



Partie 4 – Traitement de l'information

MÉTHODES D'AUSCULTATION NON DESTRUCTIVE APPLIQUÉES À L'EXPERTISE DES PONTS EN RÉGION WALLONNE

**NONDESTRUCTIVE INSPECTION METHODS APPLIED TO THE EXPERTISE BRIDGES
IN THE WALLOON REGION**

IR Patrice TOUSSAINT^(a), ING Eric DONDONNÉ^{(b)*}

Service Public de Wallonie, DG01-65, Direction de l'Expertise des Ouvrages, rue Côte d'Or, 253, B-4000 Liège
 patrice.toussaint@spw.wallonie.be; eric.dondonne@spw.wallonie.be

RÉSUMÉ

Cet article présente un retour d'expérience des techniques d'auscultation et d'instrumentation utilisées par la direction de l'Expertise des Ouvrages sur les quelques 4.000 ponts de la Région Wallonne. Il s'articule suivant les besoins fréquemment rencontrés par les services gestionnaires et expose l'utilisation sur terrain des méthodes d'expertise utilisées pour apporter des réponses pertinentes aux ingénieurs en charge des chantiers de réparation. Les informations obtenues sont dans certains cas incomplètes et les faiblesses de ces méthodes tout comme les besoins non rencontrés sont finalement abordés.

Mots-clés : auscultation non destructive, instrumentation, expertise, ponts

1. INTRODUCTION

Le Service Public de Wallonie (S.P.W.) en Belgique a plus de 4.000 ponts en gestion, dont une majorité en béton armé ou en béton précontraint. Les principes généraux de la politique de gestion reposent, comme dans la plupart des pays, sur un diagnostic général, appelé inspection A, essentiellement visuel et réalisé à périodicité définie (3 à 6 ans) par les inspecteurs de ponts des directions locales en charge de ce patrimoine (appelées Directions Territoriales). Ces inspections, lorsqu'elles mettent en évidence des dégradations où des comportements qui demandent des investigations spécifiques, débouchent sur des examens spécialisés, appelés inspections B, qui sont de la responsabilité de la Direction de l'Expertise des Ouvrages du S.P.W. Qu'il s'agisse en 1 heure de déterminer la localisation d'armatures sur un about de poutre ou d'instrumenter pendant plusieurs années un ouvrage pour mettre en évidence l'évolution des déformations liées au développement d'une



réaction alcalis-granulats, les ingénieurs de cette direction ont recours au quotidien à de multiples techniques d'auscultation très complémentaires.

Patrice Toussaint et Eric Dondonné sont directeur et ingénieur dans cette équipe. Via cet article, ils ont voulu partager leur expérience de terrain et identifier, par thèmes, les problèmes concrets les plus fréquemment rencontrés et les techniques et moyens d'auscultation et d'instrumentation mis en œuvre pour les appréhender ; sont également abordés les limites de ces méthodes ainsi que les besoins pour y pallier, le tout sur base d'exemples d'applications pratiques.

2. LES DALLES DE TABLIER

Ce premier cas d'une dalle mince de tablier en béton armé ou précontraint (dalle sur poutres) soumise à des défauts d'étanchéité est très fréquent et l'expertise tant en face supérieure qu'en face inférieure fait appel à un grand nombre d'investigations.

En face inférieure, le béton est visible et, localement, les défauts d'étanchéité vont se matérialiser par l'apparition de taches plus ou moins foncées. Ces taches s'accompagnent pour certaines de traces de coulures de rouille, qui traduisent une attaque de l'acier par les chlorures issus des sels de déverglaçage. D'autre part, des décollements de béton peuvent s'initier, suite à la corrosion des armatures de peau.

Au niveau des couches de revêtement qui masquent l'état du béton de la face supérieure, il faudra attendre, pour être alertés d'une éventuel problème, que le développement des différents processus d'altération du béton (liés à la présence d'eau) se manifeste par des dégradations qui auront un impact direct sur la tenue des différentes couches, avec en stade ultime de l'altération, la formation de nids de poule.

Ces signes distinctifs imposent un examen poussé du béton de la dalle, dans l'optique d'une éventuelle réfection de chape d'étanchéité à prévoir.

Dans cette approche, nous scinderons les investigations en fonction de la face à partir de laquelle l'examen est réalisé.

2.1. Examen depuis la face supérieure

Pour préparer son chantier de réparation, le service gestionnaire doit disposer d'informations multiples, d'une part sur les propriétés des constituants en place et d'autre part sur la caractérisation des pathologies qui y sont développées :

- propriétés du béton de la dalle et position des armatures passives et actives ;
- mise en évidence d'éventuelles dégradations, de leur étendue et niveau de gravité ;
- détermination des types et épaisseurs de couches de revêtement ;
- définition de la nature de la chape d'étanchéité et de son adhérence avec le support ;
- définition de la rugosité de surface du béton et sa compatibilité avec la pose d'une nouvelle chape.

Ces investigations nécessitent le recours à différentes techniques d'examen, intrusives ou non. C'est la combinaison

de cet ensemble qui, à terme, donnera suffisamment d'éléments de réponse pour pouvoir, si besoin, établir un métré et un cahier de charge de réparation.

A ce stade, les carottages restent un outil incontournable dans le diagnostic. Ils vont à la fois permettre un examen visuel du béton et des couches qui le surmontent, ainsi que fournir des échantillons pour analyses physico-chimiques et microscopiques. La nature et le niveau réel d'altération du béton ne pourront être estimés correctement qu'avec le support de ceux-ci.

A côté de ces prélèvements, le radar haute fréquence est une technique AND particulièrement intéressante à plus d'un titre, dans la mesure où elle va pouvoir renseigner sur :

- les épaisseurs de couches de revêtement, suivant des linéaires en continu ;
- la localisation du maillage d'armatures, essentielle pour prélever des carottes de béton en évitant les aciers ;
- la profondeur des armatures, dans l'optique d'un éventuel travail en 'négatif' de micro-fraisage du béton support, sans recours à une couche de reprofilage.

Cette technique est aussi susceptible de pouvoir distinguer les zones de béton détrempe, liées à une déficience d'étanchéité, des zones sèches. Cette information est particulièrement intéressante dans la mesure où elle anticipe la formation de dégradations liées à la présence d'eau. Notre expérience en la matière reste actuellement assez mitigée, même si nos confrères étrangers semblent l'appliquer de façon plus récurrente, mais avec des approches parfois assez divergentes.

Lorsque la face supérieure du tablier est accessible, la technique de l'impact écho est utilisée dans le cas de l'existence de plans de délamination au sein du béton, c'est-à-dire des plans de fissuration parallèles à la surface. Cette technique, à rendement nettement plus faible que le radar, a déjà été combinée avec ce dernier afin de tirer au mieux profit du croisement des informations fournies.

Précisons que pour la localisation de plans de fissuration peu profonds, il est parfois plus pratique et surtout plus rapide de recourir à un simple sondage sonore, à l'aide de chaines ou de barres à mine par exemple.

Le recours à des fenêtres d'ouverture jusqu'au béton de dalle, notamment dans le cas où la chape d'étanchéité existante a été posée en non adhérence, vient compléter l'examen depuis la face supérieure. Elle a l'avantage d'apporter une vision plus globale de l'état de surface de la structure et permet des mesures plus précises de la rugosité du support, par des techniques comme la tache de sable, les plaquettes témoin ou encore le peigne. La cohésion superficielle du béton sur lequel sera posée en adhérence l'étanchéité sera également mesurée.

Enfin, après mise en place d'une nouvelle étanchéité, on soulignera tout l'intérêt de l'auscultation par thermographie infrarouge pour le contrôle de la qualité de collage des membranes d'étanchéité bitumineuses.

2.2. Examen depuis la face inférieure

L'examen depuis la face inférieure présente l'avantage d'avoir « le nez » sur le défaut. Le relevé visuel de défauts



de type taches, fissures, décollements pourra s'envisager sous forme de croquis levé à la main ou de relevé photographique. Ce dernier, plus précis, fournira un outil nettement plus intéressant pour évaluer une éventuelle évolution de ces défauts dans le temps.

L'expérience nous a montré que l'apport de la technique de thermographie infrarouge peut être particulièrement précieux dans la détection de décollements de béton en formation. Cette technique perçoit ce que l'œil ne peut voir. Elle est surtout utile lorsque l'on n'a pas un accès direct et aisément à la structure. Dans le cas contraire, un simple sondage au marteau peut souvent répondre à nos besoins.

Malgré la difficulté accrue de cette opération, le carottage depuis cette face est également intéressant à plus d'un titre : il permet de s'assurer de la position précise du prélèvement par rapport aux défauts relevés. La localisation des armatures de peau est plus aisée car moins profondes, et peut s'envisager à l'aide d'un pachomètre classique.

Le carottage depuis cette face offre de plus l'avantage de ne pas devoir percer systématiquement l'étanchéité pour atteindre le béton à prélever.

Comme pour toute face externe d'un élément en béton armé, une analyse comparative des profondeurs de carbonatation en fonction de l'enrobage des aciers pourra être envisagée. Cette approche, qui intégrera également des mesures de teneurs en chlorures, s'exprimera sous forme d'une cartographie des surfaces étudiées. Elle donnera une approche statistique des zones où l'acier n'est plus passivé et est donc susceptible de se corroder.

Cette approche sera complétée par des mesures de mapping potentiométrique, autre technique de CND, qui permet d'obtenir une cartographie des niveaux d'activité de corrosion de ces zones.

3. LA POST-CONTRAINTE INTERNE

Ces câbles noyés dans le béton suivent pour certains un tracé parabolique et trouvent leur ancrage en un point haut. En fonction de la technique mise en œuvre ou simplement par manque de soin, il n'est pas rare de rencontrer des défauts d'injection de coulis, tout au moins sur le haut du tracé. Si ces défauts se combinent à des déficiences d'étanchéité au niveau de leur ancrage, la situation peut s'avérer très problématique, d'autant plus si les chlorures devaient intervenir dans le processus d'infiltrations et jouer le rôle de catalyseur pour les réactions de corrosion de ces éléments sensibles.

A ce stade, la détection de ces vides par des techniques non intrusives est délicate :

la gammagraphie n'est actuellement plus utilisée en Belgique (absence de prestataires, contraintes liées à la source, ...);

- notre expérience en matière de tomographie ultrasonique ou par impact écho reste assez mitigée et ne peut garantir un résultat fiable.

Cette difficulté d'examen et d'appréhension de l'état résiduel de cette post-contrainte est également reconnue en France puisque la post-contrainte interne y a été abandon-

née depuis plusieurs années. Devant vivre avec notre patrimoine de ponts construits sur ce principe, nous recurons systématiquement, dans le cadre de leur inspection, à des fenêtres d'ouverture. Ces fenêtres sont localisées avec précision à l'aide du radar haute fréquence.

4. LES STRUCTURES EN MAÇONNERIE

Une partie importante de notre patrimoine d'ouvrages d'art est en maçonnerie. Il s'agit de vieux ponts voûtes ou murs de soutènement dont les déficits en plans ou autres renseignements structurels sont légions.

Ces ouvrages sont souvent résistants et durables mais lorsque les premières dégradations apparaissent, souvent liées aussi aux infiltrations d'eau, notre expérience montre que la vitesse d'aggravation des désordres peut croître assez vite.

Le relevé des dimensions principales des éléments de la structure est souvent nécessaire et se fait par des méthodes topographiques classiques ; pour les déformations (bombelement, basculement, écartement des tympans, ...), ce sont des mesures manuelles de caractérisation et de suivi de points particuliers qui sont utilisées ; ce travail peut avantageusement être assuré par un relevé complet ou local et par un suivi dans le temps à l'aide d'un scanner 3D. Cette méthode de précision présente l'avantage d'être rapide et facile d'usage sur terrain. Le post-traitement demande quant à lui un travail plus conséquent, avec un niveau de compétence confirmé.

La détermination des épaisseurs des éléments se fait habituellement par forage ou carottage, cette dernière technique, bien que moins rentable, permet d'obtenir des informations complémentaires sur la qualité du matériau ou sur la présence de vides ou décollements ; la technique radar est actuellement testée afin de compléter ou remplacer selon les cas ces investigations destructives.

Ici aussi, le fameux sondage au marteau pourra être systématisé dans le cas de décollement du premier ou des deux premiers lits de briques.

5. LES BUSES MÉTALLIQUES

Ces ouvrages, souvent de dimensions réduites, sont destinés essentiellement au passage de cours d'eau, et dans une moindre mesure de chemins secondaires. Ils équipent pour la plupart des talus d'autoroutes. Trop longtemps oubliés, ils représentent pourtant des structures sensibles et fort dépendantes de leur environnement direct.

Ces éléments 'souples' souffrent principalement de défauts de type déformation et/ou corrosion.

En termes de déformation, la difficulté réside dans la quantification du défaut, mais aussi dans le suivi de son évolution. Jusqu'à présent, ces mesures s'effectuent sur base de relevés topographiques ou encore sur le principe de la triangulation, à l'aide d'une canne télescopique. Comme pour les ouvrages en maçonnerie, les levés et suivis par scanner 3D devraient avantageusement supplanter les techniques actuelles.



La corrosion des buses est un autre type de désordre qui n'est pas toujours évident à appréhender, sachant qu'elle s'initie dans de nombreux cas depuis la face externe de la structure (face non accessible).

En complément à l'examen visuel, nous procérons systématiquement à des mesures d'épaisseurs par ultrasons. Ces mesures doivent être validées par des carottages de contrôle. Précisons qu'en fonction de la couverture rencontrée, ces mesures peuvent requérir une préparation de surface, à réaliser au droit de chacun des points de mesure. En complément aux mesures d'épaisseurs, quand cela s'avère nécessaire, l'agressivité du remblai sera appréciée par une série d'analyses sur prélèvements. Cela consiste en des mesures de résistivité, de pH, ou encore de teneurs en sels solubles (essentiellement chlorures et sulfates) du matériau.

Précisons enfin que parmi les mesures généralement préconisées en Région Wallonne pour la pérennité de ces structures, lorsqu'elles se retrouvent dans un environnement jugé hostile, la protection cathodique s'avère une technique particulièrement adaptée pour prolonger à moindre coût la vie de l'ouvrage.

6. INSTRUMENTATION

L'instrumentation peut aussi être qualifiée de technique d'auscultation non destructive à part entière en regard des précieux résultats qu'elle permet d'obtenir.

Seuls les ouvrages d'exception ou jugés sensibles sont instrumentés dès la construction ; pour les structures en service, les projets portent principalement sur des suivis de mouvements ou de déformation :

- mesures de déplacements au droit de joints de dilatation ou d'appuis ;
- suivi d'ouvertures de fissures ;
- suivi de déformations de structures en béton qui sont le siège de réactions expansives ;
- suivi des contraintes dans des éléments de structures hyperstatiques (jauges de contraintes, fibres optiques).

Dans chaque cas, des mesures de la température extérieure mais aussi de celle au sein du matériau seront indispensables pour masquer au mieux l'influence de ce paramètre. Même si les techniques évoluent, la collecte et l'analyse des données sont souvent énergivores et il faut concevoir un projet équilibré qui permettra de limiter les mesures les moins importantes tout en dédoublant celles qui doivent être confortées.

Si ces projets peuvent être assumés par le laboratoire de la Direction, certaines techniques plus complexes ou certains dossiers de plus grande envergure sont confiés à des prestataires externes ; nous citerons pour exemple les méthodes d'émissions acoustiques qui permettent de détecter des ruptures de fils ou de torons des éléments précontraints.

7. CONCLUSIONS

Si les techniques d'auscultations non destructives présentées ici, dans leur contexte de terrain sur les 4.000 ponts de la Région Wallonne se perfectionnent, elles montrent toutes leurs limites, soit au niveau des résultats apportés, soit en termes de rendement de la méthode, et c'est en croissant ces méthodes et en validant les résultats par des investigations destructives que des réponses fiables peuvent être apportées aux concepteurs des réparations.