

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

Nom du projet : IA² - Indicateur Adimensionnel par Instrumentation et Assimilation de données pour le contrôle de santé des ouvrages : application aux affouillements

LE CONSORTIUM

Partenaires :

- Sixense Engineering
- Sixense Monitoring
- Université Gustave Eiffel
- COFIROUTE
- Département du Lot



Montant du projet : 633 k€

Ouvrages instrumentés :

- Viaduc sur la Loire de l'A85 à Langeais (bipoutre mixte)
- Pont de Gagnac sur Cère (pont voûte en maçonnerie)

LE PROJET

L'objectif initial du projet IA² était de concevoir un procédé industriel, sans intervention humaine, sobre en instrumentation sur ouvrage comme en calcul, capable de détecter et localiser des anomalies typiques de ponts : affouillements en pied de piles ou endommagements du tablier. L'outil s'appuiera sur la généricité inhérente à deux familles d'ouvrages, les ponts mixtes et les ponts voûte en maçonnerie.

Deux ouvrages réels représentatifs de ces 2 familles ont été instrumentés pour les besoins du projet : le pont bipoutre mixte de l'A85 sur la Loire et le pont voûte de Gagnac sur Cère (Lot).

Deux pistes de recherche ont été explorées :

- **Volet dynamique** : exploitation de données fournies par des accéléromètres sous bruit ambiant
- **Volet statique** : exploitation des données fournies par des jauges de contraintes sous charges de trafic

LES AVANCEES TECHNIQUES

- **Volet dynamique**

L'affouillement d'une fondation de pile est réputé réduire la raideur de celle-ci. Cet assouplissement impacte certains paramètres dynamiques de l'ouvrage. La solution projetée guetterait cet impact à travers l'analyse vibratoire de l'ouvrage afin de détecter, de manière précoce, indirecte et conséquentielle l'affouillement.

Les travaux menés sur la base d'une maquette numérique en accès libre ont montré que cette méthode permettait d'identifier les pertes de raideur au niveau des fondations d'une manière robuste, dans le cas du pont mixte. Les études paramétriques montrent que la qualité de la méthode est peu altérée par les incertitudes relatives aux conditions d'appui et à la nature du sol, aux variations de géométrie de l'ouvrage.

La validation de la méthode se fonde actuellement sur la maquette numérique du pont mixte de Langeais et sur des scénarios virtuels d'endommagement.

- **Volet statique**

L'endommagement du tablier est réputé assouplir localement celui-ci. Cet assouplissement modifie la réponse du tablier (mesurée par des jauges de déformation) sous les charges de trafic. La solution projetée consiste à calibrer les paramètres de raideur de chaque élément du maillage d'une modélisation numérique du pont, de sorte que les réponses du modèle et du pont réel convergent (algorithme d'optimisation sous des cas de charges donnés). En suivant l'évolution au cours du temps de ces paramètres de raideur, on détectera l'apparition éventuelle d'endommagement. La modélisation sera issue d'un modèle générique paramétrique propre à la famille du pont surveillé.

Les travaux menés nous ont permis de développer les modèles numériques génériques du pont mixte et du pont voûte. L'exploitation des données de déformation fournies par l'instrumentation du pont mixte, associées aux informations fournies par le pesage en marche ont permis de calibrer de manière satisfaisante les raideurs du modèle numérique.

LES PERSPECTIVES D'AVENIR

- **Volet dynamique**

Les développements futurs nécessaires pour finaliser l'outil du volet dynamique :

- rejeter les effets de la température sur les paramètres modaux pertinents
- protocole d'instrumentation et d'analyse modale opérationnelle suffisamment performant pour déceler l'impact de l'affouillement
- étendre la solution à la famille des ponts voûte en maçonnerie.

Enfin, il faudrait idéalement valider la méthode sur une maquette représentative ou un vrai pont sujet à un affouillement réel.

- **Volet statique**

Les développements futurs nécessaires pour finaliser l'outil du volet statique :

- protocole d'exploitation des mesures de déformation afin d'évaluer le poids des véhicules et définir les cas de charge nécessaires à l'algorithme d'optimisation
- établissement d'un indicateur global d'endommagement prenant en compte l'incertitude des mesures et de la modélisation

- protocole d'optimisation de la position et du nombre de capteurs en fonction de la géométrie de l'ouvrage et des scénarios d'endommagement redoutés
- étendre la solution à d'autres familles de pont

Enfin, il faudrait idéalement, comme pour le volet dynamique, valider la méthode sur une maquette représentative ou un vrai pont dont le tablier serait sujet à un endommagement réel.

LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

Le bénéfice attendu des outils IA² est la mise à disposition d'un système de télésurveillance sobre en capteurs, permettant la détection robuste et précoce d'affouillement ou d'endommagement.

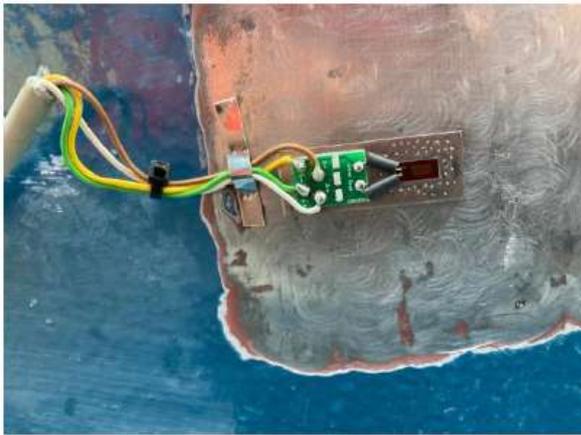
In fine, ces outils contribueront à :

- Maîtriser les risques liés au vieillissement des infrastructures
- Optimiser leurs coûts d'entretien et de maintenance

LES PHOTOGRAPHIES

- Viaduc sur la Loire de Langeais





- **Pont voûte de Gagnac sur Cère**

