

Unité Mixte de Recherche

Inserm U930 - CNRS FRE2448
Université François Rabelais de Tours

Imagerie et cerveau

Habilitation à Diriger des Recherches

Discipline : Électronique
Spécialité Acoustique

Instrumentation Ultrasonore des Milieux Complexes : une Approche Non Linéaire pour une Caractérisation Acoustique Sub-lambda

Serge Dos Santos, Maître de Conférences à l'ENI Val de Loire
UMR930 « Imagerie et Cerveau », FRE2448 CNRS, INSERM, Université François Rabelais

Vendredi 14 novembre 2008, 14h à l'ENIVL, Grand Amphi
Rue de la Chocolaterie, BP 3410, F-41034 Blois Cedex

Membres du Jury :

Rapporteurs:	Christian Cachard	Professeur de l'Université Lyon 1, Lyon
	Rachid El Guerjouma	Professeur de l'Université du Maine, Le Mans
	Jean-Louis Izbicki	Professeur de l'Université du Havre, Le Havre
Examineurs:	Bernard Cretin	Professeur à l'ENSMM, Besançon
	Marc Lethiecq	Professeur de l'Université François Rabelais, Tours
	Fabrice Mériaudeau	Professeur de l'Université de Bourgogne, Le Creusot
	Guy Millot	Professeur de l'Université de Bourgogne, Dijon
	Arnaud Tourin	Maître de Conférences HDR à l'ESPCI, Paris

Résumé

Les travaux présentés synthétisent l'activité de Recherche réalisée, depuis 1998, au Laboratoire Ultrasons Signaux et Instrumentation FRE2448 CNRS de l'Université François-Rabelais. Cette recherche expérimentale et théorique vise, en vue d'une imagerie sub-lambda, à exploiter le cadre de l'acoustique non linéaire ultrasonore pour progresser dans l'instrumentation électronique et dans la modélisation acoustique de l'analyse, de l'évaluation et du contrôle non destructif (END/CND) de milieux complexes dégradés ou fissurés issus de l'industrie aéronautique. La modélisation mécanique multi-échelles des matériaux dégradés est implémentée *via* l'introduction de lois de comportement non linéaires non classiques (approche hystérétique phénoménologique de type Preisach-Mayergoyz) et est étendue au cas 3D par le formalisme de Kelvin. Une analyse des symétries des équations générales de propagation acoustique (Burgers, KZ, équation hystérétique), utilisant le formalisme des groupes de Lie, a permis de mettre en place les bases d'une analyse systémique exploitant les invariants extraits, entre autres, à partir des conditions *a priori* d'excitation. Les propriétés d'invariance par retournement temporel et par réciprocity constituent l'ossature des techniques de localisation des nonlinéarités dans les milieux complexes. Un traitement du signal automatisé et synchronisé permet cette focalisation acoustique. En appliquant des méthodes de codage d'excitations, l'extraction de la nonlinéarité est effectuée sur le signal vibratoire mesuré par interférométrie laser. Des simulations numériques de type pseudo-spectrales préservant la description temporelle valident les concepts associés à ces techniques de localisation. Deux dispositifs expérimentaux de spectroscopie non linéaire élastique (NEWS) basés sur l'interaction paramétrique d'ondes acoustiques ont été réalisés afin de caractériser la nonlinéarité de milieux solides et liquides. Ces dispositifs permettent des caractérisations dites globales et locales des propriétés non linéaires des milieux. L'expérimentation globale présente l'avantage d'être associée à une métrologie fine, basée sur un principe d'auto-réciprocity et permet un étalonnage du paramètre non linéaire. L'objectif en terme d'imagerie de localisation de la nonlinéarité a nécessité la mise en œuvre d'une extension de cette méthode par l'adjonction d'un processus de retournement temporel (TR) permettant la focalisation ultrasonore des ondes, et la création d'expérimentations innovantes NEWS-TR et TR-NEWS.

Abstract

This dissertation concerns the Research conducted at François-Rabelais University of Tours in the field of Nonlinear Acoustics for Nondestructive Testing (NDT) of damaged materials applied to the aeronautic industry, and conveys the potential of advanced signal processing for complex systems. The theoretical multiscale modeling of damaged materials is based on the phenomenological nonlinear non-classical or anomalous PM space approach which was 3D extended using the Kelvin formalism. Symmetry Analysis based on Lie group theory was applied on Burgers, KZ and hysteretic equations, and the bases of a systemic approach were developed with the objective to exploit absolute invariants for optimization of the coded excitations, such as pulse-inversion or chirp-coded process. Invariance with respect to Time Reversal (TR) and reciprocity initiated combined experimental TR-NEWS methods which supplement and improve classical Nonlinear Elastic Wave Spectroscopy (NEWS) experiments based on parametric interactions of ultrasonic waves.