

Offre de thèse au Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA Lyon

Utilisation d'une intelligence artificielle explicable pour le diagnostic des machines tournantes dans l'aéronautique

Description du sujet de thèse :

La décarbonation du secteur de l'aéronautique nécessite de concevoir de nouveaux systèmes de propulsion, moins polluants, plus performants, plus sûrs et plus durables. Une des stratégies priorisées vise l'amélioration du rendement global des moteurs au travers de l'augmentation du taux de dilution. Cette solution implique une augmentation de la vitesse et des efforts transmis par les composants mécaniques et donc une augmentation des risques de rupture. Afin de préserver la tenue mécanique, il sera nécessaire de renforcer les actions de maintenance prédictive qui, à partir de mesures réalisées sur les moteurs (en particulier les signaux vibratoires générés par les éléments mécaniques en mouvement), établissent un diagnostic de l'état de fonctionnement. Dans ce contexte, l'accès à des bases de données de plus en plus volumineuses (mesures en continue) amène à l'émergence d'un nouveau paradigme basé sur la reconnaissance de l'état de santé d'un système à partir de méthodes d'apprentissage profond de l'intelligence artificielle. En particulier, les réseaux de neurones convolutifs (RNC) profonds montrent d'excellentes performances pour réaliser un diagnostic à partir de mesures brutes, c'est-à-dire sans pré-traitement. Malgré leur redoutable efficacité, les RNC profonds restent peu utilisés en pratique pour plusieurs raisons. D'abord, les structures d'apprentissage optimisées pour un système particulier restent difficilement transposables à un autre système. Ensuite, parce que les règles de décision des RNC restent opaques et fournissent donc peu de garantie d'opérabilité (comportement attendu dans des scénarii inconnus) du point de vue industriel.

Ce sujet de thèse se propose de répondre à cette problématique. Dans un premier temps, il s'agira d'établir un lien entre les stratégies d'apprentissage les plus performantes observées aujourd'hui pour les RNC profonds, basées sur une succession d'opérations de filtrage, de seuillage, et de fusion /pooling, et les méthodes non-supervisées de l'état de l'art dédiées au diagnostic des signaux de machines qui font également intervenir des traitements similaires (par exemple l'analyse spectrale cyclique). Sur la base de cette comparaison, il est attendu d'arriver à une meilleure compréhension des mécanismes d'apprentissage des RNC dans le cas des signaux de machines. Dans un deuxième temps, cette avancée des connaissances permettra d'expliquer (eXplainable Artificial Intelligence, XAI) et donc justifier – voir infirmer – l'usage des RNC dans chaque situation, apportant ainsi des garanties d'opérabilité aux utilisateurs finaux, mais également d'orienter et d'optimiser les stratégies d'apprentissage dans de nouveaux contextes d'usage, voire de proposer de nouvelles architectures de RNC profonds. Dans cette démarche, une attention particulière sera portée aux auto-encodeurs, un type particulier de RNC profonds, dont le principe consiste à extraire des mesures un espace latent de dimension réduite censé capturer l'essentiel de l'information utile au diagnostic. L'objectif sera de montrer comment garantir, au travers d'un contrôle externe, que l'apprentissage de cet espace physique est parvenu à capturer à une réalité physique inhérente au système étudié.

Mots clés : décarbonation dans l'aéronautique, maintenance prédictive, intelligence artificielle, réseaux de neurones convolutifs, auto-encodeurs, apprentissage profond, traitement du signal, diagnostic.

Lieu : Le sujet de thèse sera co-encadré par le Laboratoire Vibrations Acoustique, INSA Lyon (<https://lva.insa-lyon.fr/>) et le Laboratoire d'Analyse des Signaux et Processus Industriels, Univ. Saint-Etienne, Roanne (<https://laspi.univ-st-etienne.fr/fr/index.html>), dont les équipes sont expertes dans le domaine du diagnostic des machines tournantes, en particulier par l'analyse des signaux vibratoires. Les deux laboratoires possèdent de nombreuses installations permettant de faire des expérimentations sur place. Ils sont également régulièrement impliqués dans des projets communs (nationaux et internationaux) liés à la problématique du sujet de thèse.

Compétences du candidat :

Le candidat aura une solide formation théorique lui permettant de comprendre et de développer des méthodes d'analyse de données et d'apprentissage statistique. Une première expérience en recherche sous la forme d'un stage M2 ou d'un projet de fin d'étude en école d'ingénieur est requise. Le candidat devra également démontrer sa capacité à être créatif et à proposer des solutions originales. La maîtrise d'un langage de programmation de haut niveau (Matlab, Python, ...) est nécessaire.

Contacts :

jerome.antoni@insa-lyon.fr

mohamed.elbadaoui@univ-st-etienne.fr