

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : *Signal, Image et Vision*

Par

Bachir TCHANA TANKEU

High resolution time delay estimation methods for processing GPR data collected over debonded pavement structures

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le « date »

Unités de recherche : Évaluation Non-Destructive des Structures et des Matériaux (Cerema)
Département Composants et Systèmes - Laboratoire Structure et Instrumentation Intégrée (UGE)

Rapporteurs avant soutenance :

Émanuel RADOI, Professeur des Universités, Université Bretagne Occidentale
Angélique DRÉMEAU, Maître de conférences de l'ENSTA Bretagne

Composition du Jury :

Attention, en cas d'absence d'un des membres du Jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture de thèse

Président : Prénom NOM, Fonction et établissement d'exercice (*à préciser après la soutenance*)
Examineurs : Salah BOURENNANE, Professeur des Universités, Ecole Centrale de Marseille
Émanuel RADOI, Professeur des Universités, Université Bretagne Occidentale
Angélique DRÉMEAU, Maître de conférences de l'ENSTA Bretagne
Dir. de thèse : Yide WANG, Professeur des Universités, IETR, Nantes Université
Co-dir. de thèse : Vincent BALTAZART, CR (COSYS-SII), Université Gustave Eiffel
Co-dir. de thèse : David GUILBERT, IHM - Chercheur, Cerema/ENDSUM Angers

Invité(s) :

Xavier DÉROBERT, IDTPE-HDR (GERS-GeoEND), Université Gustave Eiffel

Titre : Traitements haute résolution appliqués à la caractérisation de décollements de chaussée par radar géophysique ultra large bande

Mot clés : Radar géophysique (GPR), contrôle non destructif (CND) des chaussées, estimation de temps de retard, diagnostic de chaussée, caractérisation de décollement.

Résumé : Cette thèse combine l'utilisation d'algorithmes à haute résolution (HR) temporelle avec un radar géophysique (GPR) ultra large bande pour le contrôle de décollement d'interface de chaussée de moins 1 cm d'épaisseur. Dans un premier temps, le principe des méthodes à sous-espaces les plus connues (e.g., MUSIC, ESPRIT) est rappelé et adapté à la caractérisation de la permittivité et de l'épaisseur du matériau. Les techniques de moyennage en sous-bandes existantes sont optimisées pour atténuer l'influence du bruit coloré. Ensuite, des algorithmes HR polynomiaux récents sont adaptés au domaine de

l'estimation de temps de retard (TDE). L'algorithme PUMA est détaillé et différentes versions sont proposées pour la TDE. Les algorithmes sont évalués sur des données radar simulées et comparées à la borne de Cramer-Rao. Enfin, les algorithmes sont testés sur des données GPR de 10 GHz de largeur de bande, mesurées sur des chaussées contenant des décollements artificiels. Dans tous les cas, les algorithmes permettent d'obtenir une meilleure interprétation qu'un traitement radar conventionnel. Cependant, l'estimation de la permittivité et de l'épaisseur est à améliorer pour certains défauts.

Title: High resolution time delay estimation methods for processing GPR data collected over debonded pavement structures

Keywords: ground-penetrating radar (GPR), nondestructive testing (NDT), time delay estimation (TDE), pavement monitoring, debonding characterization.

Abstract: This thesis combined the use of high time resolution algorithms with ultra wide band (UWB) air-launched GPR NDT to refine the monitoring of interlayer debonding (less than 1 cm thick) within the pavement structure. At first, the most well-known subspace HR techniques (e.g., MUSIC, ESPRIT) are recalled and tailored to the characterization of thin debonding in terms of permittivity and thickness. The existing subband averaging techniques are optimized to mitigate the influence of colored noise. Then, some recent polynomial HR algorithms are adapted to TDE and GPR scope over layered pavement

structures. Among others, PUMA is detailed and different versions are proposed for TDE. The performance of the selected TDE algorithms are evaluated on simulated radar data and compared to the Cramer-Rao bound. Finally, the selected TDE algorithms were used for processing 10 GHz bandwidth GPR laboratory and field air-coupled data over artificial debonded pavement structures. In all cases, the selected algorithms achieve improved data interpretation compared to the conventional GPR data processing. However, the estimated permittivity and thickness has to be improved in some cases.