



Titre Thèse Title	Détection, suivi et classification des défauts structuraux et propriétés d'interfaces par analyse des codas ultrasonores. Detection, monitoring and classification of structural defects and interface properties using ultrasonic coda analysis.	
(Co)-Directeur	Lynda Chehami	E-mail : lynda.chehami@uphf.fr
(Co)-Directeur	Emmanuel Moulin	E-mail : emmanuel.moulin@uphf.fr
(Co)-Encadrant (s)	Farouk Benmeddour	E-mail : farouk.benmeddour@uphf.fr
Laboratoire(s)	IEMN / Flagship Matériaux	Web :
Groupe(s)	TPIA	Web :
Financement demandé	Contrat Doctoral Etablissement UPHF	ULille <input type="checkbox"/> Centrale Lille <input type="checkbox"/> Yncrea <input type="checkbox"/>
	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :	Co-financement acquis Oui / non <input type="checkbox"/> Préciser :
Financement acquis ? <input checked="" type="checkbox"/> Financement partiellement acquis ? <input type="checkbox"/>	Contrats de Recherche <input type="checkbox"/> Préciser :	Autre <input type="checkbox"/> Préciser :

Résumé :

Un certain nombre de travaux réalisés récemment dans notre groupe ont démontré la faisabilité d'utiliser les codas ultrasonores pour détecter des défauts ou des variations de caractéristiques d'interfaces de très faibles signatures acoustiques. Le principe est ici que les ondes ultrasonores ayant effectué un grand nombre de trajets multiples dans un milieu réverbérant sont très sensibles à toutes variations de propriétés du milieu.

Nous proposons dans ce travail de thèse d'aller plus loin dans cette voie en couplant différentes techniques de traitement de codas (caractéristiques statistiques des enveloppes de réverbération, interférométrie de coda, corrélation de bruit) afin de bénéficier des avantages respectifs qu'elles apportent, et notamment pouvoir séparer finement les informations liées aux caractéristiques globales du milieu de celles liées à un diffuseur local. D'un point de vue pratique, des méthodes sans référence seront mises en oeuvre, telles que le suivi continu d'évolution (comparaison entre états successifs) ou la modulation sous contrainte des propriétés locales (techniques pompe-sonde) afin de caractériser, et non plus seulement détecter et localiser, les diffuseurs. La robustesse vis-à-vis des variations des conditions opérationnelles telles que température ou conditions aux limites sera également un point d'attention particulier. Des techniques de compensation ou auto-calibration seront développées pour cela.

Par principe, la méthode développée permettra alors de tirer le maximum d'informations des signaux ultrasonores complexes et pourra s'appliquer quel que soit l'objet d'étude, du moment qu'il se comporte comme un diffuseur vis-à-vis des ondes ultrasonores. Nous entendons ainsi mettre au point une méthode de caractérisation très polyvalente, à large spectre applicatif et peu invasive, reposant qui plus est sur des besoins matériels très réduits (en termes de consommation, encombrement et complexité électronique).

La démarche adoptée dans cette thèse consistera en premier lieu à traiter le problème direct consistant à extraire à partir du traitement des codas un nombre réduit de caractéristiques tels que la section de diffusion ultrasonore et le facteur d'anisotropie des différents diffuseurs concernés. Puis une base de donnée pourra être élaborée par modélisations numériques sur un grand nombre de cas de diffuseurs. Enfin, des méthodes de classification ou d'intelligence artificielle permettront alors d'identifier à partir de signaux issus de simulations, puis d'expériences réelles, les types de diffuseurs et leurs évolutions.

Les applications de ces travaux concerneront l'analyse fine des matériaux et des interfaces et de leurs mécanismes de dégradation (corrosion, fissuration, décohésion), le suivi des propriétés fonctionnelles ou d'adhésion des couches minces ou de films pour des applications de types matériaux-structures, microélectronique ou encore bio-médicales.

Profil du candidat : Le candidat devra posséder de bonnes compétences théoriques sur la physique des ondes acoustiques (ultrasonores) dans les solides. Il devra si possible maîtriser des outils de modélisation numérique



(éléments finis, différences finies) et avoir de bonnes bases de traitement de signal. De bonnes capacités d'expérimentateur seront également indispensables

Abstract:

A number of recent works in our group have demonstrated the feasibility of using ultrasonic codas to detect defects or variations in interface characteristics with very low acoustic signatures. The principle here is that ultrasonic waves having traveled multiple paths in a reverberant medium are very sensitive to any variations in the medium properties.

In this PhD work, we propose to go further by coupling different coda processing techniques (statistical characteristics of reverberation envelopes, coda interferometry, noise correlation) in order to benefit from their respective advantages, and in particular to be able to finely separate information related to the global environmental conditions from that related to a local scatterer. Reference-free methods will be implemented, such as continuous evolution monitoring (comparison between successive states) or constrained modulation of local properties (pump-probe techniques) in order to characterise, and not just detect and locate, scatterers. Robustness to variations in operating conditions such as temperature or boundary conditions will also be a particular focus. Compensation or self-calibration techniques will be developed for this purpose.

In principle, the developed method will make it possible to extract maximum information from complex ultrasound signals and will be applicable to any object of interest, provided it exhibits scattering features with respect to ultrasound waves. Our aim is then to develop a highly versatile characterisation method with a wide range of applications and low invasiveness, based on very low hardware requirements (in terms of power consumption, size and electronic complexity).

The approach adopted here will consist firstly of treating the direct problem corresponding to the estimation from the codas processing of a small number of characteristics such as the ultrasonic scattering cross-section and the anisotropy factor of the different scatterers. Then a database will be compiled through numerical modelling of a large number of scatterers. Finally, classification or artificial intelligence methods will then be used to identify the types of scatterers and their evolution, from signals obtained from simulations or real experiments.

Applications of this work range from detailed analysis of materials and interfaces and their degradation mechanisms (corrosion, cracking, decohesion), to monitoring the functional or adhesion properties of thin layers or films for materials-structures, microelectronics or bio-medical applications.

Candidate profile: The candidate should have good theoretical skills in the physics of acoustic waves (ultrasound) in solids. If possible, she/he should be familiar with numerical modelling tools (finite elements, finite differences) and have good knowledge in signal processing. Good experimental skills will also be essential.