



Soutenance de thèse de Madame Ana Karoliny LEMOS BEZERRA

Madame Ana Karoliny LEMOS BEZERRA soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés "*Caractérisation viscoélastique linéaire non destructive des matériaux bitumineux par essai de résonance d'impact*", travaux dirigés par Monsieur Cédric SAUZEAT.

/// Résumé de la thèse

Les méthodes d'essais non destructifs fondées sur la propagation des ondes mécaniques suscitent un intérêt croissant comme alternative aux techniques conventionnelles de laboratoire pour la caractérisation viscoélastique des enrobés bitumineux. Parmi elles, l'essai de résonance par impact (IRT) permet de déterminer les propriétés mécaniques à de très faibles niveaux de déformation, rapidement et en autorisant des mesures répétées. Toutefois, des défis subsistent concernant sa validation pour différents mélanges bitumineux, l'application de méthodes robustes de rétroanalyse et son extension à des géométries représentatives des structures

réelles de chaussée. L'objectif principal de cette thèse est de caractériser le comportement viscoélastique linéaire des mélanges bitumineux à l'aide de l'IRT associé à des méthodes de rétroanalyse, afin de contribuer à la transition entre la caractérisation en laboratoire et de futures applications sur le terrain. La première campagne expérimentale a été réalisée sur des éprouvettes cylindriques présentant différentes granularités, trois types de liant bitumineux, différents taux de vides et deux rapports hauteur/diamètre (H/D-2 et H/D-4). Les mêmes éprouvettes ont été soumises à l'IRT et à l'essai conventionnel de traction-compression (TC) à huit températures. Les fonctions de réponse en fréquence (FRF) ont été interprétées par les méthodes de rétroanalyse IAM I et IAM II, fondées sur une modélisation tridimensionnelle par éléments finis couplée au modèle viscoélastique 2S2P1D. Une bonne concordance a été obtenue entre l'IRT et le TC pour le module complexe (E^*) et le coefficient de Poisson complexe (ν^*). Les écarts dépendaient de la fréquence et devenaient inférieurs à 5 % pour E^* aux hautes fréquences et aux basses températures. L'IRT a fourni des valeurs de ν^* moins dispersées que le TC, traduisant une caractérisation plus globale du matériau. Les résultats ont montré que la réponse élastique est principalement gouvernée par le squelette granulaire, tandis que le comportement viscoélastique dépend essentiellement du type de liant. Après normalisation par E_0 et E_{00} , les diagrammes de Cole-Cole se superposent presque pour les mélanges élaborés avec un même liant, indépendamment de la méthode d'essai ou de la géométrie. Les éprouvettes H/D-4 présentent des fréquences de résonance plus faibles, un amortissement réduit aux températures élevées et une meilleure identification du second pic de résonance, les rendant plus adaptées aux méthodes avancées de rétroanalyse. La seconde campagne expérimentale a étudié la transition vers des applications en conditions réelles à partir d'essais IRT et de simulations numériques tridimensionnelles sur des dalles rectangulaires en mélange bitumineux. L'influence de la température, de l'épaisseur, des conditions aux limites, du marteau d'impact, de la position de mesure et de l'état de surface sur la réponse dynamique a été analysée. Les résultats numériques et expérimentaux montrent que la réponse vibratoire est dominée par des modes de flexion entre 0 et 3000 Hz. Le marteau conventionnel muni d'une pointe en plastique de dureté moyenne fournit la bande d'excitation la plus adaptée. La comparaison entre dalles et éprouvettes cylindriques confirme que l'IRT associé à IAM I permet une caractérisation viscoélastique cohérente pour différentes géométries et étend la plage de fréquences accessibles vers les basses fréquences, rapprochant ainsi la méthode des conditions réelles des chaussées. Dans son ensemble, cette recherche montre que l'IRT associé à la rétroanalyse

constitue une alternative fiable et moins complexe aux méthodes conventionnelles de caractérisation viscoélastique. Cette thèse valide son application à différents enrobé bitumineux, géométries et conditions expérimentales, et constitue une étape importante vers le développement de méthodes fondées sur la propagation des ondes pour l'évaluation structurelle et le suivi des chaussées en service.

/// Composition du jury

M. Cédric SAUZEAT	Directeur de recherche	ENTPE	Directeur de thèse
M. Salvatore MANGIAFICO	Chargé de recherche	ENTPE	Co-encadrant de thèse
M. Frederic DUBOIS	Professeure des universités	UNIVERSITE DE LIMOGES	Rapporteur
M. Thomas ATTIA	Ingénieur de recherche	Eiffage Route	Examineur
Mme Veronique CEREZO	Ingénieure des Ponts, des Eaux et des Forêts	Université Gustave Eiffel	Examinatrice
M. Hassan BAAJ	Professeur	University of Waterloo	Rapporteur
M. Jorge BARBOSA SOARES	Universidade Federal do Ceara	Invité	