

"Contribution à la compréhension du mûrissement des mélanges granulaires à l'émulsion de bitume" (spécialité Génie des Matériaux)

Soutenance le 25 novembre 2021 à 14h à Nantes

Composition du jury:

- Virginie Mouillet, directrice de recherche, CEREMA Méditerranée (rapporteuse)
- Guillaume Ovarlez, directeur de recherche, CNRS Université de Bordeaux (rapporteur)
- Brice Delaporte, docteur, Routes de France (examineur)
- Christophe Petit, professeur des Universités, Université de Limoges (examineur)
- Frédéric Grondin, professeur des Universités, Ecole Centrale de Nantes (examineur)
- Vincent Gaudefroy, directeur de recherche, Université Gustave Eiffel (directeur de thèse)
- Emmanuel Chailleux, directeur de recherche, Université Gustave Eiffel (co-directeur de thèse)
- Jean-Michel Piau, ingénieur des Ponts et Chaussées, Université Gustave Eiffel (invité)

Résumé:

La thèse porte sur la « Contribution à la compréhension du mûrissement des mélanges granulaires à l'émulsion de bitume ». Le matériau étudié, la grave-émulsion (GE), est un enrobé bitumineux utilisé pour la construction et l'entretien des chaussées routières. Il est composé d'un squelette granulaire continu et de bitume sous la forme d'une émulsion directe huile dans eau. L'eau contenue dans l'émulsion permet au matériau lors de l'étape de fabrication de répartir le liant dans le squelette granulaire de façon homogène sans chauffer la masse granulaire, contrairement aux enrobés usuels élaborés « à chaud » et une mise en œuvre aisée en assurant une lubrification des contacts entre les granulats. En effet, les constituants des enrobés à chaud doivent être séchés et chauffés, ce qui demande de l'énergie et génère des fumées pouvant impacter l'environnement et les travailleurs sur chantier. La présence d'eau dans la GE lui confère néanmoins un comportement hautement évolutif avec le temps. Sa rigidité augmente dans une phase appelée « mûrissement ». Ce comportement est en partie lié au séchage du mélange mais n'est pas encore bien compris et reste un verrou scientifique qui limite le recours à cette technique routière à fort potentiel environnemental. Pour mieux comprendre les mécanismes en jeu et les évolutions des propriétés de la GE lors du mûrissement, une méthodologie d'étude a été mise en place. Trois types de matériaux ont été soumis à différents essais : des échantillons fabriqués et mûris en laboratoire, des échantillons de matériaux récupérés sur chantier puis mûris en laboratoire, et des échantillons carottés sur chantier. Tout d'abord, des essais mécaniques de type œdométrique ont permis de suivre la rigidification du matériau avec le temps et en fonction de conditions climatiques maîtrisées. Ensuite, les liants des matériaux en cours de mûrissement ont été extraits et leurs niveaux d'oxydation ainsi que leur comportement rhéologique ont été mesurés. Pour tenter de mieux identifier les mécanismes mis en jeu dans le mûrissement, l'angle de contact entre une goutte de bitume déposée sur la surface d'une lame de verre a été mesuré afin d'évaluer les temps caractéristiques d'étalement du liant et de les comparer avec la cinétique de rigidification du mélange. Enfin en complément de cette approche expérimentale, une variable de mûrissement a été établie, permettant de modéliser l'évolution du module à partir des données expérimentales issues des campagnes d'essais mécaniques et du modèle de Huet et Sayegh.

Abstract:

This study deals with the “Contribution to the understanding of cold mix asphalt curing”. The studied material, cold mix asphalt for base course namely gravel-emulsion (GE), is a bituminous mixture for pavement composed of aggregates and emulsified bitumen (oil-in-water type). The water contained in the emulsion allows to disperse the binder in the aggregate backbone during the manufacturing step, and allows an easier mix implementation without heating aggregates, contrary to common hot mix asphalt process. Indeed, hot mix components have to be dried and heated, which requires a large amount of energy and generates fumes leading to stress environment and the workers on site. However the water presence gives a highly evolutive behaviour to the material with time. Its stiffness increases during a phase called “curing”. This behaviour is partly linked to the mix drying but is not completely understood yet, and remains a scientific problem that restricts the use of this high environmental potential road technique. To better understand the mechanisms involved during cold mix asphalt curing, a dedicated methodology has been implemented. Three types of materials were submitted to different tests: samples made and cured in laboratory, samples from loosed mix (from worksite) and then compacted and cured in lab, and samples cored on site. First of all, mechanical oedometric tests allowed the monitoring of the material stiffening with time and depending on controlled climatic conditions. Then, binders were extracted during curing and their oxidation levels and rheological behaviours were measured. In addition, the contact angle between a bitumen droplet and a glass substrate was measured to evaluate the spreading characteristic times of the binder and compare them to the mix stiffness kinetics. Finally, a curing variable was defined, allowing the modelling of the modulus evolution thanks to experimental data from test campaigns and the Huet and Sayegh model.