

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

Nom du projet : VIASAGAX

LE CONSORTIUM

Partenaires : CD34, EUROVIA, FREYSSINET



Montant du projet :

Ouvrage(s) instrumenté(s) : Pont suspendu de Thézan-lès-Béziers (34)

LE PROJET

Le projet ViaSagax vise à détecter les surcharges sur les Ouvrages d'Art, préventivement de préférence et également avec une quantification des effets quand elles surviennent. Dans le cadre de ce projet, un ouvrage représentatif est proposé par le CD 34, également partenaire du projet, pour déployer une solution complète de classification des charges roulantes et de qualification des effets de leur passage. L'ouvrage est le pont sur l'Orb à Thézan-lès-Béziers.

Le projet s'articule à la fois autour de l'instrumentation des chaussées et l'exploitation des données grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle pour un avertissement en temps réel sous le dépassement des charges autorisées (Smart Via), et de l'instrumentation de la structure du pont, afin de reconnaître l'endommagement de l'ouvrage ou de ses équipements en fonction de la modification des modes propres de l'ouvrage ainsi que le dépassement des contraintes (Smart Pontem). Le couplage des deux concepts a pour intérêt de croiser les données issues des différents capteurs, le dépassement d'un seuil de poids pouvant être confirmé par les deux systèmes. De plus, l'alerte donnée pour un convoi trop lourd peut entraîner l'analyse du comportement de l'ouvrage à la suite du passage, afin de quantifier les effets.

LES AVANCEES TECHNIQUES

La partie Smart Via est située en amont et en aval de l'ouvrage concerné afin de prévenir le passage d'éventuelles surcharges. Elle est basée sur la mesure du poids des véhicules roulant sur la chaussée par pesée dynamique à l'aide de géophones. L'étalonnage des mesures est réalisé à l'aide d'algorithmes d'intelligence artificielle permettant de déduire la charge sur chaque essieu, afin d'alerter lors du passage d'un convoi dangereux pour l'ouvrage.

Un premier prototype de capteur permettant la mesure de la déflexion de chaque essieu d'un véhicule lors de son passage a été réalisé et testé lors d'une campagne d'essai sur l'ouvrage. Les essais comprenaient le passage de plusieurs convois calibrés à différentes vitesses et pour différentes charges et pour plusieurs températures de chaussée. Il s'agit d'un capteur cylindrique

réalisé par A3IP intégrant six sondes de température et un géophone relié à un ordinateur pour l'acquisition des données. Ce capteur est intégré dans la chaussée après carottage.

Les signaux de déflexion reçus montrent aisément le passage des convois et diffèrent en fonction de la charge et de la vitesse, ce qui valide le bon dimensionnement du capteur. Les mesures ont été traitées afin d'extraire le pic maximal de déflexion de chaque essieu lors de passages et d'entraîner un algorithme d'apprentissage automatique. L'analyse des résultats a mis en évidence la présence de corrélations entre les différentes variables (déflexion, charge sur la roue, vitesse du véhicule, température de l'enrobé, jumelage des roues du véhicule) mais aussi la présence d'une importante variation dans les données enregistrées que l'on suppose être due à l'effet des surcharges dynamiques du véhicule et à l'axe de passage de la roue du véhicule au-dessus du capteur. Le traitement par modèle d'IA met en évidence la limitation de certains modèles et leur forte dépendance à la qualité des données d'entraînement.

La partie Smart Pontem se concentre sur l'ouvrage et consiste à positionner des capteurs adaptés à la nature de l'ouvrage et aux points sensibles à surveiller, par exemple le monitoring des joints de chaussées ou des appareils d'appui. L'ouvrage a aussi été modélisé par éléments finis afin de comparer les résultats de l'expérimentation à la théorie.

9 suspentes du pont suspendu, réparties au centre de la travée ou proche des appuis, ont été équipées de capteurs dynamométriques, d'accéléromètres et de sonde de température, afin de déterminer les efforts dans les suspentes ainsi que les déplacements du tablier pendant le passage des convois calibrés. Ces capteurs ainsi que la centrale d'acquisition sont déjà à disposition pour d'autres applications de monitoring et ont été adaptés pour fonctionner sur l'ouvrage et récolter les signaux.

Un protocole de traitement des mesures a été mis en place permettant de concentrer les informations reçues afin de les rendre exploitables.

L'analyse des résultats valide la capacité de l'instrumentation à différencier et classifier le passage des convois en fonction de la vitesse et du poids, même pour les véhicules non calibrés passant entre les passages test lors de la campagne d'essai. La différence de contrainte mesurée correspond aux résultats du modèle pour la plupart des suspentes. Des différences ont été observées, que l'on peut attribuer à un défaut de connaissance de l'ouvrage, en particulier le pesage des suspentes. Les principaux modes propres mesurés de l'ouvrage sont ceux prédits par la modélisation et le positionnement des capteurs permet d'en observer plusieurs.

LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Les travaux réalisés tendent à valider le principe de la pesée dynamique de véhicules (notamment de poids lourds) par la mesure de la déflexion de la chaussée au passage du véhicule, bien qu'il reste encore des incertitudes. Cependant cette pesée dynamique ne peut pas être effectuée qu'avec un seul capteur, un chapelet de capteur est nécessaire pour palier les incertitudes et biais relevés par l'étude. Des propositions de dispositions de capteurs sont ainsi effectuées.

Une autre manière de procéder est possible pour lier la charge du poids lourd à la mesure de déflexion, il s'agit de l'utilisation du calcul inverse avec, par exemple, le modèle BURMISTER disponible via les logiciels de dimensionnement de chaussée ALIZE-LCPC ou ODIN. Cela sera le sujet de prochains travaux.

Enfin, il reste un aspect de la physique de l'enrobé qui a été mis de côté ici. Il s'agit de l'étude l'impact de l'évolution des propriétés et la chaussée instrumentée (fatigue) sur la valeur de la

déflexion et de son influence sur la pesée dynamique. C'est un aspect primordial pour une validation définitive du concept et qui fera l'objet de prochaines études.

Les données issues de l'instrumentation Smart Pontem et leurs analyses confirment la sensibilité de l'ouvrage au trafic et la qualité des relations qui peuvent être établies comme lois de comportement.

Le traitement utilisé préfigure l'algorithme qui pourrait agir sur les mesures dans le cadre d'une surveillance de l'ouvrage, et qui procurerait :

- Une classification du trafic par période, en sens de passage, vitesse de traversée et masse du véhicule traversant,
- Une détection des dérives de fréquences modales susceptibles de révéler des modifications de raideur,
- Une détection des dérives des amortissement modaux après passages, susceptible de révéler un endommagement.

Cependant, pour ces deux dernières possibilités, un travail complémentaire sur la modélisation de l'ouvrage est requis pour procurer les emplacements préférentiels, les sensibilités nécessaires et les dérives à évaluer.

Ce que nous avons déployé pour cette campagne n'a pas été totalement optimisé pour cela, emplacements et matériels, mais a pu montrer que des informations utiles étaient accessibles assez facilement.

Une nouvelle campagne dont l'objectif serait de valider le comportement prédit de l'ouvrage par le modèle, situant les emplacements les plus sensibles, du type de ceux effectués ou d'autres, avec un traitement permettant de révéler des caractéristiques en rapport avec un état structurel, l'ensemble constituant les indicateurs de bonne santé, pourrait être proposé.

LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

Le projet répond aux objectifs généraux de l'appel à projets « Ponts connectés », à savoir :

- Un système peu onéreux permettant une large diffusion,
- Un système peu vulnérable aux intempéries, au vieillissement et économe en énergie,
- Un système qui contribue à la gestion des ouvrages selon les méthodes classiques, comme celles portées par l'ITSEOA,
- Un système « certifiable » quant à ses performances,
- Une méthode de détection d'anomalies largement automatisée,
- Une instrumentation permettant le suivi long terme des ouvrages.

La solution apporte aux gestionnaires d'infrastructures un système d'alertes préventives et précoces, permettant non seulement de verbaliser les dépassements mais aussi d'anticiper les maintenances. Il en résulte une diminution du risque d'accidents liés au dépassement des contraintes et une meilleure anticipation des travaux à effectuer sur l'ouvrage.

LES PHOTOGRAPHIES



Figure 1 : Instrumentation Smart Pontem, accéléromètre (gauche) et dynamomètre (droite)

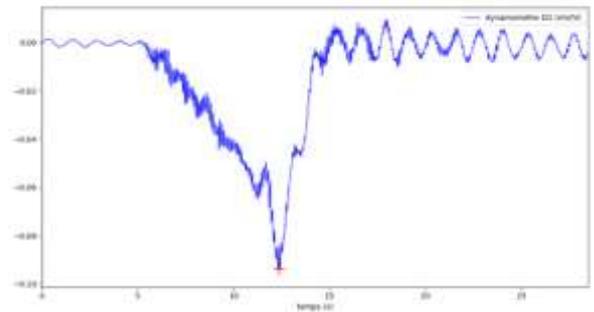


Figure 2 : Exemple de signal capté par un dynamomètre lors du passage d'un convoi



Figure 3 : Chaussée instrumentée par un géophone

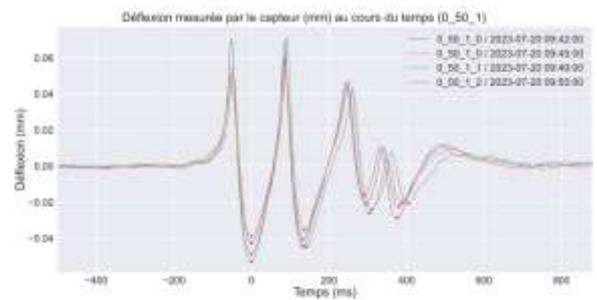


Figure 4 : Exemple de signal capté par le géophone pour plusieurs passages à 10 km/h



Figure 5 : Chargement du convoi calibré pour les essais



Figure 6 : Passage du convoi sur l'ouvrage instrumenté