

# THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641  
*Mathématiques et Sciences et Technologies  
de l'Information et de la Communication*  
Spécialité : *Informatique*

Par

**Abdelgader ABDELMUHSEN**

**Application of Artificial Intelligence in the Exploitation of Deflection Measurements for the Mechanical Characterization of Pavement Structures**

Thèse présentée et soutenue à l'université Gustave Eiffel - Nantes, le 30 septembre 2024  
Unité de recherche : LAMES - MAST - Université Gustave Eiffel

## Rapporteurs avant soutenance :

Dr. Khalil EL Khamlichi Drissi    Professeur des universités - Université Clermont Auvergne  
Dr. Simona Fontul    Enseignant chercheur (Assistant Professor) - LNEC - Portugal

## 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 :	
Dr. Khalil EL Khamlichi Drissi	Professeur des universités - Université Clermont Auvergne
Dr. Simona Fontul	Enseignant chercheur (Assistant Professor) - LNEC - Portugal
Dr. Fekri Meftah	Professeur des universités - INSA Rennes
Dr. Yide Wang	Professeur des universités - Université de Nantes
Dr. Amine Ihamouten	Dir. de thèse - IDTPE - HDR - Université Gustave Eiffel
Dr. Franziska Schmidt	Co-dir. de thèse - IDTPE - HDR - Université Gustave Eiffel

## Invité(s) :

Dr. Jean-Michel Simonin : Chargé de recherche - Directeur de laboratoire (LAMES - MAST) - Université Gustave Eiffel

**Titre :** Application de l'intelligence artificielle à l'exploitation des mesures de déflexion pour la caractérisation mécanique des structures de chaussées

**Mot clés :** Évaluation structurale, Modélisation du comportement mécanique des chaussées, Module d'élasticité, Défectomètre à grande vitesse (TSD), Pente de déflexion, Apprentissage automatique (ML)

**Résumé :** Cette thèse présente un modèle et une méthodologie efficaces basés sur l'apprentissage automatique (ML) pour l'estimation du module d'élasticité des couches de chaussée ( $E_i$ ). Cette approche novatrice utilise des mesures de pente de déflexion TSD ( $D_S$ ) plutôt que la méthode classique de déflexion. Le modèle inverse développé dans le cadre de cette recherche repose sur des données issues de logiciels (Alizé-LCPC) reconnus par les praticiens et d'un simulateur expérimental externe, garantissant ainsi leur conformité aux conditions réelles. De plus, un processus de validation paramétrique avancé

a été exécuté pour valider leur performance. Ce modèle surmonte non seulement les défis liés à l'estimation précise de  $E_i$ , mais mène également une analyse de sensibilité quantitative rigoureuse. Cette analyse examine systématiquement les impacts négatifs de quatre défis majeurs : la complexité des données TSD en haute dimension, l'influence du bruit de mesure, les variations de température, et les incertitudes de  $E_i$  des autres couches. Tout cela vise à souligner l'objectif principal : apporter des contributions précieuses au domaine de la mécanique des chaussées.

**Title:** Application of Artificial Intelligence in the Exploitation of Deflection Measurements for the Mechanical Characterization of Pavement Structures

**Keywords:** Bearing Capacity Assessment, Pavement Behavior Modeling, Pavement Elastic Modulus, Traffic Speed Deflectometer, Deflection Slope, Machine Learning

**Abstract:** This thesis presents an effective model and methodology based on machine learning (ML) for estimating the elastic modulus of pavement layers ( $E_i$ ). This innovative approach uses deflection slope measurements from TSD ( $D_S$ ) rather than the classical deflection method. The inverse model developed in this research is based on data from industry-recognized software (Alizé-LCPC) and an external experimental simulator, ensuring their conformity with real-world conditions. An advanced parametric valida-

tion process was also executed to validate the model performance. Moreover, a quantitative sensitivity analysis has been conducted to investigate the negative impacts of four major challenges: the complexity of high-dimensional TSD data, the influence of measurement noise, temperature variations, and uncertainties in  $E_i$  of other layers. All of this aims to underscore the primary objective: to make valuable contributions to the field of pavement mechanics.