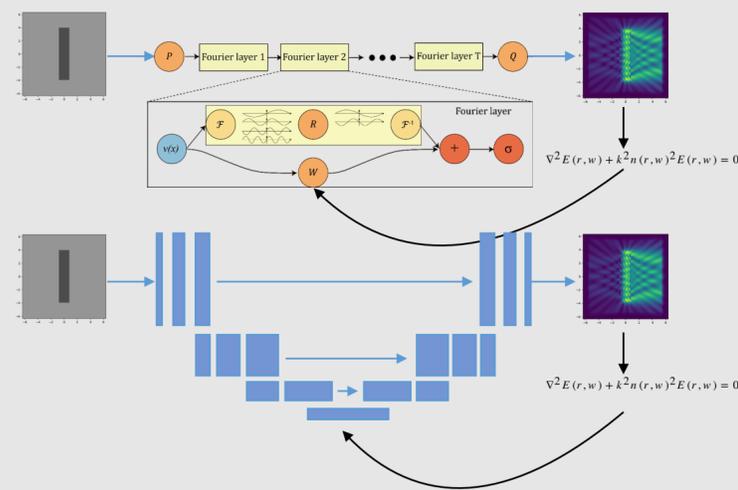


L'objectif de la thèse

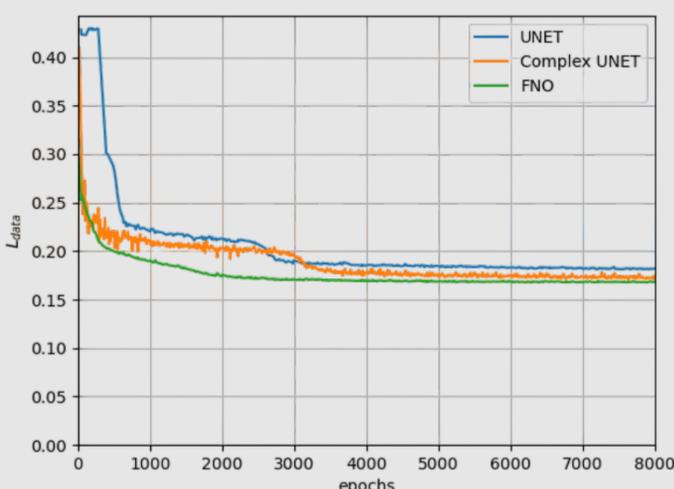
Remplacer les solveurs classiques, coûteux en ressources et lents, par des modèles d'IA informés par la physique (Physics-Informed Neural Networks), capables d'apprendre à partir des équations différentielles et de données réelles, afin de générer instantanément des images RADAR SAR après entraînement.

Méthodologie

- Étudier l'adaptabilité des modèles de traitement d'images au contexte de la simulation électromagnétique en 2D.
- Améliorer ces simulations via des approches de deep learning innovantes, en explorant des méthodes hybrides basées sur les équations physiques ou un apprentissage couplé entre données issues de simulateurs et formalisme théorique.
- Appliquer ces techniques à la simulation radar 2D (notamment pour le calcul de la SER) et à terme des images complètes.
- Étendre les approches développées au cas tridimensionnel.



Evolution de L_{data} sur différents modèles comparés à COMSOL



Résultats et Travaux Futurs

Resultats :

- Développement de méthodes de deep learning avancées pour améliorer la simulation FDFD 2D, notamment à l'aide de Fourier Neural Operators et de Unets complexes.
- Exploration de nouvelles approches de simulation électromagnétique, mieux adaptées aux modèles de deep learning, en s'appuyant sur la physique computationnelle.

Travaux futurs :

- Extension des méthodes à la simulation des Surfaces Équivalentes Radar (SER) en 2D et des images complètes.
- Passage à la simulation en 3D