

Fiche de poste : Post-doctorat en IA pour les lignes de lumière

L'environnement

Le DM2S développe des outils de simulation pour la conception et l'évaluation de systèmes dans les disciplines de base du nucléaire, i.e. thermohydraulique, thermomécanique et neutronique, toutes filières confondues. Il s'appuie pour cela sur des essais et des plateformes logicielles, développées en interne ou en partenariat. Il les met en œuvre dans le cadre d'études, notamment dans les domaines de la physique des réacteurs, de la tenue mécanique et de l'intégrité des structures des installations nucléaires sous sollicitations et de la conception de systèmes de nouvelle génération.

Au sein du DM2S (Département de Modélisation des Systèmes et Structures), et du SGLS (Service de Génie Logiciel pour la Simulation), le LIAD (Laboratoire d'Intelligence Artificielle et de science des Données) réalise et maintient une plateforme générique, pérenne et open source pour fournir aux physiciens des méthodes et outils leur permettant d'améliorer leurs modèles, d'optimiser leurs conceptions et de traiter les incertitudes de leurs études : la plateforme Uranie.

Uranie permet, dans l'approche VVQI (Validation, Vérification et Quantification d'Incertitude), de créer des plans d'expériences adaptés aux besoins d'une analyse de sensibilité, d'un problème d'optimisation ou de la génération d'une base d'apprentissage ou de test pour un modèle de substitution. Une fois la stratégie choisie, Uranie pilote le lancement des codes ou fonctions de manière séquentielle ou avec différentes approches de parallélisation.

Avec cette plateforme et les outils open source d'intelligence artificielle (TensorFlow, PyTorch, Scikit Learn...), le LIAD vient en soutien d'un grand nombre d'unités du CEA et de ses partenaires, dans des domaines comme la mécanique des fluides, la neutronique, la mécanique, les matériaux, la chimie, la technico-économique et peut compter sur d'autres compétences disponibles au sein du SGLS (architecture logicielle, techniques HPC, conception assistée par ordinateur) pour aider au mieux et améliorer ses propres performances.

Le poste

Au sein du laboratoire LIAD (Laboratoire d'Intelligence Artificielle et de science des Données) appartenant au service SGLS (Service de Génie Logiciel pour la Simulation), vous évoluez dans une équipe spécialisée dans le traitement des incertitudes en simulation numérique. Cette équipe développe des méthodes répondant aux besoins du CEA sur cette thématique et assure parallèlement leur implémentation dans la plateforme logicielle URANIE qui met à disposition les nouvelles fonctionnalités aux utilisateurs métiers. Vous contribuez au renforcement de ces activités au travers du projet DALLIAE dont l'objectif est la Détection d'Anomalies sur les Lignes de Lumière du synchrotron par Intelligence Artificielle Explicable.

Afin de pouvoir limiter l'impact des anomalies de fonctionnement des grands instruments de rayon X ou laser, il est nécessaire de connaître les liens entre les caractéristiques du faisceau et les paramètres physiques de l'optique des lignes. Des anomalies/variations soudaines ou lentes peuvent ainsi être observées avec le temps comme des aberrations de focalisation qui affectent directement la qualité et la rapidité des mesures. Ainsi, pouvoir comprendre et caractériser les causes de ces dysfonctionnements et des écarts au fonctionnement optimal de la chaîne de mesures est un enjeu

majeur pour rétroagir rapidement et garantir une fiabilité maximale d'exploitation de la ligne de lumières ou de laser. Pour ce faire, il existe dans la littérature en intelligence artificielle de nombreuses méthodes de détection d'anomalies essentiellement basées sur la corrélation qui est peu efficace pour traduire les relations de cause à effet.

Le projet DALLIAE a pour objectif de proposer une méthode générique basée sur les graphes dirigés acycliques causaux (DAG) pour la détection expérimentale des anomalies et leur interprétabilité sur les lignes de mesures. L'enjeu de ce projet est de trouver les liens causaux simples (un paramètre) et joints (combinaison de paramètres) les plus pertinents pour caractériser les causes d'une anomalie. On s'intéressera également à la quantification des incertitudes associées aux liens causaux identifiés afin de s'assurer de leur pertinence. Cette recherche de causalité est d'autant plus difficile du fait de la variété des instruments, des paramètres, de leur modification au cours de l'expérience, du nombre combinatoire des effets joints à étudier et de la sous-représentation des anomalies dans les données.

Ce post doctorat s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre plusieurs équipes du CEA qui amènent chacune des compétences distinctes telles que l'IA, la physique liée aux lignes de lumière et l'instrumentation dont le NRX (Équipe Nanostructures et Rayons X à Grenoble) et le LMJ (Laser Mégajoule) à Bordeaux.

L'objectif du post-doctorat est ainsi de proposer une IA interprétable, qui sera un soutien aux opérateurs et scientifiques des lignes de lumières. Elle assistera la résolution de pannes et complétera l'arsenal de diagnostic pour une correction ou rétroaction dans des temps adaptés.

Il s'agit ainsi de développer un modèle basé sur la causalité pour déterminer les paramètres des capteurs impliquant les anomalies. Ainsi, votre travail de recherche s'articulera autour de quatre axes:

- Comprendre et prendre en main les données produites par les lignes de lumière : les paramètres des instruments de mesure et les différents types d'anomalies. Pour se faire, on s'appuiera sur les connaissances des partenaires du projet, experts en physique, en optique et en instrumentation liées aux lignes de lumières.
- Concevoir le modèle d'IA explicable basé sur les graphes causaux explicitant les liens entre les différents paramètres et les anomalies. On s'intéressera en particulier à la détection des variables latentes impactant l'incertitude liée à la détection d'un lien causal, la dimensionnalité des données et aux interactions entre les différentes potentielles causes. Pour ce faire, on pourra se placer dans le cadre des graphes bayésiens causaux.
- Soutenir et participer au travail du LIAD en prenant part aux sollicitations qu'elles soient côté méthodologie incertitude, intelligence artificielle (voire les deux) ;
- Valoriser vos travaux via la rédaction de notes techniques, l'écriture de publications dans des conférences et des journaux consacrés, et la participation aux réunions du projet DALLIAE avec l'ensemble des experts.

Durée : 24 mois

Début du projet : 4^{ème} trimestre 2023

Profil du Candidat

De profil docteur/e en IA, une expérience est appréciée mais pas obligatoire.

La capacité à travailler en équipe est nécessaire, tout en faisant preuve d'autonomie dans les tâches au quotidien. Les développements en IA avançant rapidement, il est nécessaire que la candidate ou le candidat ait la capacité de renouveler et enrichir ses compétences de manière continue. Enfin, d'excellentes capacités d'expression, orale et écrite, en anglais, vous seront nécessaires pour échanger avec les nombreux partenaires du projet.

Sur le plan scientifique et technique, vous pouvez justifier :

- De solides compétences en *machine learning* (data science, graphe bayésien) et en statistique,
- Des connaissances et/ou une expérience en recherche de causalité ainsi qu'en quantification d'incertitude sont un plus,
- D'une expérience significative en développement logiciel, s'appuyant idéalement sur
 - la maîtrise d'un langage de prototypage (idéalement Python 3)
 - l'utilisation d'outils de développement et de partage de code tels que Git ou SVN sera également appréciée.

Contact : aurore.lomet@cea.fr