

## Chaussée rigide : la dalle en béton armé continu avec armature en polymère renforcé de fibre de verre

La dalle en béton armé continu (BAC) est caractérisée par la présence d'une armature continue dans le béton et l'absence de joints transversaux autres que les joints de construction. Les changements de volume hygrothermique du béton sont répartis en un très grand nombre de microfissures. La première dalle (BAC) au Canada a été construite sur l'autoroute 13 à Laval en 2000. Peu de temps après la mise en service, des carottes prélevées au droit de fissures ont montré l'initiation de la corrosion dans les barres en acier noir. Des alternatives ont donc été proposées pour lutter contre les effets de la corrosion comme la galvanisation de l'acier et l'utilisation de barres en matériau non corrodable soit en polymère renforcé de fibre de verre (PRFV).

### PREMIERS PAS DU BAC AVEC LES BARRES EN PRFV

Un projet de recherche pionnier est alors lancé au ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET) en collaboration avec l'Université de Sherbrooke et concerne l'utilisation de barres en PRFV en remplacement de l'acier dans une dalle BAC. L'objectif principal de ce projet de recherche est de mettre en œuvre la technologie des barres en PRFV dans le BAC et d'adapter une méthode de conception.

Afin de suivre le comportement en service du BAC avec PRFV, quinze sections d'essais de 150 m sur une largeur couvrant les trois voies de l'autoroute 40 direction Est à Kirkland ont été construites dans le cadre de la réhabilitation de la chaussée (figure 1). En plus, trois autres sections comportant des dalles armées de barres en acier galvanisé ont été mises en place pour fins de comparaison. Les paramètres étudiés sont le pourcentage d'armature, le type d'armature, l'espacement des armatures, le diamètre des barres d'armature, l'épaisseur de la dalle, la profondeur des barres, la présence de deux (2) lits d'armature et enfin, l'effet de fissures induites uniformément espacées à la surface de la dalle. Le pourcentage d'armature par rapport à la section transversale de béton variait de 0,77 et 1,57 pour le PRFV alors qu'il était de 0,77 pour l'acier. Plusieurs types de capteurs ont été utilisés dans ce projet : jauges de déformation électriques mesurant les déformations du béton et des armatures (acier et barres en PRFV), des thermocouples pour mesurer la température ainsi que 4 types de capteurs à fibres optiques pour

mesurer les déformations des armatures. Ces capteurs ont permis le suivi du comportement au jeune âge ainsi que les effets du trafic et de l'environnement. Le projet de recherche et le suivi de la performance se sont étalés sur six (6) ans. Les principaux constats sont les suivants :

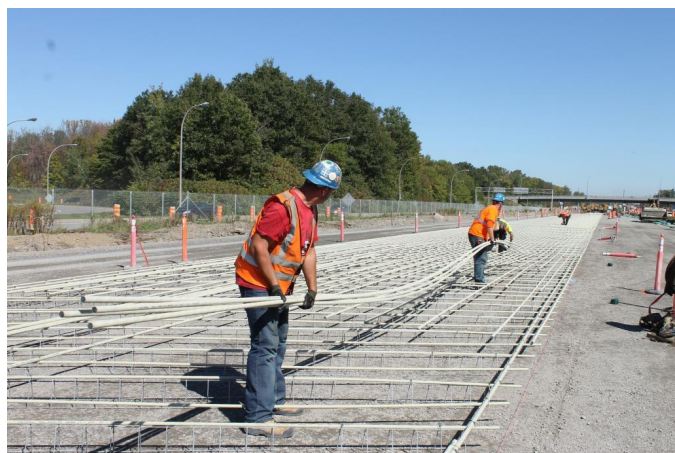
- La mise en place des armatures en PRFV est plus facile étant donné leur légèreté, mais davantage de précautions sont requises quant à la manipulation et l'entreposage. Il n'y a pas de différence notable dans la pose du béton par la machine avec coffrages glissants avec les barres en PRFV.
- Le comportement sur six (6) ans est généralement bon sauf à quelques endroits où les fissures transversales sont très rapprochées (groupe de fissures); ce phénomène peut conduire à un punchout, dégradation typique de la dalle BAC. D'ailleurs, l'espacement entre les fissures et les groupes de fissures est souvent plus élevé que pour le BAC avec acier, ce qui peut conduire à une ouverture plus grande des fissures.
- Étant donné le grand nombre de paramètres et la courte longueur des sections d'essais (25 m), il a été difficile d'établir de véritables tendances pour progresser dans l'établissement d'une méthode de conception du BAC avec PRFV.



Figure 1 – Construction de la section d'essais en 2006

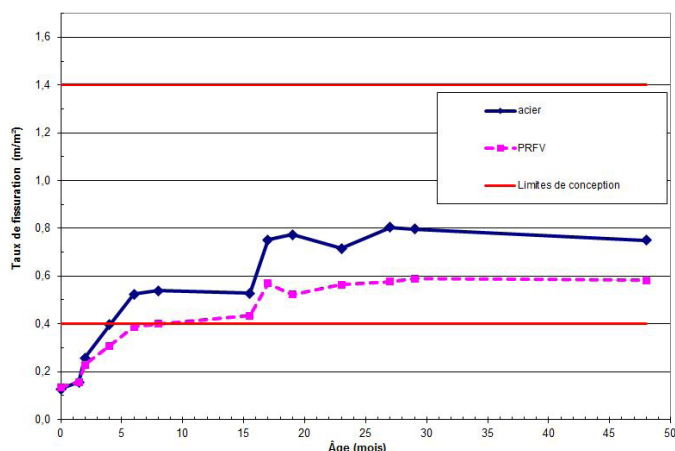
## SECTION D'ESSAIS DE 300 M À CONCEPTION UNIQUE

La recherche du BAC avec PRFV s'est poursuivie par la construction d'une seconde section expérimentale de 300 m sur l'autoroute 40 direction Ouest à Baie d'Urfé en 2013 (figure 2) et comportait une conception unique avec 0,93 % d'armature (barres en PRFV de 25,4 mm de diamètre espacées de 173 mm). L'objectif était donc de poursuivre l'évaluation de la performance sur trois (3) ans d'une sous-section de 100 m en PRFV et en acier, et de préciser divers aspects menant à l'établissement d'une méthode de conception. La suite du projet de recherche a comporté, entre autres, la réalisation d'une étude par éléments finis à l'aide du logiciel Abaqus et a permis d'évaluer, sur une dalle non fissurée, l'influence des paramètres tels que le pourcentage d'armature, la profondeur et les propriétés des barres en PRFV, l'épaisseur de la dalle ainsi que le coefficient de dilatation thermique du béton sur le comportement du BAC. L'analyse par éléments finis, validée par les résultats expérimentaux, montre que les contraintes à la surface de la dalle dans la section avec les barres en acier sont supérieures à celles de la section en PRFV pour différents emplacements de la charge roulante. Par contre, autour des barres longitudinales, les contraintes dans la section en PRFV sont supérieures à celles de l'acier.



**Figure 2 – Pose des barres en PRFV en 2013**

Sur le terrain, des mesures de l'espacement des fissures ont permis d'évaluer leur évolution dans le temps (figure 3). Le taux de fissuration global pour la section en PRFV est demeuré légèrement inférieur à celui de l'acier : après 29 mois, il y a une différence de 0,2 m/m<sup>2</sup>. Malgré tout, les taux de fissuration sont situés à l'intérieur de la plage de valeurs fixée à la conception (entre 0,4 et 1,4 m/m<sup>2</sup>), autant pour l'acier que le PRFV.



**Figure 3 – Évolution du taux de fissuration 2013-2017**

## CONCLUSION

Les matériaux composites comme les barres en polymère renforcé de fibre de verre sont d'un véritable intérêt pour les ouvrages en béton armé, surtout les dalles de chaussées qui sont directement confrontées aux éléments climatiques et aux sels de déglaceage. Les premiers résultats de recherche impliquant l'utilisation de matériaux composites de type PRFV dans les dalles en béton armées continues (BAC) dénotent le fort potentiel de ce produit dans un contexte de chaussées fortement sollicitées. Après une dizaine d'années de recherche, nos projets pionniers sur l'utilisation des barres en PRFV dans le BAC ont permis de mieux comprendre le comportement par des analyses théoriques et des suivis sur le terrain de dalles instrumentées. Le BAC avec PRFV nécessite de 20 à 30 % plus d'armatures longitudinales par rapport à l'acier. Par contre, la non-corrodabilité des barres en PRFV pourrait largement compenser cet aspect dans une perspective à long terme. Les constats issus de cette étude permettront d'effectuer une analyse des coûts globaux et une analyse du cycle de vie considérant l'ensemble des coûts liés à la construction, l'entretien ainsi que les coûts à l'usager. Une telle démarche devrait permettre de justifier et potentiellement de généraliser l'usage des armatures en PRFV dans les chaussées rigides de type BAC.

**RESPONSABLE :** Denis Thebeau, ing.

**DIRECTEUR :** Yvon Villeneuve, ing.  
Direction générale du laboratoire  
des chaussées