

## Surveillance des structures

Le béton armé est un matériau de construction peu onéreux et durable pour les ouvrages de génie civil. Pourtant, de nombreux ouvrages présentent des dégâts de corrosion de l'armature ou des dégradations du béton. Il n'est pas toujours possible d'identifier les processus de dégradation de ce genre à temps, ni d'y remédier à temps. Au moyen d'une stratégie de maintenance proactive, comprenant une surveillance ciblée avec un système de monitoring à base de capteurs, il est possible de réduire les coûts de maintenance élevés engendrés pour respecter la durée de service prévue.

### 1 Généralités

Il y a différentes raisons pour lesquelles les ouvrages en béton armé dégradés ne peuvent pas être remis en état pendant une période prolongée. Pour de tels ouvrages, une surveillance à base d'un système de monitoring pour un suivi de l'évolution de leur état pourrait s'avérer utile. Il en va de même pour le contrôle d'efficacité d'une mesure de remise en état, pour la surveillance d'éléments de construction ne pouvant pas être inspectés ou pour la détection précoce des processus de dégradation.

Pour la surveillance de paramètres de durabilité, différents types de capteurs et unités de lecture sont aujourd'hui disponibles sur le marché. Au besoin, un tel système de mesure peut être complété par des capteurs supplémentaires tels qu'extensomètres, capteurs à fibres optiques ou capteurs de force (par ex. pour la surveillance d'ouvrages détériorés par la RAG). Sur des ouvrages neufs ou déjà existants, des capteurs modernes permettent la mesure de paramètres de durabilité importants comme : courant de corrosion, potentiel de corrosion, résistivité et température du béton. Ces paramètres

constituent la base pour l'évaluation de l'état de corrosion de l'armature, de la progression des dégâts et de l'état d'humidité dans le béton. Comme ces grandeurs varient fortement en fonction des conditions climatiques, il faut un système de mesure et d'acquisition de données adéquat, grâce auquel il est possible de régler les intervalles de mesure adéquates. Ces systèmes devraient permettre une transmission de données sans fil (radiocommunication, GSM).

### 2 Exemples pratiques

#### A2 Viaduc Bolzbach Nord – monitoring de la corrosion

Le viaduc Bolzbach Nord devant l'entrée sud du tunnel du Seelisberg a été construit dans les années 1976-1980. Le pont jumelé à 12 travées comprend 4 poutres longitudinales précontraintes, préfabriquées (fig. 1).

A l'intrados des dalles de roulement, on a trouvé nombre d'endroits humides à l'entour des pipettes de drainage. Le long des poutres longitudinales, les eaux de chaussée chargées en chlorures ont provoqué une corrosion à l'armature passive et par endroits également aux unités de précontrainte. La contamination en chlorures du béton était élevée et profonde (localement > 1 %-masse/cim. à 60 mm de profondeur). Dans le cadre d'une remise en état anticipée et afin de ralentir la progression de la dégradation, les pipettes ont été enlevées et les



Fig. 1: A2 viaduc Bolzbach Nord. Corrosion aux unités de précontrainte sur la poutre extérieure, sous les pipettes

zones de corrosion sur les poutres longitudinales localement remises en état au niveau des câbles de précontrainte. Suite à cette remise en état provisoire et afin de pouvoir surveiller en permanence le développement de la situation de corrosion dans les poutres, aux endroits précédemment humides, nous avons installé dans 4 points choisis des capteurs CS-322 de TFB Diagnostic Systems AG pour un suivi continu. Une moitié des capteurs se trouve dans le vieux béton encore résiduellement contaminé en chlorures et l'autre moitié est située dans le mortier de réfection exempt de chlorures. L'intervalle de mesure est d'une heure.

Figure 2 montre la variation du courant de corrosion, de la résistivité du béton et de la température du béton dans le vieux béton, entre 2011 et 2015. Les variations de température du béton sont typiquement saisonnières. Les petits pics sont dus aux fluctuations journalières. La résistivité du béton (grandeur pour l'humidité du béton) varie dans le sens inverse de la température. Au fil du temps, une tendance à la hausse de la résistivité est observable, due à l'assèchement du vieux béton. Peu après la remise en état, on a mesuré un courant de corrosion relativement élevé, mais qui s'est abaissé en peu de temps à un niveau insignifiant. Jusqu'à aujourd'hui la corrosion n'a plus augmenté, ce qui confirme l'efficacité des mesures de remise en état.

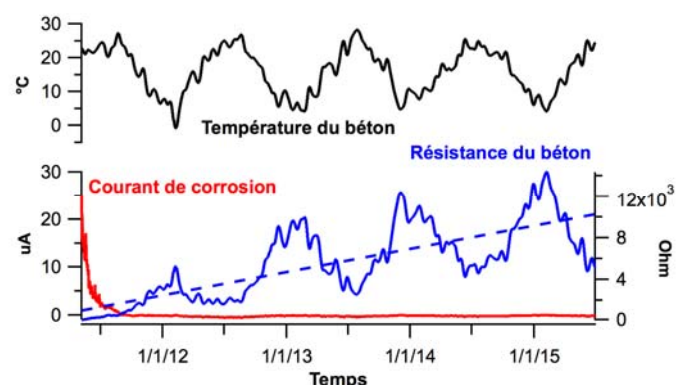


Fig. 2 : variations de la température du béton, du courant de corrosion et de la résistivité du béton dans le vieux béton, mesurées avec un capteur CS-322. Pour plus de clarté, les courbes ont été lissées

## A9 Simplon, mur de soutènement Eisten – surveillance en continu de la RAG [1]

Le mur de soutènement Eisten construit en 1977 est un mur poids qui présente un grand nombre de fines fissures dues à la RAG. Au moment du lancement du projet, l'ouverture des fissures était encore négligeable (env. 0.1 mm). Les taux d'expansion ont été estimés à 20 à 40  $\mu\text{m}/\text{m}$  par an.

Dans le cadre d'un projet de recherche, nous avons équipé des champs d'essais avec des extensomètres automatiques de Solexperts AG. Le champ d'essai 1 a été nettoyé avec de l'eau à haute pression et une imprégnation hydrofuge a été appliquée. Le champ d'essai 2 n'a pas été traité (fig. 3). Afin de pouvoir détecter d'éventuelles modifications de l'humidité du béton et interpréter les déformations mesurées, nous avons également installé des capteurs de température et de résistivité CS-322 à différents niveaux du mur (cf. viaduc Bolzbach).



Fig. 3 : mur de soutènement Eisten avec champs d'essais 1 et 2

Pour l'analyse déformations, on n'a utilisé que des valeurs compensées en température. La compensation est nécessaire pour éliminer l'influence de la température sur la réponse du capteur. La réponse compensée du capteur est uniquement due à la dilatation thermique du béton et à la RAG. La différence entre les déformations thermiques du mur (calculées) et les déformations mesurées est due à la RAG (fig. 4). Celle-ci est d'environ 0.15 mm/m par an et elle est pratiquement identique dans les deux champs d'essais.

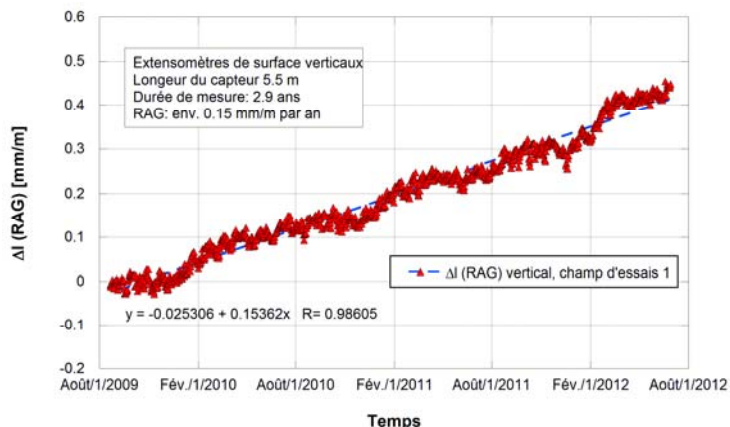


Fig.4 : déformation due à la RAG à l'extensomètre vertical dans le champ 1

Il faut en conclure que l'imprégnation hydrofuge n'a pas encore eu d'effet mesurable sur la RAG, du moins pas jusqu'à mi-juin 2012, c'est-à-dire après 3 ans environ. Ceci, bien que l'effet hydrofuge, c'est-à-dire une réduction de l'humidité à proximité de la surface du béton ait pu être prouvée par les capteurs de résistance du béton.

Le suivi extensométrique conduit au but recherché. Lors d'une fréquence de mesures suffisante, leur évaluation permet de déterminer le coefficient de dilatation thermique « apparent » d'un élément d'ouvrage. Il est possible ainsi de modéliser les dilations thermiques et de déterminer l'expansion due à la RAG. Un autre avantage majeur des mesures continues est de pouvoir juger assez rapidement du développement de la RAG, c'est-à-dire après 1 à 3 ans, tandis qu'avec les mesures périodiques, une durée de mesure de plusieurs années est généralement nécessaire.

### Références

- [1] [Remise en état et surveillance des murs de soutènement et des ponts endommagés par la RAG \(2013\)](#). Projet de recherche AGB2006/006, Dr F. Hunkeler, Dr P. Kronenberg, TFB SA ; Dr U. Püschner, TBA Kt, Basel-Landschaft (jusqu'au 30.4.2012 TFB AG)

**Dr Pascal Kronenberg**

**Dr Théodore Chappex**

Pour de plus amples informations: [www.tfb-diagnostic.ch](http://www.tfb-diagnostic.ch)

Inauguration officielle et journée des portes ouvertes de notre nouveau site à la route du Verney 20 à Puidoux le **jeudi 24 septembre 2015**. Venez nous visiter ! Plus d'info sur [www.atracsys.com/puidoux2015](http://www.atracsys.com/puidoux2015)

### NOS PROCHAINES JOURNEES TECHNIQUES

#### Journées à Wildegg et Yverdon

##### Septembre 2015

22.09. Die revidierte Norm SIA 266 Mauerwerk

##### Octobre 2015

06.10. La norme SIA 266 « Maçonnerie » révisée – modifications et application illustrée par des exemples

##### Novembre 2015

04.11. Versicherungen rund ums Bauen

05.11. Die SIA 112/2 - Nachhaltiges Bauen im Tief- und Infrastrukturbau

17.11. Betonstrassen - planen - konstruieren - ausführen - unterhalten

19.11. 5. Burgdorfer Wasserbautag 2015

24.11. Die revidierte Norm SIA 266 Mauerwerk

#### Décembre 2015

03.12. Die SIA 118 in der Praxis

#### Janvier 2016

18./19.01. Betontechnologie für Neueinsteiger in die Betonherstellung

18.-20.01. Betontechnologie für Maschinisten

21./22.01. Führen aber wie? (Grundmodul) (2 Tage)

26.01. Vertragsarten - Der Einfluss auf das Rapportwesen

27.01. - Von der Zustandsuntersuchung bis zur Instandsetzung von Betonbauwerken (3 Tage)

#### Février 2016

24./25.02. Auf der Baustelle überzeugen

Inscription : Compétences pour la construction, TFB AG, 062 887 72 77, [schulung@tfb.ch](mailto:schulung@tfb.ch), <http://www.bauundwissen.ch>