

## 2.2. COSINUS\_

**Titre : Commande Optimale de Senseurs Intelligents pour la Nonlinéarité UltraSonore**

**Porteur du projet :** Jean Marc GIRAULT et Sébastien MENIGOT

**Etablissement :** ESEO, Angers

**Laboratoire :** ESEO-LAUM, groupe Signal Image et Instrumentation

**Laboratoire associé :**

**Origine :** Les deux candidats ont pour origine Polytech Tours, université de Tours

### 2.2.1. Objectif du recrutement

L'ESEO a recruté, pour la rentrée de septembre 2018, deux enseignants-chercheurs en CDI pour renforcer le domaine du CND/SHM (Contrôle non destructif Structural Health Monitoring) développé à l'ESEO en collaboration avec le LAUM.

Le premier recrutement concerne un enseignant-chercheur HDR, destiné à prendre la responsabilité du département d'électronique et automatique (DEA), en remplacement d'Alain Le Duff, enseignant-chercheur HD : Jean-Marc Girault, enseignant-chercheur HDR.

Le second recrutement correspond au recrutement d'un enseignant-chercheur spécialisé en électronique numérique, dans le cadre d'une création de poste : Sébastien Ménigot, enseignant-chercheur.

Ils prennent en charge le développement de l'axe Capteurs intelligents pour le Contrôle Non Destructif et la surveillance de la santé des structures de l'équipe GSII. :

Développement d'une instrumentation ultrasonore à commande optimale ;

Et le développement de méthodes de traitement de signal pour des capteurs acoustiques distribués avec des applications en CND-SHM et biomédicale.

L'arrivée des deux chercheurs expérimentés, renforce les liens avec le LAUM puisque qu'un rattachement des chercheurs en prévu dans un premier temps puis comme chercheur permanent dans un second temps.

Le dossier d'attractivité permet également le financement d'un doctorant, ses frais de déplacement et de son environnement scientifique.

### 2.2.2. Thèse associée au projet Attractivité

**Titre : Commande optimale codée d'un réseau de capteurs ultrasonores intelligents pour la détection de défauts présents dans des matériaux complexes non-linéaires et variant dans le temps en CND-SHM**

**Laboratoire :** ESEO-LAUM, groupe Signal Image et Instrumentation

**Laboratoire associé :**

**Doctorant :** Volodymyr GATSA

**Encadrants :** Vincent TOURNAT et Sébastien MÉNIGOT

**Mots clés :** CND-SHM, ultrason, commande optimale

**Verrous scientifiques ou technologiques levés :**

**Etat :** Début de thèse novembre 2018. Thèse soutenue le .....

#### 2.2.2.1. Résumé grand public du projet

Les besoins de caractérisation de qualités des structures sont nombreux afin de pouvoir définir la vie restante de ces structures. Le principe des méthodes de contrôle non-destructif (CND) par ultrason consiste en la propagation d'un signal. Les défauts sont alors visibles grâce à une différence d'impédance acoustique entre le milieu et le défaut lui-même. Le principe est simple : un premier capteur transmet une onde à une fréquence  $f_0$  dans le milieu, tandis qu'un second capteur reçoit une onde à fréquence  $f_0$  et corrompue par le défaut. Cependant, pour une détection précoce des défauts, les défauts peuvent avoir une impédance acoustique proche du milieu environnant. Le rapport signal à bruit (SNR) est alors réduit et il devient difficile de détecter les défauts. Toutefois, il est possible de pondérer l'impédance acoustique en tenant compte des propriétés non-linéaires des défauts.

Même si la plupart des améliorations inclut des post-traitements pour extraire des harmoniques, le choix de l'onde transmise est primordial. Cependant, les réglages habituels de l'onde transmise sont empiriquement restreints à une sinusoïde à fréquence fixe, parce que les réglages optimaux requièrent des connaissances expérimentales inaccessibles (par exemple concernant le transducteur ou le milieu environnant). Une première solution sous-optimale propose de trouver un ou des paramètres de la forme d'onde, comme la fréquence. Cependant, ce problème d'optimisation peut être résolu de manière optimale en envoyant des ondes stochastiques de manière itérative, sans aucune hypothèse sur la forme d'onde.

L'objectif de ce travail présenté ici est d'adapter la commande optimale pour le contrôle non destructif (CND) des milieux solides pour d'éventuelles applications industrielles.

### **2.2.2.2. Résultats du projet**

#### **2.2.2.2.1. Résumé des travaux de thèse**

Lors de la première année de thèse, Volodymyr Gatsa a réalisé un état de l'art de l'imagerie non linéaire ultrasonore appliquée au milieu solide. Un premier simulateur a été mis en place pour tester la future faisabilité des méthodes de commande optimale. Ces outils nous ont permis de proposer une liste de fonctions de coût intéressante qui sont révélatrices d'une amélioration de la détection de défauts. Enfin, Volodymyr Gatsa a commencé à mettre en œuvre un premier démonstrateur expérimental.

Lors de la deuxième année de thèse, Volodymyr Gatsa a optimisé la fonction de coût proposée en réglant la fréquence de l'excitation. En simulation, l'optimisation permet un gain de plus de 3 dB par rapport à une excitation à la fréquence centrale du transducteur (habituellement utilisé). Les prochaines étapes devront appliquer ce principe sur notre démonstrateur et élargir les paramètres de l'excitation à optimiser.

#### **2.2.2.2.2. Publications**

Volodymyr Gatsa, Sébastien Ménigot et Vincent Tournat. Excitation frequency optimisation to enhance harmonics backscattered by a nonlinear medium. Forum Acusticum 2020, Lyon.

#### **2.2.2.2.3. Dissémination**

#### **2.2.2.2.4. Equipement et ressourcement**

Capteurs piezo-électriques