



# Projet

## Monitoring des constructions en béton





## Quel est l'état de santé d'un bâtiment ou d'un pont ?

Si les ouvrages étaient surveillés à l'aide de capteurs, ils pourraient être rénovés de manière plus ciblée, plus rentable et plus respectueuse de l'environnement. En outre, leur durée de vie pourrait être allongée.



Le pont de Chillon a été réhabilité avec du béton fibré à ultra-hautes performances. *Source* : Eleni Chatzi / EPF





## En un coup d'œil

- Le monitoring permettrait de ne rénover les bâtiments et les ponts que lorsqu'ils en ont réellement besoin.
- Les données collectées pourraient servir à localiser les points critiques des ouvrages pour y effectuer des travaux d'entretien ciblés.
- Le béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP) est un matériau idéalement adapté à ce type de consolidations ciblées.

La construction de nouvelles infrastructures consomme beaucoup d'énergie et entraîne des émissions accrues de CO<sub>2</sub>, ne serait-ce que par la production des matériaux de construction courants comme l'acier et le béton. Selon leur mode de construction, la longévité des infrastructures est plus ou moins limitée : en Suisse, les ponts ont par exemple une durée de vie comprise entre 50 et 100 ans. Au terme de cette période, ils sont désaffectés d'office, sans que l'on sache généralement si l'ouvrage aurait pu durer plus longtemps ou pas. C'est pourquoi, des chercheuses et chercheurs des EPF de Zurich et Lausanne ont testé le recours à un système de surveillance sur divers ouvrages suisses. Cette approche pionnière est soucieuse de l'environnement dans la mesure où elle évite la démolition et la reconstruction prématurée, ainsi que l'élimination des gravats associés.

L'aspect essentiel est toutefois la possibilité d'une consolidation mieux ciblée des bâtiments et des ponts s'ils sont équipés de capteurs qui collectent des informations sur les forces, les déformations et les vibrations. C'est ce que l'on appelle la surveillance de l'état structurel. Les capteurs mesurent à cet égard la réaction et le comportement des structures en fonctionnement dans le but de diagnostiquer leur état et d'automatiser l'anticipation des défaillances. Des techniques d'analyse de séries chronologiques et d'apprentissage machine sont mises en œuvre à cet effet. L'installation de capteurs permet ainsi une meilleure perception des infrastructures.

Dans le cadre de leurs travaux, les chercheuses et chercheurs se sont notamment intéressés aux caractéristiques et à la mise en œuvre du béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP). Par rapport au béton classique, ce dernier est facile à utiliser, très résistant et durable. C'est pourquoi, il est particulièrement adapté au renforcement ponctuel de points donnés d'une structure. Afin de tester le monitoring et l'utilisation de BFUP, les chercheuses et chercheurs ont examiné trois ouvrages.



## Viaduc de Chillon

En 2014, des dégâts ont été constatés sur le viaduc de Chillon, un pont en béton de deux kilomètres de long dans le canton de Vaud. Afin de consolider l'ouvrage dans les zones concernées, une couche de BFUP de 45 millimètres d'épaisseur a été coulée sur le béton d'origine. Le pont a ensuite été équipé de capteurs et a fait l'objet d'une première phase de surveillance de trois mois. Les mesures effectuées ont porté sur les déformations et les vibrations causées par le trafic routier et les influences environnementales, ainsi que les micro-dommages dans le matériau. Le monitoring sera poursuivi afin d'obtenir des informations sur les comportements à long terme. Les chercheurs ont déjà pu en tirer un certain nombre d'enseignements importants : le pont a par exemple subi plus de micro-dommages au cours des mois chauds que pendant les mois froids. Par ailleurs, l'utilisation du pont a également joué un rôle significatif : les dégâts ont été plus importants aux heures de pointe qu'en dehors de celles-ci. Mais avant tout, les chercheuses et chercheurs sont arrivés à la conclusion que la structure en béton pouvait supporter en toute sécurité les contraintes liées à la circulation et que la consolidation en BFUP avait augmenté la durée de vie et la résistance du pont.

## Pont de Buna

Le pont de Buna, en Croatie, faisait partie du réseau ferroviaire croate depuis 1893. En 2010, cet ouvrage de neuf mètres de long a cependant été mis hors service. Des chercheuses et chercheurs de l'EPF de Zurich ont étudié le pont en effectuant des mesures et l'ont consolidé avec une dalle en BFUP. Pour ce faire, ils ont démonté le pont et l'ont transporté dans un laboratoire afin d'identifier les éventuels points faibles de la structure avant et après la rénovation. Les essais ont révélé que le pont serait encore assez solide et sûr pour continuer à supporter le passage des trains. Les calculs ont également montré que la durée de vie du pont pouvait être prolongée d'au moins 40 ans en le renforçant avec du BFUP.



## Maison Du-Pont

La Maison Du-Pont est un immeuble de huit étages édifié en 1913 au cœur de Zurich. La maison a besoin d'être modernisée, ce qui s'avère toutefois difficile car il s'agit d'un bâtiment classé monument historique : la façade et la structure porteuse, dalles y comprises, doivent rester intactes. C'est pourquoi, le recours à une consolidation en BFUP a là aussi été envisagé et testé à titre expérimental. Les travaux de rénovation seront réalisés à partir du printemps 2020.

## Respectueux de l'environnement et économique

Les tests montrent que le monitoring permet une approche plus ciblée et durable de l'entretien des bâtiments et des installations que les méthodes traditionnelles. Économe en énergie et peu émetteur de CO<sub>2</sub>, le BFUP s'avère être une alternative intéressante au béton conventionnel. Grâce à des consolidations ciblées, ce matériau de construction permet d'allonger considérablement la durée de vie des infrastructures existantes. Il évite en outre les émissions de CO<sub>2</sub> et la consommation d'énergie qu'impliqueraient la démolition d'un ouvrage et la production des matériaux nécessaires à la construction d'un édifice de remplacement. Outre cette efficacité sur le plan énergétique et en matière de CO<sub>2</sub> en cas d'utilisation ponctuelle, le BFUP se révèle aussi particulièrement économique : dans le cas du pont de Chillon, une rénovation selon des méthodes traditionnelles aurait coûté CHF 1000 par mètre carré de pont et une nouvelle construction entre CHF 2000 et 3000 par mètre carré. Le renforcement avec du BFUP n'a en revanche pas coûté plus de CHF 300 par mètre carré. Même en tenant compte de l'entretien à long terme et de la résistance du matériau, le BFUP s'avère être un matériau plus rentable que le béton conventionnel. C'est pourquoi, avant toute rénovation ou modernisation, les chercheuses et chercheurs recommandent d'effectuer un suivi structurel, afin de vérifier et d'évaluer l'état actuel de l'ouvrage. Ceci permet d'identifier des mesures et des technologies de construction efficaces et durables, qui s'avèrent en outre respectueuses de l'environnement.



## Produkte aus diesem Projekt

- Big Data im Bauwesen  
Date de publication: 22.09.17
- Getting More Out of Existing Structures : Steel Bridge Strengthening via UHPFRC  
Date de publication: 16.04.19



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

## Team & Kontakt

Prof. Dr. Eleni Chatzi

ETH Zürich

Department of Civil, Env. and Geomatic Engineering

Stefano-Franscini-Platz 5

8093 Zürich

+41 44 633 67 55

[chatzi@ibk.baug.ethz.ch](mailto: chatzi@ibk.baug.ethz.ch)



Eleni Chatzi



Eugen Brühwiler

Vasileios Dertimanis



Borja Herraiz



Henar Martin-Sanz



Irina Stipanovic

Konstantinos Tatsis

Dominik Werne



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au  
17.12.2018.