

Utilisation d'essais en vraie grandeur avec simulateur de trafic (MLS 10) : Applications aux Dégradations et à l'Amélioration de la Maintenance d'une chaussée

Y. OUBAHDOU¹, B. PICOUX¹, P. REYNAUD¹, A. MILLIEN¹, J. DOPEUX¹, M. METROPE¹, C. PETIT¹

¹ **GC2D** Laboratoire de Génie Civil, Diagnostic - Université de Limoges, 17 Boulevard Jacques Derche, 19300 Egletons - France. yamina.oubahdou@unilim.fr,

RESUME.

Un essai sur chaussées en vraie grandeur (APT : Accelerated Pavement Testing) est effectué par l'application du chargement contrôlé d'un poids lourd en utilisant un prototype d'une roue standard. Les essais à grande échelle avec Mobile Load Simulator (MLS10) sont présentés dans cet article. Une chaussée à paramètres contrôlés ou constants à l'intérieur d'un bâtiment isolé a été construite et soumise à un trafic contrôlé avec un total de 100 000 cycles d'une charge de 65 kN passant sur une période de 15 jours. Pour étudier le comportement de la chaussée tout au long de l'historique de chargement, la chaussée a été instrumentée avec différents capteurs. Cet article présente quelques analyses des résultats des essais réalisés par le simulateur de trafic ML10 dans le but d'étudier la performance de ce dernier et de déterminer la durée de vie des chaussées en service afin d'évaluer les mesures de maintenance.

Mots-clefs Simulateur de trafic, chaussée instrumentée, fatigue

I. INTRODUCTION

Cet article s'inscrit dans le cadre du projet MACADAM « Modélisation Avancée des Chaussées : Applications aux Dégradations et à l'Amélioration de la Maintenance », financé par l'Agence Nationale de la Recherche. L'objectif de ce projet collaboratif, réunissant deux laboratoires de recherche tel que le laboratoire de la Nouvelle Aquitaine GC2D-Egletons et le laboratoire LAMCOS de Lyon est de modéliser et maîtriser la dégradation des couches de surface de chaussées en vue de l'optimisation de leur maintenance.

Les chaussées sont conçues pour de longues durées de service (20 à 30 ans). Les essais en laboratoire, aussi précis qu'ils soient, ne permettent pas d'évaluer objectivement les réelles performances des chaussées en service. L'apparition des nouveaux matériaux se trouvent ainsi freinés par les longs délais nécessaires aux retours d'expérience et aux bilans des techniques effectués sur chaussées réelles.

Les essais sur chaussées en vraie grandeur (APT) sont l'application d'une charge contrôlée d'un camion à l'aide d'un prototype de roue de camion à une charge limite définie, pour évaluer les performances mécaniques de la chaussée, la durée de vie ainsi que les mécanismes de dégradation pendant une courte durée.

En 2006, Mobile Load Simulator (MLS10) fut développé en Afrique du Sud en collaboration avec les Laboratoires fédéraux suisses pour la science et la technologie des matériaux EMPA.

Cette machine a fonctionné principalement dans tous les pays pour Astra Management Suisse pendant dix ans. Depuis 2019, le laboratoire GC2D a acheté MLS10 et a désormais intégré le simulateur dans deux projets français appelés MACADAM (ANR) et DECOUSUR (projet Nouvelle Aquitaine) avec des recherches communes liées à la conception des couches de surface. Dans le cadre du projet national MACADAM, des travaux expérimentaux visent à répondre concrètement à la dégradation des couches superficielles en reproduisant la charge favorisant l'orniérage et la fissuration par le haut (communément appelée Top-down Cracking ou TDC) dans des conditions de température bien maîtrisées. Dans ce qui suit, les résultats des tests MLS10 sur une chaussée instrumentée sont présentés. L'objectif principal est de discuter les premiers résultats du simulateur de trafic MLS10 sur la chaussée conçue spécifiquement à l'intérieur d'un hall isolé conformément à la réglementation thermique 2012 (RT2012) et de développer une base de référence pour de futures expériences qui se concentreront sur la couche de surface.

II. CONFIGURATION DES ESSAIS EN VRAIES GRANDEURS SUR LA CHAUSSEE

II.1. STRUCTURE DE CHAUSSEE

Les premiers essais en vraies grandeurs ont été réalisés sur une plate-forme technique de chaussée construite dans le nouveau hall du laboratoire GC2D (Fig 1 à gauche).



FIGURE 1. (à gauche): Remplissage de la fosse (à droite) : Mise en œuvre des enrobés.

La fosse de 3 m de largeur, 8 m de longueur et 1,90 m de profondeur a d'abord été remplie de 0,20 m de gravier de drainage 20/40 recouvert de géotextile et de 0,77 m de sable granitique compacté comme couche de fondation. La sous-base était constituée de 0,85 m de gravier granitique. Les capacités portantes ont été mesurées avec l'essai de plaque et ont atteint 20 MPa pour la fondation et 83 MPa pour la sous-base. La structure de la chaussée a été choisie conformément aux spécifications françaises du catalogue de conception (SETRA, 1998) et consiste en un mélange à chaud haute performance innovant de 0,08 m pour la base et une couche d'usure de 0,04 m de béton bitumineux mince (BBM0 / 10 35/50) (Fig 1 à droite).

II.2. CONFIGURATION DU MOBILE LOAD SIMULATOR (MLS10)

MLS10 (Fig.2) est une machine dynamique composée de quatre bogies mobiles. Chaque bogie est équipé de deux pneus (Fig 3) de référence 295/65 R22.5 (940 mm de diamètre). La charge maximale sur chaque essieu double est de 65 kN à vitesse maximale. Le système est conçu pour permettre aux bogies de se déplacer à une vitesse maximale de 22 km/h. La charge maximale peut être augmentée lorsque la vitesse est réduite (Partl et al., 2015). La machine charge la chaussée avec un pneu unidirectionnel sur une longueur d'environ 4,2 m.

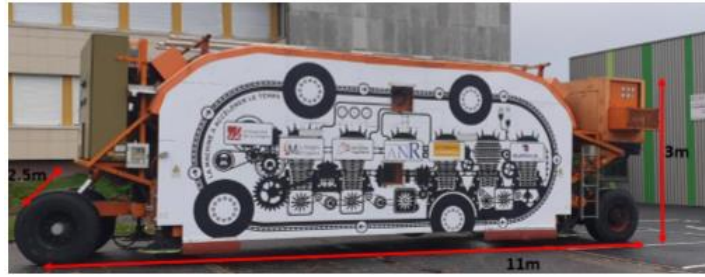


FIGURE 2. Simulateur de trafic MLS10

La charge à l'essieu est appliquée sur la chaussée par deux vérins hydrauliques alimentés. La pression de gonflage de la roue est réglée sur 900 kPa. La charge de la roue a été ajustée à 65 kN avec une échelle statique calibrée et contrôlée avec le système de capteur Tekscan (Tekscan, 2006). La vitesse de roulement a été réglée à 3 m/s (10,8 Km/h), permettant 3000 cycles par heure.

III. MESURES ET RESULTATS

Pour répondre aux différents objectifs de nos travaux de recherche, une instrumentation importante a été mise en place dans la couche de surface et la couche de base. Des données à évolution lente (ornièrre, température) et d'autres à cinématique rapide comme les déformations transversales et longitudinales ont été collectées. Les capteurs sont situés sur la longueur active des charges de roue du MLS10 (4,2 m). Deux systèmes de mesure de déformation ont été mis en œuvre : des jauges de déformation et des capteurs de déformation optiques basés sur un réseau de Bragg à fibre optique (FBG) (Petit, 2019). Dans cet article nous ne présentons que les résultats des mesures des déformations longitudinales issues des capteurs en fibre optique.

III.1. DEFORMATION LONGITUDINALE

Au bas de la couche de base, deux lignes FBG incluses dans une nappe tissée ont été utilisées, l'une dans l'axe de la chaussée et l'autre à 10 cm de l'axe. Dans chaque ligne, quatre capteurs d'une longueur active de 10 mm ont été implantés (voir Fig. 3). Le but de l'utilisation de capteurs à fibre optique est ici de vérifier les possibilités d'utilisation de ce type de capteurs dans des conditions de roulement et surtout leur durabilité.

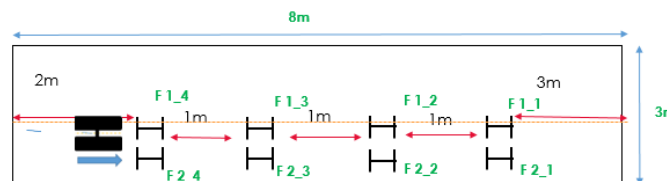


FIGURE 3. Disposition des capteurs en fibre optique FBG

La figure 4 montre que la déformation au milieu du chemin de chargement est un peu plus importante (de l'ordre de 5%) que celle sur la ligne à 10 cm à droite, correspondant au côté gauche de la roue droite

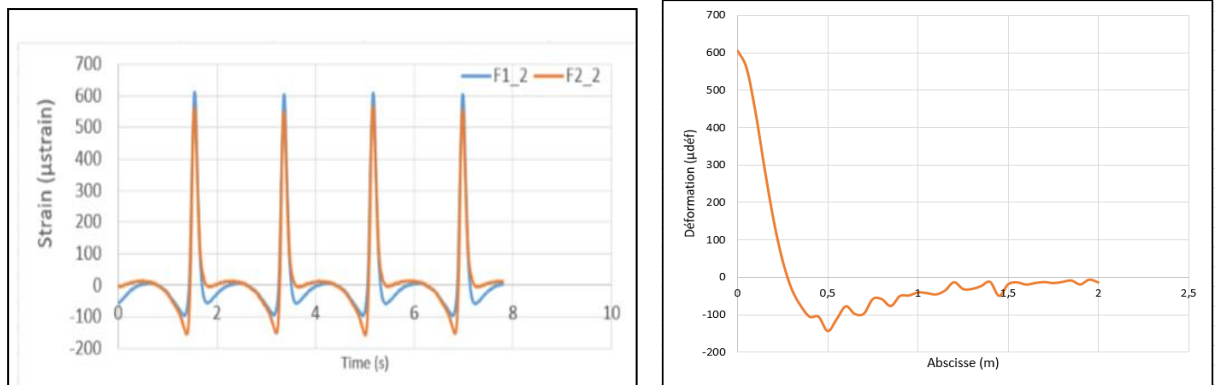


FIGURE 4. (à gauche): Déformations (ϵ_{xx}) mesurées par le capteur FBG (100749 cycles)
(à droite) : Déformations (ϵ_{xx}) calculé par ALIZEE-CPC

Le calcul des déformations longitudinales (ϵ_{xx}) sous une charge de type "jumelage standard" est effectué afin de simuler correctement le fonctionnement des différents capteurs implantés dans la couche bitumineuse. A une température de mesure moyenne de $30,4^{\circ}\text{C}$ dans la couche de base, la déformation longitudinale mesurée par la fibre optique est de $600\ \mu\epsilon$ (Fig.4) identique à la déformation calculée à partir du logiciel de calcul français ALIZEE-LCPC $605,27\ \mu\epsilon$ (Fig.4). L'expérience et la modélisation pseudo-élastique sont en accord en raison de l'état contrôlé et constant des paramètres de température dans la fosse.

IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'objectif principal de cet article était d'introduire de nouveaux tests sur les essais accélérés de la chaussée et le calibrage du simulateur du trafic MLS10. Une nouvelle technique comme la fibre optique a été discutée dans cet article pour étudier la réponse mécanique de la chaussée. Les résultats obtenus par les essais à grande échelle avec MLS10 ont montré que nous sommes en mesure de reproduire en laboratoire les dégradations réelles de la couche de surface à partir de la charge actuelle du camion et d'analyser finement les contraintes induites à la surface et dans la couche supérieure. L'ensemble « chaussée instrumentée, méthode de mesure et simulateur de trafic actuel » devrait nous permettre dans un avenir proche de mieux comprendre les mécanismes de dégradation de surface.

V. BIBLIOGRAPHIE

- Partl, M.N., Raab, C., and Arraigada, M., « Innovative Asphalt Research Using Accelerated Pavement Testing », *J. Mar. Sci. Technol*, 23, 269–280, 2015.
- Petit, C., Lesueur, D., Millien, A., Leguernevel, G., Dopeux, J., Picoux, B., Allou, F., Tehrani, F., « Smart Geosynthetic for Strain Measurements in Asphalt Pavement ». EATA, Granada, Spain, 2018.
- SETRA, Catalogue des structures types de chaussées neuves, Réseau routier national, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1998.
- Tekscan : I-Scan User Manual, Tactile force and pressure measurements 452 system, v. 5.8x, published by Tekscan Inc, South Boston, Mass., USA, 2006.