



# Soutenance de thèse de Madame Niloofer ESMAEILI

**Madame Niloofer ESMAEILI soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulée « *Évaluation expérimentale et numérique du comportement viscoélastique et à la rupture d'enrobés bitumineux renforcés par des fibres* ». Ces travaux ont été réalisés en cotutelle avec l'Université de Téhéran, sous la direction de Messieurs Cédric SAUZEAT et Mahdi SAMADZAD.**

## **/// Résumé**

La fissuration est l'un des types de dégradation les plus critiques des chaussées bitumineuses souples. Le renforcement par des fibres a été largement reconnu comme une approche efficace pour améliorer les performances mécaniques et la résistance à la fissuration des enrobés bitumineux. La compréhension globale des mécanismes régissant le comportement des fibres sous différentes conditions de charge reste limitée. Par conséquent, cette étude visait à étudier le comportement à la rupture des enrobés bitumineux renforcés de fibres à l'aide d'une approche intégrée expérimentale et numérique. Au cours de la phase expérimentale, les effets

du type de fibre, de la longueur de fibre, de la teneur en fibres et de la température sur le comportement à la rupture des enrobés bitumineux sous des conditions de charge de mode I et de mode mixte I/II ont été évalués à l'aide de 216 éprouvettes de flexion semi-circulaire (SCB). Des fibres de verre ont été incorporées à des teneurs de 0,12 % et 0,25 % par rapport au poids total du mélange, tandis que des fibres de polyester ont été ajoutées à des teneurs de 0,25 % et 0,4 %. Deux longueurs de fibres, 12 mm et 18 mm, ont été prises en compte. Les essais ont été réalisés à des températures intermédiaires et basses (25 °C et -12 °C) sur des éprouvettes présentant différentes longueurs d'entaille. De plus, les propriétés viscoélastiques linéaires du mélange de granulats fins ont été caractérisées à l'aide d'essais de module complexe afin de fournir des paramètres d'entrée pour les simulations numériques. Les résultats expérimentaux ont démontré que le comportement à la rupture des enrobés bitumineux renforcés de fibres était fortement influencé par la température, le type de fibres, leur teneur et la longueur des liaisons. Les fibres de polyester ont affiché des performances supérieures après le pic de rupture grâce à leur meilleur ancrage mécanique dans le mastic bitumineux et à leur capacité à maintenir des mécanismes de pontage des fissures pendant la propagation de celles-ci. En revanche, les fibres de verre ont principalement amélioré la réponse avant le pic de rupture en augmentant la rigidité de l'enrobé. L'augmentation de la longueur et de la teneur des fibres de polyester a contribué à améliorer la capacité d'absorption d'énergie, à renforcer la résistance à la fissuration et à stabiliser le comportement de propagation des fissures. Au cours de la phase numérique, un modèle d'éléments finis 2D a été développé pour simuler le comportement à la rupture d'éprouvettes de SCB renforcées de fibres. L'enrobé bitumineux a été modélisé comme un système composite à trois phases composé de granulats, de fibres et de mortier bitumineux. Les granulats et les fibres ont été modélisés comme des matériaux élastiques linéaires, tandis que la phase de mortier a été représentée comme un matériau viscoélastique linéaire. L'amorçage et la propagation des fissures ont été simulés à l'aide d'une interface cohésive. Les résultats numériques ont montré une bonne concordance avec les résultats expérimentaux et ont fourni un aperçu détaillé des mécanismes de rupture qui ne peuvent être observés directement en expérience. Les simulations ont confirmé que les fibres améliorent la résistance à la rupture en redistribuant les contraintes, en retardant la propagation des fissures et en augmentant la dissipation d'énergie pendant la phase post-crête. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude ont démontré que le renforcement par des fibres, en particulier à l'aide de fibres de polyester recyclées, peut influencer le comportement à la rupture des enrobés

bitumineux, améliorant la résistance à la fissuration et la durabilité des chaussées. De plus, le cadre numérique mis au point peut servir d'outil efficace pour la conception et l'optimisation d'enrobés bitumineux renforcés de fibres destinés à des applications de chaussées durables.

## /// Jury

M. Cédric SAUZEAT	Ingénieur en chef des travaux publics de l'État	ENTPE	Directeur de thèse
M. Cesare SANGIORGI	Professeur	Université de Bologne	Rapporteur
Mme María del Carmen RUBIO GAMEZ	Professeure	Université de Grenade	Rapporteuse
M. Mahdi SAMADZAD	Professeur associé	Université de Tehran	Directeur de thèse
M. Mohammad Zia ALAVI	Docteur	Université de Tehran	Co-directeur de thèse
M. Mansour FAKHRI	Professeur	Khajeh Nasir Toosi University of Technology	Examineur
Orang FARZANEH	Université de Tehran	Invité	
M. Manouchehr LATIFI	University of Tehran	Invité	