

Sujet : Mise en œuvre de Réseaux de Neurones Artificiels pour la simulation de problèmes de physique complexes : application à la physique des plasmas.

Mots-clefs

Intelligence artificielle, réseau de neurones, modélisation, transport électronique non local, mathématiques, algorithmique, informatique, codes de calcul, physique théorique, physique statistique, physique des plasmas, calculs de haute-performance.

Encadrement

Jean-Luc Feugeas (CEA/CELIA) - 06 07 81 79 29 – jean-luc.feugeas@u-bordeaux.fr

Julien Mathiaud (CEA/CESTA/CELIA)

Collaboration

Arnaud Colaïtis (CNRS/CELIA),

Bruno Dubroca (CEA/CESTA/LCTS),

Gaël Poette (CEA/CESTA),

Vladimir Tikhonchuk (Université de Bordeaux/CELIA)

Résumé du projet

Notre objectif principal est d'étudier la mise en œuvre d'un Réseaux de Neurones Artificiel pour se substituer au module multidimensionnel de transport électronique non local d'un code dédié à la simulation d'expériences de physique des plasmas magnétisés.

Contexte

Quels que soient leurs domaines d'application, les **codes de calcul modernes** sont soumis à des exigences de rapidité et d'optimisation d'occupation de la place mémoire qui requièrent des méthodes numériques évoluées. Pour répondre aux besoins de traitement de données massives ou de calculs intensifs, les réseaux de neurones et les méthodes d'apprentissage profond proposent des réponses alternatives efficaces et extrêmement attractives. Le groupe IFCIA du CELIA développe sur ce thème un programme de recherche pour répondre aux exigences des outils actuellement développés pour la physique des plasmas

Objectif

L'équipe IFCIA du CELIA développe depuis plusieurs années des modèles pour la simulation des phénomènes physiques complexes pour la **Fusion par Confinement Inertiel** et pour la **radiothérapie**. Ces outils se doivent d'être rapides tout en conservant les niveaux de précisions requis.

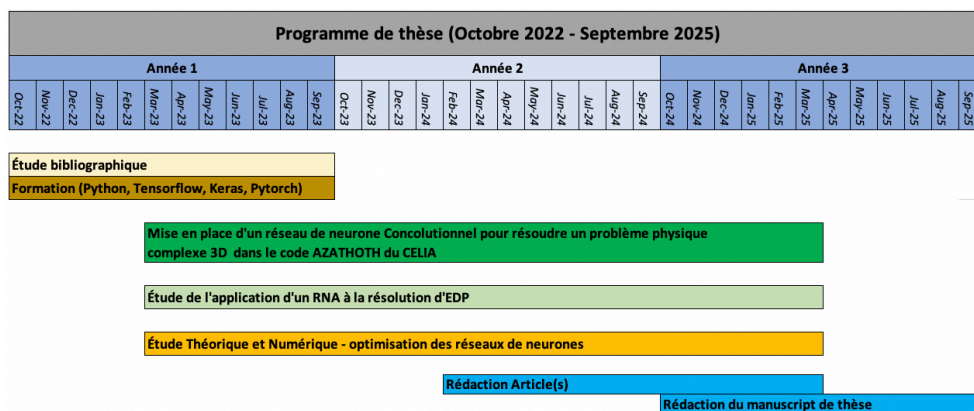
Nous proposons ici de prolonger le travail de thèse entrepris par Corisande Lamy (CEA/DAM, 2019-2022) dans l'évaluation de l'intérêt de ces méthodes d'Intelligence Artificielle (IA) pour la résolution de phénomènes physiques complexes. Nous souhaitons en particulier étudier le développement d'une solution opérationnelle d'un réseau convolutif pour le transport électronique 3D non local magnétisé dans le code hydrodynamique AZATHOTH du CELIA. Nous poursuivrons en particulier les explorations entreprises sur les possibilités offertes par les RNA pour améliorer les performances (temps calcul, taille mémoire, précision) des outils de simulation classiques dont nous disposons aujourd'hui. Les modèles auxquels nous souhaiterions substituer un RNA permettent de générer une base de données « sur mesure » pour entraîner nos réseaux. Nous prolongerons les explorations sur les aspects liés au choix des fonctions d'activation, des fonctions pertes et de l'architecture. Nous nous pencherons sur des questions de régularisation, de construction de la base d'apprentissage, de données d'entrées et de sorties du réseau, d'augmentation du nombre de données, de stratégie d'apprentissage et de sensibilité aux incertitudes. Par ailleurs, et plus généralement nous souhaiterions étudier les méthodes d'IA dédiées à la résolution d'Équations Aux

Dérivées Partielles. Enfin nous poursuivrons nos investigations dans la compréhension théorique des structures complexes que forment les réseaux de neurones en utilisant nos compétences en physique statistique.

Déroulement de l'étude

La première année aura pour vocation, après une première phase d'étude bibliographique, de développer des structures neuronales des plus simples aux plus complexes. Cette première phase passera par une formation sur les outils disponibles et référents dans le domaine (Tensorflow, Keras, Pytorch). Nous nous consacrerons également dans cette première étape à la constitution d'une base d'apprentissage ainsi que d'une analyse de la paramétrisation du problème. Il s'agira ensuite d'en analyser les comportements sur des cas classiques ainsi que dans des situations moins académiques extraites de la modélisation de phénomènes physiques complexes (transport de particules énergétiques). La deuxième année sera consacrée à une montée en complexité de la physique des cas traités et à une étude théorique et numérique des réseaux de neurones utilisés (choix des fonctions d'activation, régularisation, choix et minimisation de la fonction perte, géométrie et structure du réseau, initialisation du réseau, connectivité des couches ...). La dernière année sera consacrée à l'optimisation des structures mises en place sur la base de ces études théoriques et à leur application sur des cas physiques réalistes.

Les études théoriques relatives à une meilleure compréhension des structures complexes seront menées parallèlement à ce travail.



Programme de travail de thèse sur la durée du projet

Profil du candidat

Le candidat devra avoir suivi une formation en Mathématiques appliquées et/ou Informatique. Il devra idéalement avoir suivi une option Intelligence Artificielle / Réseau de Neurones. Il intégrera le groupe IFCIA du CELIA.

Contact

Jean-Luc Feugeas – CEA/CELIA - 06 07 81 79 29 – jean-luc.feugeas@u-bordeaux.fr