

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

Nom du projet : SURVOUT

LE CONSORTIUM

Partenaires : CD38



QUADRIC groupe ARTELIA



Montant du projet : 218 814,00 €HT

Ouvrage(s) instrumenté(s) : Voute de Brignoud / Voute de Saint-Christophe-en-Oisans/
Voute de Touvet

LE PROJET

Le projet SURVOUT concernant la surveillance dynamique et connectée des voûtes en maçonnerie sous trafic et transports exceptionnels, s'inscrit dans le cadre de l'appel à projets « Ponts connectés » lancé par l'état et piloté par le CEREMA sur 2022 et 2023.

Le projet SURVOUT piloté par QUADRIC en partenariat avec le Département de l'Isère (CD38) porte sur le suivi en continu et connecté, au moyen de capteurs autonomes, d'ouvrages d'art en maçonnerie sous circulation. Ce parc d'ouvrage se caractérise par un patrimoine important qui représente environ : 20% des ponts du réseau routier et 80% des murs, 44% du patrimoine SNCF, 85% des tunnels du réseau RATP.

La présence sur des itinéraires routiers stratégiques de ces constructions fait de leur préservation un enjeu prégnant, tant en termes de sécurité des biens et des personnes que d'optimisation des ressources environnementales et financières.

Une forte diversité de sites est rencontrée, avec des sites montagneux et un climat rude impactant le choix du matériel et son autonomie, des ouvrages fortement circulés y compris par des convois bois ronds ou TE (Transport exceptionnel), qui peuvent être situés sur des axes stratégiques et des axes d'accès unique pour certaines communes. Dans le cadre du projet le suivi de l'ouvrage est réalisé par une instrumentation spécifique permettant de préciser, conforter et justifier l'analyse initiale et l'évolution future.

- ⇒ Dans ce contexte, l'objectif principal du projet SURVOUT est de proposer une méthode permettant une bonne appréhension du fonctionnement des ouvrages en maçonneries et de leur comportement mécanique sous trafic courant et sous l'impact éventuel de convois exceptionnels par le biais d'un suivi basé sur l'instrumentation en fonction de la présence des différentes pathologies

- ⇒ Le système de surveillance continue, dynamique, autonome et connecté, développé dans le cadre de ce projet, répond aux objectifs d'une technologie low-cost et d'une instrumentation simple. Il se compose de capteurs de déplacement pouvant atteindre des fréquences de mesures dynamiques allant jusqu'à 100 Hz, permettant de déclencher des prises de clichés instantanées de poids lourds sur l'ouvrage. Le système intègre également d'autres types de capteurs tels que des distancemètres laser et des sondes de température, capables de réaliser des mesures en continu. Ce système autonome présente l'avantage de ne pas nécessiter de raccordement au réseau électrique et offre la possibilité de se connecter à distance aux mesures réalisées.
- ⇒ La surveillance distribuée exhaustive mais périodiques réalisée par le biais de la technologie innovante CFOD (fibre optique à mesure distribuée) sert à étayer le projet aux étapes clés,
- ⇒ La confrontation des mesures expérimentales obtenues par les capteurs de déplacement et les CFOD, ainsi qu'avec le calcul réalisé avec le logiciel interne QUADRIC-VOUTE permet l'enrichissement de chacune des approches, ainsi que la validation et optimisation de la méthodologie de suivi.

LES AVANCEES TECHNIQUES

Le projet SURVOUT a fait l'objet de la création d'un prototype d'instrumentation embarquant la technologie Arduino qui présente un coût faible et de multiples possibilités, mais nécessite le développement de logiciels d'acquisitions, de traitements et de transmission de données, contrairement à la mise en place de capteurs d'un fournisseur bénéficiant d'un environnement pré-intégré. Le test en laboratoire et les essais in situ ont permis de valider l'acquisition dynamique à 50 Hz assurant une surveillance sous circulation dans des conditions d'autonomie satisfaisantes.

Cette présente méthode d'instrumentation mise au point dans le cadre du projet SURVOUT, permettant l'évaluation de la capacité portante théorique et expérimentale d'un ouvrage en maçonnerie a fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de la surveillance effectuée sur plus de 10 mois avec **un taux de fonctionnement de plus de 80%**. Ce taux de fonctionnement pourra être amélioré dans les prochaines versions du prototype.

Elle répond à un objectif de suivi des voûtes maçonnerie autonome, connectée et peu coûteuse, en réalisant **la prise de vue déclenchée sous seuil, permettant une surveillance spécifique dans le temps sous trafic et transports exceptionnels**.

La Méthodologie SURVOUT peut assurer une surveillance sous trafic d'un ouvrage stratégique ou présentant des pathologies diverses, il est cependant important de retenir que l'instrumentation proposée réalise une surveillance s'appuyant sur les désordres induits (fissuration, ouverture de bandeaux, écartement de piédroits,...) indépendamment de sa cause (dis jointoiment important, défaut de conception, problème de fondation, ...) et doit être considérée comme un moyen permettant l'évaluation de la capacité portante dans le temps mais ne la garantissant pas.

LES PERSPECTIVES D'AVENIR

Les potentialités de développement sont d'abord à mettre en relation du parc important d'ouvrages en maçonnerie existant, souvent vétuste, avec une récurrence des désordres observés. La présence sur des itinéraires routiers stratégiques de ces constructions fait de leur préservation un enjeu prégnant, tant en termes de sécurité des biens et des personnes que d'optimisation des ressources environnementales et financières.

Les maîtres d'ouvrage, soumis aux risques liés à l'exploitation d'ouvrages stratégiques pour leur réseau, pourraient être amenés à mobiliser les ressources financières pour mettre en place une surveillance.

En outre, le comportement réel des structures voûtées reste difficile à interpréter par le calcul en raison de l'absence fréquente d'archives ; de la méconnaissance de l'épaisseur des structures, de la géométrie du corps de la voûte et des matériaux ; des caractéristiques souvent mal connues des pierres ; des connexions entre pierres (assemblages sans jeu, ...) ; du liant employé au niveau des joints, qui peut résulter en fonction de la profondeur du joint de plusieurs âges de rejointoiement ; du comportement des différentes interfaces dont l'interface sol-structure.

Nous avons ainsi un niveau de connaissance limité de la capacité portante de tels ouvrages. La méthodologie de surveillance des ouvrages en maçonnerie par instrumentation du projet SURVOUT peut s'avérer une réponse adaptée aux besoins de nombreux maîtres d'ouvrage. A ce stade, on peut envisager que les potentialités sont importantes. Cependant, elles nécessitent une démarche d'information et de communication sur cet outil auprès des services assurant la gestion du patrimoine de différents maîtres d'ouvrage.

L'industrialisation peut être envisagée à moyen terme, d'ici 5 ans. En effet, cette perspective ne s'ouvrira pleinement qu'après le déploiement du système sur d'autres ouvrages afin de poursuivre le développement et optimiser les composants.

LES BENEFICES POUR LA GESTION DU PATRIMOINE

Le suivi des ouvrages en maçonnerie ne comporte à ce jour pas de réglementation ou règles de l'art en matière de gestion de patrimoine et tout particulièrement d'instrumentation. Le projet SURVOUT a pour principal intérêt en termes de bénéfice collectif de démontrer que l'on peut réaliser un suivi pertinent de ces ouvrages par le biais d'une instrumentation en tirant des enseignements sur le fonctionnement de ces ouvrages.

Le suivi réalisé sur des ouvrages présentant à la fois des situations et pathologies très variées a démontré la possibilité de réaliser une surveillance dynamique, connectée et autonome répondant à la problématique de détection et suivi des voûtes maçonnerie sous trafic.

A noter que QUADRIC participe au projet national DOLMEN de recherche sur la maçonnerie. QUADRIC souhaite également, par ce biais, apporter son expertise des ouvrages maçonneries pour faire évoluer la connaissance générale dans le cadre d'un bénéfice collectif..

LES PHOTOGRAPHIES

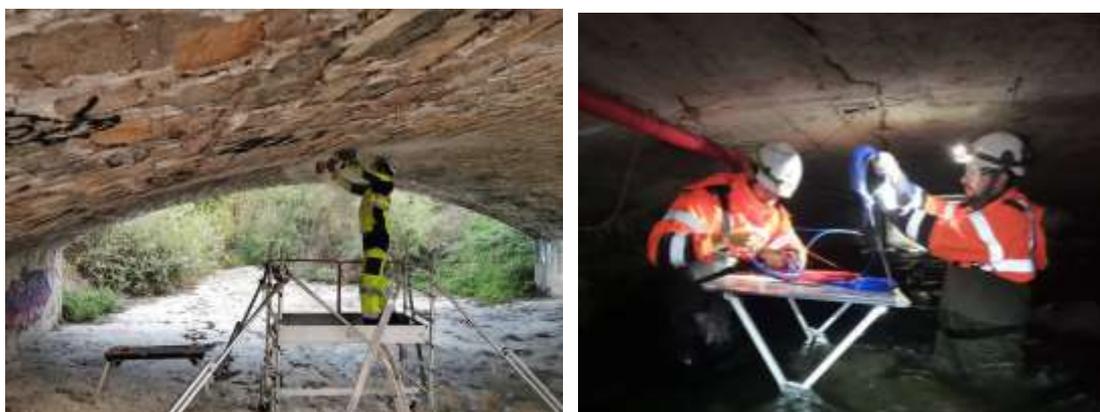


Figure 1 : Travaux d'installation des capteurs sur ouvrage



Figure 2 : Prototype du coffret d'instrumentation ©Quadric



Figure 3 : Prise de vue déclenchée sur seuil



Figure 4 : Vue d'un ouvrage maçonnerie lors des essais de chargement ©Quadric

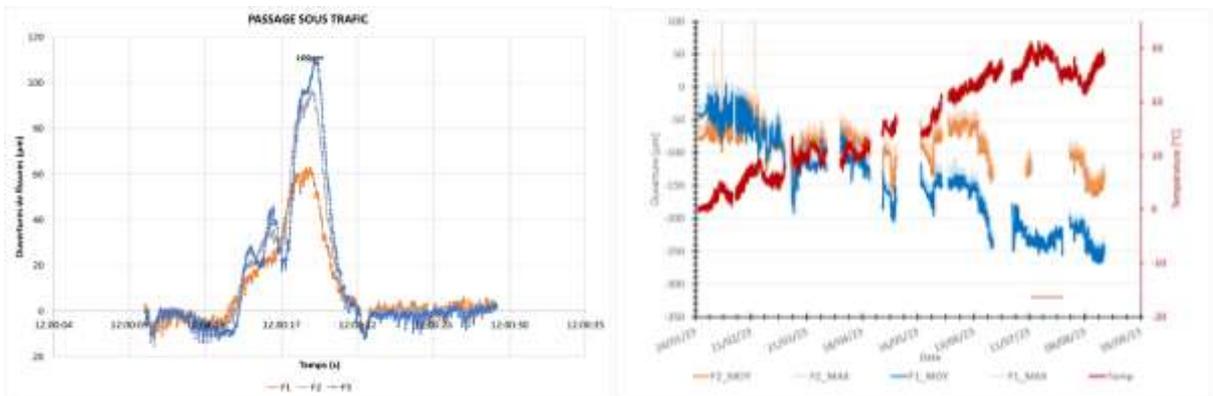


Figure 5 : Mesures des capteurs de déplacement

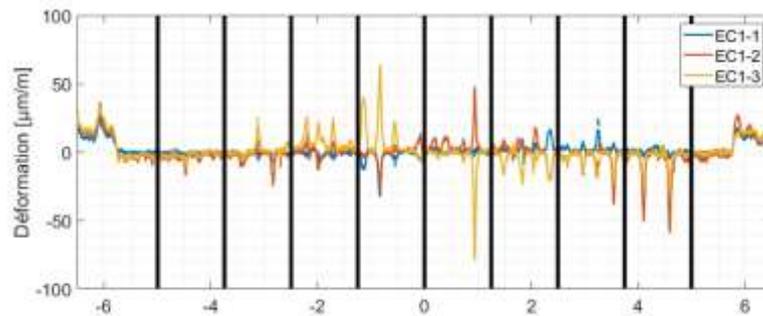


Figure 6 : Mesures des capteurs CFOD sur la longueur d'une voûte

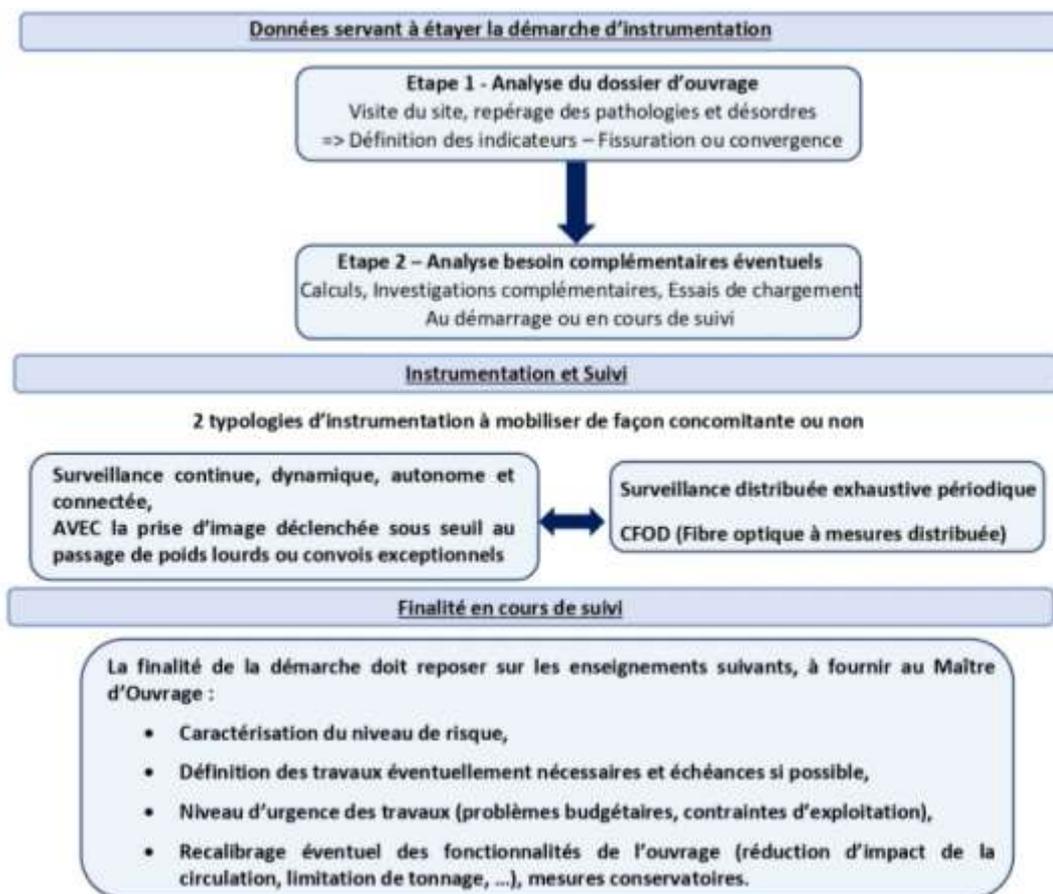


Figure 7 : Logigramme de suivi des ouvrages – SURVOUT ©Quadric