

## **Soutenance de thèse de Talita De Freitas Alves, "Thermomechanical behaviour of bituminous layers containing rigid inserts for eRoads"**

La soutenance aura lieu le 26 Septembre à L'université de Sao Paulo, Brésil (10h30 heure de Sao Paulo) (15h30 heure de Nantes).

Cette thèse en cotutelle "Université Gustave Eiffel\Ecole Centrale de Nantes" est inscrite dans le projet COFECUB "ACCESS4FUTURR"

Ci-dessous les résumés en anglais et en français.

### ABSTRACT

In general, four factors need to be accurately and simply accounted for in the design of flexible pavements: traffic and loading, environmental conditions, materials properties and failure criteria (HUANG, 2004) . The inclusion of charge-while-drive technologies inside road infrastructures modifies not only the common disposal of layers, but also the overall response of the structure to thermal and mechanical loadings. In order to quantify the impact of these inclusions on the performance of flexible pavements, this study proposes both numerical and experimental methodologies to measure temperature, stress and strain evolutions within electrified roads (eRoads). By means of transient 2-D FEM thermo-viscoelastic simulations, traditional and electrified road profiles were subjected to daily temperature fluctuations and to traffic. The eRoad studied contains electrified rails embedded in the bituminous wearing course, a case of particular interest due to its direct exposure to traffic and climate. The response of the structures was analysed and compared to admissible values commonly assessed to predict distresses: the vertical compressive strain on the top of the subgrade (permanent deformation) and the horizontal tensile strain at the bottom of the bituminous layer (fatigue life). The rigid inserts were found to affect the temperature distribution inside the layers. The repeated volumetric variations of each component due to temperature fluctuations generated strain in the bituminous layer, in magnitudes that can lead to premature failure and cracking. In the laboratory, a thermal test was proposed to evaluate eRoad specimens undergoing warm and cold cycles by means of Digital Image Correlation (DIC) technique. The application of the DIC technique to obtain the contraction/expansion thermal coefficients of the materials is considered accurate and reliable, although some boundary conditions of the test might need improvements to minimize external sources of deformation and background noise. The strain fields measured numerically and experimentally lead to the same conclusion: the rigid inserts generate additional strain along the interface of the charging unit and the bituminous layer solely due to daily temperature fluctuations. The thermo-viscoelastic model proposed and the experimental set-up have a great potential to assess innovative pavement profiles (inductive and conductive eRoads).

Keywords: Electrified roads; Viscoelasticity; Finite Elements Method; Digital Image Correlation.

### RÉSUMÉ

En général, quatre facteurs doivent être pris en compte avec précision et simplicité lors de la conception des chaussées souples : le trafic, les conditions environnementales, les propriétés des matériaux et les critères de défaillance (HUANG, 2004) . L'inclusion de technologies de charge de véhicules en mouvement à l'intérieur des infrastructures routières modifie non seulement la disposition commune des couches, mais également la réponse globale de la structure aux sollicitations thermiques et mécaniques. Afin de quantifier l'impact de ces inclusions sur les performances des chaussées, cette étude propose des méthodologies à la fois numériques et expérimentales pour mesurer les évolutions de température, de contraintes et de déformations au sein des routes électrifiées (eRoads). Au moyen de simulations thermo-viscoélastiques transitoires en 2D en utilisant la Méthode des Éléments Finis (MEF), des profils routiers traditionnels et électrifiés ont été soumis aux fluctuations de température quotidiennes et au trafic. L'eRoad étudiée

contient des rails électrifiés encastrés dans la couche de roulement bitumineuse, un cas particulièrement intéressant en raison de son exposition directe au trafic et au climat. La réponse des structures a été analysée et comparée à des valeurs admissibles couramment évaluées pour prédire l'endommagement : la contrainte de compression verticale sur le dessus du sol de fondation (déformation permanente) et la contrainte de traction horizontale sur le bas de la couche bitumineuse (durée de vie). Il a été constaté que les inserts rigides affectaient la répartition de la température à l'intérieur des couches. Les variations volumétriques répétées de chaque composant dues aux fluctuations de température ont généré des contraintes dans la couche bitumineuse, d'un ordre de grandeur pouvant entraîner une rupture et une fissuration prématurées. En laboratoire, un test thermique a été proposé pour évaluer les échantillons eRoad subissant des cycles chauds et froids au moyen de la technique de Corrélation d'Images Numériques (CIN). L'application de la technique DIC pour obtenir les coefficients thermiques de contraction/dilatation des matériaux est considérée comme précise et fiable, bien que certaines conditions aux limites de l'essai puissent nécessiter des améliorations pour minimiser les sources externes de déformation et de bruit de fond. Les champs de déformation mesurés numériquement et expérimentalement conduisent à la même conclusion : les inserts rigides génèrent des contraintes supplémentaires le long de l'interface de l'unité de chargement et de la couche bitumineuse dues uniquement aux fluctuations quotidiennes de température. Le modèle thermo-viscoélastique proposé et le montage expérimental ont un grand potentiel pour évaluer des profils de chaussée innovants (eRoads inductives et conductrices).

Mots clés: Routes électrifiées; Enrobés bitumineux; Viscoélasticité; Méthode des éléments finis; Corrélation d'images numériques.