

2.3. HC2NDA_

Titre : Hybridation de Capteur pour le Contrôle Non Destructif de matériau Aéronautique

Porteur du projet : Gérard BERTHIAU

Laboratoire : "IREENA, Université de Nantes

Laboratoire associé : LAUM - UMR CNRS 6613, Université du Mans, GSII, ESEO, Angers

Doctorant : Romain CORMERAIS

Encadrant : Gérard BERTHIAU (PR), Guillaume WASSELYNCK (MC), Aroune DUCLOS (MC)

Mots clés : Contrôle Non Destructif (CND), Ultrasons (US), Courants de Foucault (CF), Machine Learning (ML), Réseau de Neurones Artificiels (RNA), augmentation de données

Verrous scientifiques ou technologiques levés :

Etat : La thèse a débuté en octobre 2017 et sera soutenue en mi-décembre 2020

2.3.1. Résumé du projet

Avant d'installer de nouvelle pièce de structure sur un bateau ou un avion, il est important de contrôler la bonne tenue mécanique de ces pièces. Ce contrôle doit bien évidemment ne pas détériorer la pièce et est appelé Contrôle Non Destructif (CND). Ce processus de test devient un enjeu économique important, ces contrôles posent des soucis de cadence, de stock, de procédure d'acceptation... Il existe à l'heure actuelle plusieurs méthodes de contrôle, chacune possédant ces limitations et ces spécificités. L'objectif de ce projet est le développement d'un démonstrateur de nouveau type de capteur combinant les avantages des contrôles par Ultrason US et Courant de Foucault CF. Ce nouveau capteur permettra de rendre le contrôle plus fiable, plus précis et plus facile d'utilisation. Pour développer ce capteur, il est nécessaire de créer un modèle numérique et multi-physique qui permettra d'obtenir l'effet d'un défaut sur la réponse du capteur. Grâce à ce modèle, il sera alors possible d'optimiser le capteur pour améliorer la capacité de détection du capteur. La fusion d'information entre les parties US et CF du capteur servira également à optimiser la détection et faciliter l'utilisation lors des contrôles.

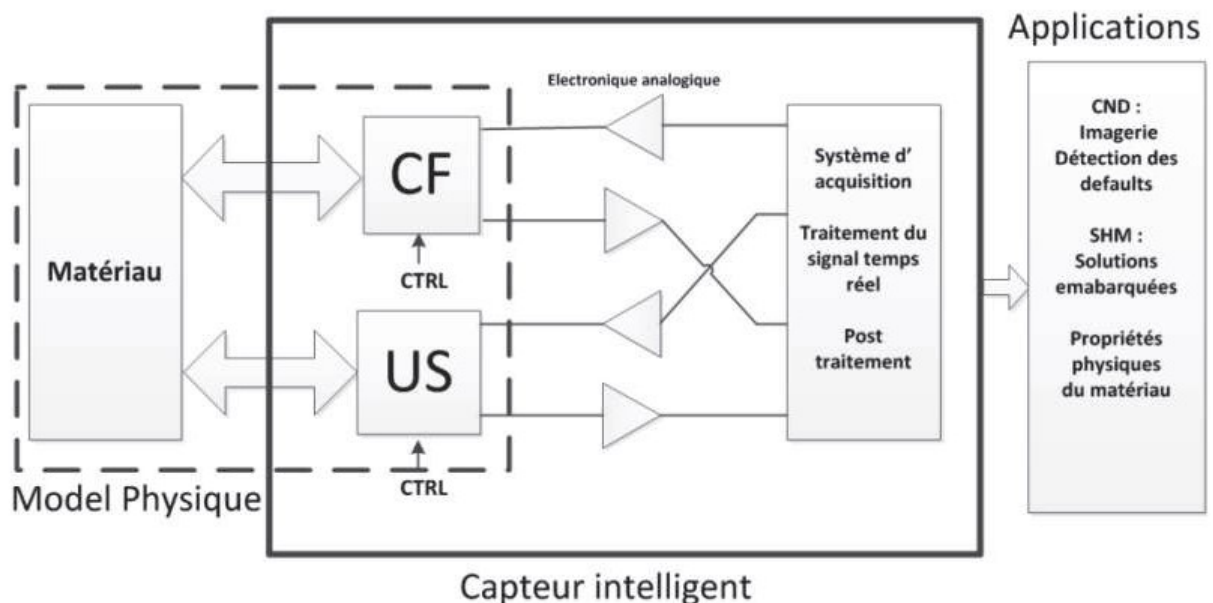


Figure 10 . HC2NDA : Le capteur intelligent bi-technique

2.3.2. Résultats du projet

2.3.2.1. Résumé des travaux de thèse

Le Machine Learning (ML) qui utilise une approche de traitement de données plutôt que des modèles physiques a été utilisé pour réaliser la fusion de données issues de signaux US et CF dans un contexte de CND. Plus précisément, des Réseaux de Neurones Artificiels (RNAs) ont été entraînés dans le but de caractériser des défauts depuis les signaux. Cette approche a permis d'utiliser au mieux les informations issues de chaque technique indépendamment et de pallier leurs défauts respectifs, garantissant une bonne estimation des paramètres des défauts. Cette approche a nécessité la création de bases de données conséquentes pour réaliser l'entraînement des RNAs. Pour réduire les contraintes expérimentales, le choix a été fait d'utiliser des données simulées et de réaliser des mesures expérimentales pour valider cette approche. Les différents RNAs développés ont été capables de résoudre le problème inverse des CF, celui des US et d'estimer les rayons et profondeurs des différents défauts en utilisant ces deux sources d'information, palliant les inconvénients de chaque technique seule. De plus dans chacun des cas, une étude statistique du comportement de sortie des RNAs a été menée permettant d'obtenir un indice de confiance dans l'estimation du RNA en fonction des valeurs données. Une procédure d'augmentation de données a aussi été développée pour réduire le nombre de données à simuler ou à mesurer pour constituer une base de données d'entraînement, utilisée notamment dans le cas des CF seuls. Enfin, des mesures expérimentales ont permis de valider l'approche adoptée en donnant des estimations précises des paramètres de défauts réels. Les résultats obtenus montrent que la méthode proposée permet non seulement de profiter des avantages de chaque technique séparément, mais aussi de donner de meilleures estimations lorsque celles-ci sont combinées à travers les RNAs. De plus, l'apprentissage automatisé des RNAs leur permet de donner un poids plus ou moins important à chaque technique de CND utilisée en fonction des configurations étudiées. En effet, dans le cas de la fusion des CF et des US, les RNAs apprennent à donner plus d'importance à une des deux techniques ou autant aux deux lors de l'entraînement, en fonction des défauts dont sont issus les signaux.

2.3.2.2. Publications

Publications :

- **(Soumis)** Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, XXX, Sensors, (2020)
- **(En cours de révision)** Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Non Destructive Eddy Currents inversion using Artificial Neural Networks and Data Augmentation, NDT & E International, (2020)
- Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Data Augmentation and Artificial Neural Networks for Eddy Currents Testing, Electromagnetic Non-Destructive Evaluation (XXIII), 45 (2020), p. 245-252 (DOI: 10.3233/SAEM200040)

Conférences internationales :

- Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Data Augmentation and Artificial Neural Networks for Eddy Currents Testing, International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation (ENDE), du 11 au 14 septembre 2019
- Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Non-destructive Data Fusion from Ultrasonic and Eddy Current Testing Using Artificial Neural Networks, 2ème édition de la Conférence Franco-Chinoise d'Acoustique (FCAC) au Mans, du 29 au 31 octobre 2018

Conférences nationales :

- **(Reporté)** Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Augmentation de Données pour l'Entraînement de Réseaux de Neurones Artificiels Appliqués au Contrôle Non Destructif par Courants de Foucault, Symposium de Génie Electrique (SGE), du 30 juin au 2 juillet 2021
- Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Hybridation de capteurs pour le contrôle non destructif de matériaux aéronautiques, Journée Scientifique du GIS ECND – PdL, jeudi 7 novembre 2019

AAP 2016- HC2NDA : Hybridation de Capteur pour le Contrôle Non Destructif de matériau Aéronautique

- Romain Cormerais, Roberto Longo, Aroune Duclos, Guillaume Wasselynck and Gerard Berthiau, Fusion de données issues de contrôles non destructifs par ultrasons et courants de Foucault, Doctoriales de la COFREND, le 28 juin 2018

2.3.2.3. Dissémination

2.3.2.4. Equipement et ressourcement

Ce projet a principalement permis le financement de la thèse de doctorat de Romain Cormerais et a également permis l'achat d'un PC correspondant aux besoins du projet.