

Sujet de thèse

Classification par Intelligence Artificielle (IA) des signaux acoustiques et courants de Foucault pour le contrôle non destructif des matériaux et des structures : du capteur aux traitements des données

Contexte :

Le Contrôle Non Destructif (CND) repose sur l'exploitation de signaux issus de mesures physiques pour garantir l'intégrité et l'état de santé des matériaux et des structures. Différentes interactions onde-matière (actives, passives, acoustiques, électromagnétiques, thermiques,...) permettent de détecter et dimensionner les défauts à travers une analyse des signaux mesurés. Ces méthodes de contrôle reposent in fine sur l'interprétation par un opérateur qualifié du résultat du test. L'inspection des structures de grande taille dans différents domaines (Nucléaire, Aéronautique, Génie civil,...) ainsi que la prise en compte des cadences élevées d'inspection constituent un point d'amélioration important des contrôles. A ce propos, l'IA est un excellent outil permettant d'automatiser l'analyse et la classification des défauts, tout comme d'identifier les zones saines des zones susceptibles de contenir des défauts. Les avantages que confèrent les algorithmes d'IA dans le domaine de la mesure physique en termes de précision et de sensibilité pour une bonne prise de décision sont largement reconnus dans différents domaines. En revanche, l'opacité de ces algorithmes et leur manque d'explicabilité constitue un frein à leur acceptabilité et à leur plein développement dans la communauté du Contrôle Non Destructif. La prise en main de ces outils et leur mise en relation avec les phénomènes physiques observés permettrait une meilleure compréhension des algorithmes en jeu et la définition d'indicateurs pertinents permettant d'optimiser la précision du contrôle afin de gagner en temps et en efficacité tout en gardant un niveau d'exigence élevé quant à la sécurité des matériaux et des structures.

Missions :

L'objectif de la thèse est le développement d'outils d'analyse et de classification automatique des signaux acoustiques mais également électromagnétiques notamment courants de Foucault, dans un environnement Python. Les signaux seront analysés et classés selon des modèles d'intelligence artificielle. Une attention particulière sera portée à l'explicabilité des algorithmes développés et à l'interprétation physique de leur fonctionnement. Les bases de données qui seront exploitées proviendront de :

- Bases de données anonymisées disponibles dans le cadre du projet France Relance « AUTEND »
- Bases de données existantes/ réalisées en laboratoire issues d'essais mécaniques sur plusieurs classes de matériaux (Composites, polymères, métaux, bétons,...)
- Bases de données de signaux vibratoires ainsi que de tomographie passive où le doctorant développera la chaîne de contrôle partant du capteur à l'analyse des données en optimisant le choix des capteurs, l'instrumentation ainsi que le traitement des données.

Le début de la thèse aura lieu dès que possible, au plus tard le 1^{er} décembre et ce pour une durée de 3 ans dans le cadre d'un contrat doctoral financé par le projet France Relance « AUTEND » coordonné par la société Omexom filiale de Vinci-Énergie.

Présentation générale des partenaires du projet :

Cette thèse rentre dans le cadre du projet AUTEND qui est mené par trois partenaires :

- Le Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), qui contribue à l'optimisation, et à la mise en œuvre des analyses et au traitement des données dans le cadre du projet ;
- OMEXOM NDT Engineering & Services, filiale de VINCI Energies, qui développe, qualifie et met en œuvre des procédés de contrôle des composants critiques des centrales nucléaires. OMEXOM est le pilote du projet ;
- ALEIA, startup française spécialisée en IA, conçoit et développe la plateforme d'intelligence artificielle nécessaire au projet et industrialise l'application métier ;

Présentation générale du laboratoire d'accueil :

Le travail de thèse se déroulera principalement au Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), unité mixte de recherche UMR 6613 Le Mans Université – CNRS. L'effectif du laboratoire est d'environ 160 personnes : enseignants-chercheurs, chercheurs, BIATSS/ITA (ingénieurs et techniciens), doctorants, post-doctorants, chercheurs associés». Les activités du Laboratoire sont centrées sur l'acoustique de l'audible, des vibrations des structures et le contrôle non destructif et contrôle de santé acoustique (<http://laum.univ-lemans.fr/fr/index.html>).

Encadrement :

L'encadrement de la thèse sera assuré par Rachid EL GUERJOUA enseignant chercheur au LAUM et Charfeddine MECHRI Enseignants-Chercheur au LAUM et Ingénieur de Recherche au CTTM (Centre de Transfert de Technologie du Mans)

Modalités de candidature :

Dossier de candidature à adresser à Rachid EL GUERJOUA (rachid.elguerjouma@univ-lemans.fr) et Charfeddine MECHRI (charfeddine.mechri@univ-lemans.fr) et avant le 10 novembre 2022.

CV, relevé de notes de Master et lettre de motivation présentant la compréhension du sujet et les compétences mobilisées pour le traiter.

Contact :

rachid.elguerjouma@univ-lemans.fr

charfeddine.mechri@univ-lemans.fr

PhD thesis proposal

Title of the thesis : Artificial Intelligence (AI) classification of acoustic and eddy current signals for non-destructive testing of materials and structures: from sensor to data processing

Context and objectives :

Non Destructive Testing (NDT) relies on the exploitation of signals from physical measurements to ensure the integrity and health of materials and structures. Different wave-matter interactions (active, passive, acoustic, electromagnetic, thermal,...) allow to detect and size defects through an analysis of the measured signals. These inspection methods rely on the interpretation of the test results by a qualified operator. The inspection of large structures in various fields (Nuclear, Aeronautics, Civil Engineering,...) as well as the taking into account of the high rate of inspection constitute an important point of improvement of controls. In this regard, AI is an excellent tool to automate the analysis and classification of defects, as well as to identify the healthy areas of areas likely to contain defects. The advantages of AI algorithms in physical measurement in terms of accuracy and sensitivity for good decision making are widely recognized in different fields. On the other hand, the relative opacity of these algorithms and their lack of explicability is a hindrance to their acceptability and their full development in the NDT community. The handling of these tools and their relation with the observed physical phenomena would allow a better understanding of the algorithms in play and the definition of relevant indicators allowing to optimize the precision of the control in order to gain in time and in efficiency while keeping a high level of requirement as for the safety of materials and structures.

The objective of the thesis is the development of tools for the analysis and automatic classification of acoustic and electromagnetic signals, in particular eddy currents, in a Python environment. The signals will be analyzed and classified according to artificial intelligence models. Particular attention will be paid to the explicability of the developed algorithms and to the physical interpretation of their functioning. The databases that will be exploited will come from :

- Anonymized databases available in the framework of the France Relance Project "AUTEND"
- Existing data bases / realized in laboratory from mechanical tests on several classes of materials (Composites, polymers, metals, concretes,...)
- Databases of acoustic signals and passive tomography where the PhD student will develop the control chain from the sensor to the data analysis by optimizing the choice of sensors, instrumentation and data processing.

The beginning of the thesis will take place as soon as possible, at the latest on december 1st and this for a duration of 3 years within the framework of a doctoral contract financed by the France Relance project "AUTEND" coordinated by the company Omexom, subsidiary of Vinci-Energie.

General presentation of the host laboratory:

The thesis work will take place mainly at the Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), a joint research unit UMR 6613 Le Mans University - CNRS. The staff of the laboratory is about 160 persons: professors, researchers, BIATSS/ITA (engineers and technicians), PhD students, post-doctoral fellows, associated researchers". The activities of the laboratory are focused on the acoustics of the audible, vibration of structures and non-destructive testing and acoustic health control (<http://laum.univ-lemans.fr/fr/index.html>).

General presentation of the project partners:

This thesis is part of the AUTEND project which is led by three partners:

- The Acoustics Laboratory of the University of Le Mans (LAUM), which contributes to the optimization, and to the implementation of the analyses and the data processing within the framework of the project;
- OMEXOM NDT Engineering & Services, a subsidiary of VINCI Energies, which develops, qualifies and implements control processes for critical components of nuclear power plants. OMEXOM is the pilot of the project;
- ALEIA, a French startup specialized in AI, designs and develops the artificial intelligence platform required for the project and industrializes the business application;

Supervision:

The supervision of the thesis will be provided by Rachid EL GUERJOURA teacher researcher at LAUM and Charfeddine MECHRI Teacher-Researcher at LAUM and Research Engineer at CTM (Center for Technology Transfer of Le Mans)

How to apply :

Application file to be sent to Rachid EL GUERJOURA (rachid.elguerjouma@univ-lemans.fr) and Charfeddine MECHRI (charfeddine.mechri@univ-lemans.fr) and before November 10, 2022.

CV, Master's transcript and cover letter presenting the understanding of the subject and the skills mobilized to deal with it.

Contact :

rachid.elguerjouma@univ-lemans.fr / charfeddine.mechri@univ-lemans.fr