

## Fiche bilan de l'appel à projets Ponts Connectés (2021-2023)

**Nom du projet : MAJ (Maintenance prédictive des Joints de chaussées)**

### LE CONSORTIUM

**Partenaires : Freyssinet International & Cie (FIC), Freyssinet France (FF), Synpas'Up (Vinci Construction France - VCF)**



**Montant du projet : 394 397 €**

**Ouvrage(s) instrumenté(s) : 84 lignes de joints de chaussées ont été instrumentées.**

### LE PROJET

Le projet se propose d'apporter un saut technologique à l'instrumentation des joints de chaussées, en développant une oreille experte numérique, entraînée par intelligence artificielle, qui reconnaisse l'endommagement d'un joint de chaussée en fonction du bruit produit au passage de véhicules. Le livrable de ce projet est un démonstrateur de la faisabilité d'une maintenance prédictive des joints de chaussée.

### LES AVANCEES TECHNIQUES

Le premier travail a consisté à tester différents microphones et réglages d'enregistrements, ainsi que la place relative du microphone par rapport au joint de chaussées, pour avoir un son exploitable. Nous avons alors réalisé quatre valises d'enregistrements utilisées sur divers sites en France.

84 enregistrements ont été effectués pour plus de 680 heures de données sonores. Chaque prise de son a donné lieu au remplissage d'un formulaire, dans lequel différentes informations ont été consignées. Notamment : le type de joint, le lieu, la date, l'état du joint, le type éventuel de dégradation, le matériel d'enregistrement, la position d'enregistrement par rapport au joint. Nous nous sommes concentrés sur l'analyse d'un joint du type « WRB », dont les données ont été les plus nombreuses.

L'analyse des fichiers se fait au travers de plusieurs étapes :

- Découpe des fichiers audio en segments de 10 minutes, exploitables par un ordinateur standard.
- Filtration du signal audio pour mettre en évidence les bruits de passage de véhicules sur le joint.

- Identification de passages, segmentation du signal audio en fenêtres centrées sur les passages.
- Représentation temps-fréquence du signal audio : transformation du son en image.
- Réalisation d'un modèle de machine learning sur ces images :
  - Choix d'une métrique pour évaluer les performances du modèle. Nous avons défini un indicateur dont l'objectif est de maximiser la détection d'une défaillance, et qui limite les faux positifs.
  - Entraînement sur une partie des données.
  - Test sur une autre partie des données.
  - Le modèle est entraîné et testé sur des jeux de données de plus en plus grandes. Dans la dernière phase, tous les enregistrements des WRB sont utilisés. Nous avons augmenté progressivement le nombre d'enregistrements pour l'entraînement et suivi la performance du modèle en test sur les N+1<sup>e</sup> données.

Chaque étape fait intervenir un certain nombre de paramètres, que nous avons optimisés pour obtenir le modèle ayant la meilleure détection de l'état du joint de chaussée.

A l'issue de ce travail, nous avons produit un modèle qui permette, pour le WRB, de détecter 100% des cas de défaillances, et qui ne produise que 50% de faux positifs. Lorsque le joint est endommagé, l'analyse a permis d'identifier la signature sonore de deux types de défaillances (l'une révélatrice d'un début d'endommagement, l'autre symptomatique d'un endommagement sévère).

Enfin, nous avons développé un prototype d'infrastructure informatique (une plateforme MLOps), qui permette de traiter des données acquises en continu.

## LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Le démonstrateur mis en œuvre dans le cadre du projet MAJ est un objet de R&D qui n'est pas déployable en l'état : autonomie de 24 h, transfert et exploitation manuels des données, modèle IA dédié à quelques cas. Un développement est nécessaire pour aboutir à une solution exploitable par les gestionnaires.

S'il était mis en œuvre directement, le modèle IA développé aujourd'hui permettrait, pour les joints WRB déjà étudiés, de déclencher d'une part une maintenance dans tous les cas où il y en a besoin et d'éviter d'autre part de réaliser une inspection inutile dans 50% des cas. Dans le cadre d'un développement complémentaire, l'objectif serait d'entraîner le système sur d'autres joints de chaussées, sur de plus longues durées et de soustraire l'effet de biais (température ambiante, vitesse des véhicules, etc.) afin de pouvoir généraliser le modèle IA à d'autres types de joints de chaussées et améliorer la prévision du système notamment concernant les faux positifs.

Différentes solutions techniques sont envisagées. Il est maintenant crucial d'établir le cahier des charges d'un système industriel, et de vérifier la pertinence de poursuivre le développement. A cette fin, nous rencontrons des exploitants d'infrastructures routières, discutons du concept technique, et réfléchissons à un modèle économique viable.

## LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

Plusieurs bénéfices sont attendus du système :

- Système d'alertes précoces pour anticiper les désordres et diminuer le risque d'accident des usagers.
- Diminution de la gêne occasionnée aux usagers par une meilleure anticipation des fermetures de voies.

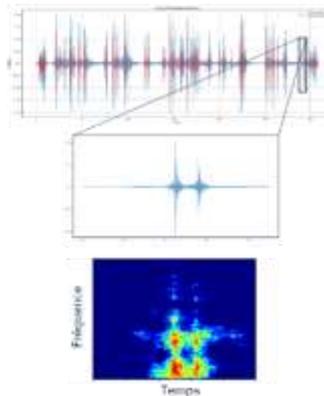
- Lissage des dépenses des gestionnaires d'ouvrages en phase avec leurs budgets annuels de maintenance.
- Réduire le nombre d'inspections inutiles et les coûts associés.
- Compétitivité accrue d'entreprises françaises dans le domaine des joints de chaussées et utilisation de l'intelligence artificielle au service du génie civil.
- Optimiser la conception, la procédure d'installation et de maintenance des joints de chaussée pour assurer un meilleur niveau de service.

## LES PHOTOGRAPHIES

**Enregistrement** du bruit de passage de véhicules sur des joints de chaussées

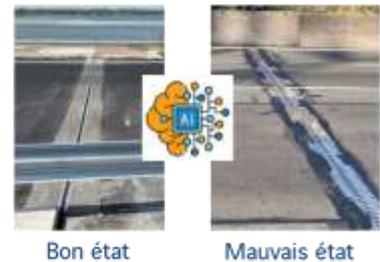


**Traitement** du signal audio (découpage, filtration, extraction, représentation temps-fréquence)



**Machine learning**: entrainer un modèle à associer un bruit à un état du joint.

Livrable = prototype de modèle IA



Vue générale du fonctionnement du projet



Localisation des lignes de joints de chaussées instrumentées dans le cadre du projet MAJ



Valise d'enregistrement à Wasquehal (bretelle d'accès RN656 depuis Roubaix direction Lille), à gauche, et à droite : à Mende (Viaduc du Lot, N1088)