

RENFORCEMENT DES GOUSSETS DU PONT HONORÉ-MERCIER

Marc-Olivier, Bessette ing.

Richard Fay, ing.

Cegertec Experts conseils inc.

RÉSUMÉ

Une inspection à la superstructure amont du pont Honoré-Mercier, reliant Montréal à la Rive-Sud, a révélé une détérioration avancée de neuf goussets. Face à l'urgence de la situation, le propriétaire de l'ouvrage a ordonné la fermeture de la structure amont du pont Honoré-Mercier à toute circulation automobile.

L'entrepreneur général Mohawk Bridge Consortium (MBC), mandaté par le propriétaire de l'ouvrage, a fait appel à Cegertec pour l'assister dans la recherche d'une solution pour réaliser les travaux de réparation. En étroite collaboration avec MBC et son sous-traitant, Parmétal, l'équipe de Cegertec a développé une méthode simple, sécuritaire et rapide qui a permis de renforcer les neuf goussets dans un délai record d'à peine un mois et demi, ce qui représente une économie de temps de 65 % par rapport à la méthode conventionnelle envisagée initialement, et de redonner au pont sa pleine capacité à supporter les quelques 80 000 véhicules qui l'empruntent chaque jour.

La méthode développée permet de juxtaposer de nouveaux goussets aux goussets existants sans jamais désolidariser l'assemblage. Cette méthode rapide permet d'éviter l'installation d'un système coûteux de reprise et de transfert de charges, nécessaire si les goussets existants sont remplacés.

Dès le début du processus de conception, l'entrepreneur a été impliqué dans l'élaboration des étapes afin d'évaluer la faisabilité et de raffiner la méthode en fonction des conditions de chantier et des délais de fabrication des éléments. Cette approche a généré un gain de temps considérable au chantier puisque les problèmes potentiels étaient identifiés et gérés avant la réalisation des travaux.

Bien que basée sur une prémisse relativement simple de conserver les goussets existants, l'élaboration et la mise en application de cette méthode novatrice a nécessité la collaboration de tous les intervenants du projet et ce, dès le début de la conception. Cette collaboration est la pierre angulaire de la réussite de ce projet.

Introduction

Le pont Honoré-Mercier, qui a été construit entre 1932 et 1934, traverse le fleuve Saint-Laurent et la Voie maritime du Saint-Laurent, entre l'île de Montréal, et le territoire Mohawk de Kahnawake, sur la Rive-Sud. En 1963, un second pont en aval du premier a été construit pour répondre à l'augmentation du volume de circulation. Le pont Honoré-Mercier cumule quatre (4) voies de circulation, soient deux (2) dans chaque direction.

Une inspection suivie d'une évaluation de la capacité de la structure du pont amont a révélé en 2011 que les goussets de neuf nœuds de la corde inférieure des poutres triangulées présentaient une capacité déficiente due à une détérioration avancée. À la lumière de ces résultats, le mardi 14 juin 2011, le ministère des Transports du Québec (MTQ) annonce la fermeture immédiate de cette voie pour des raisons de sécurité.

Étant donné que 80 000 véhicules franchissent quotidiennement le pont Honoré-Mercier, la fermeture de deux (2) voies créa une surcharge importante du transit sur les autres voies d'accès du réseau. La commande du MTQ à l'entrepreneur responsable des travaux, Mohawk Bridge Consortium (MBC), était que les travaux de remplacement des goussets déficients soient complétés le 5 septembre 2011 pour permettre la réouverture des voies à la circulation pour la rentrée des classes.

Géométrie

La structure de la rampe amont du pont Honoré-Mercier est constituée de poutres triangulées avec tablier supérieur. Une poutre triangulée est une poutre dont les membrures supérieure et inférieure (cordes) sont reliées par des membrures diagonales et membrures verticales (montants). Les goussets servent à connecter les membrures diagonales et les montants aux cordes supérieures et inférieures de la poutre triangulée. Tous les efforts présents dans les membrures diagonales et les montants dus au poids propre de la structure et à la surcharge routière transitent par ces goussets. La rupture d'un seul gousset entraînerait la ruine de l'ouvrage.

Le remplacement de gousset nécessite la désolidarisation complète des membrures connectées à cette dernière. Avant d'entreprendre des travaux de remplacement d'un gousset, il faut mettre en place un système élaboré (étalement) temporaire de transfert et de reprise des efforts. Le remplacement des goussets du pont Honoré-Mercier a d'ailleurs été réalisé avec succès à l'aide d'un système d'étalement temporaire en 2005, 2006 [1] et 2011.

Les neuf nœuds, pour lesquels une intervention était requise à l'été 2011, se présentaient selon cinq configurations complètement distinctes. Par conséquent, si le recours à un système d'étalement temporaire avait été retenu; la conception, la fabrication et la mise en œuvre de cinq systèmes élaborés d'étalement auraient été nécessaires. Bien que cette solution soit techniquement irréprochable, elle ne permettait pas de satisfaire l'échéancier imposé. Il fallait donc opter pour une nouvelle approche qui permettait de respecter des critères de durabilité et de résistance équivalents à la solution qui avait fait ses preuves.

Un tour d'horizon

Le *Cedar Street Truss Bridge* à Peronia en Illinois, construit en 1932, est constitué de poutres triangulées et d'un tablier supérieur similaire à la rampe amont du pont Honoré-Mercier. Lors d'une inspection de la structure, le *Illinois Department of Transportation* (IDOT) a découvert la présence de goussets détériorés.

La solution retenue par le IDOT pour corriger la situation consistait au renforcement des assemblages par l'ajout de nouveaux goussets à l'extérieur des nœuds [2]. Pour permettre l'insertion du nouveau gousset sur la face intérieure du nœud, les contreventements latéraux qui interféraient avec le nouveau gousset devaient être raccourcis. Ensuite, chacun des rivets présents au niveau des goussets existantes était remplacé par de nouveaux boulons maintenus en place de façon permanente par un écrou serré à bloc. Une fois tous les rivets remplacés par des boulons, le nouveau gousset était insérée et ensuite fixée à l'aide d'écrous serrés à bloc. Finalement, les contreventements latéraux étaient reconnectés au nœud renforcé.

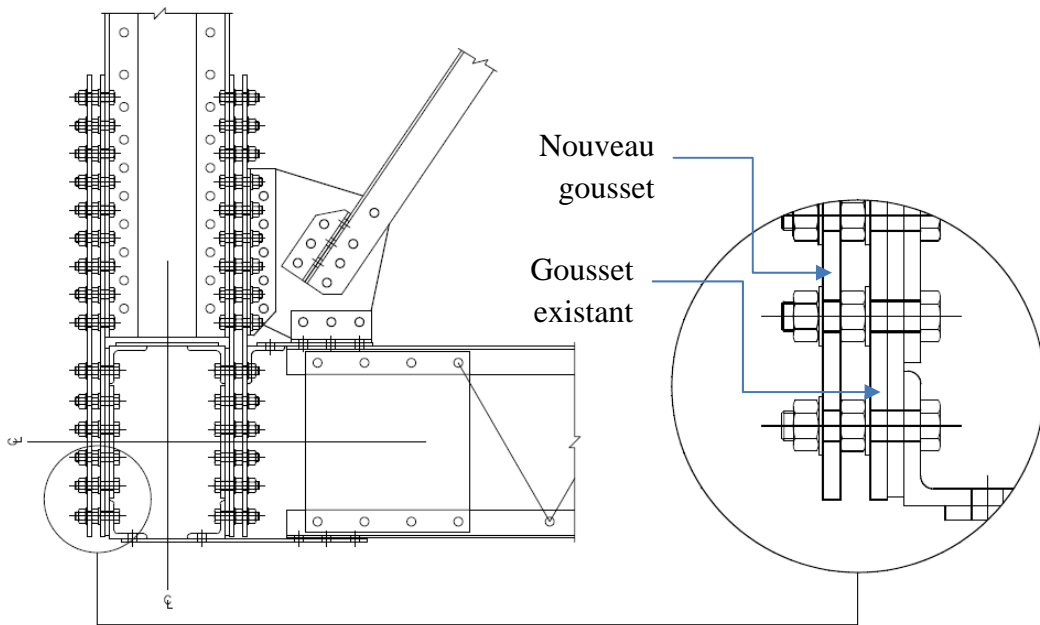


Figure 1 : Renforcement d'un gousset par l'ajout de nouveaux goussets (*Cedar Street Truss Bridge*)

Étant donné la configuration quelque peu différente des membrures dont sont composées les poutres triangulées de la rampe amont du pont Honoré-Mercier, l'approche adoptée par le IDOT pour la réparation des goussets défectueux du *Cedar Street Truss Bridge* n'a pu être retenue. Effectivement, la corde inférieure et certaines diagonales du pont Honoré-Mercier sont composées de profilés en « C » placés dos à dos à une distance d'environ 340 mm. La présence à l'extérieur du nœud des cornières constituant le profilé en « C » empêche la juxtaposition d'un nouveau gousset en renfort des goussets défectueux.

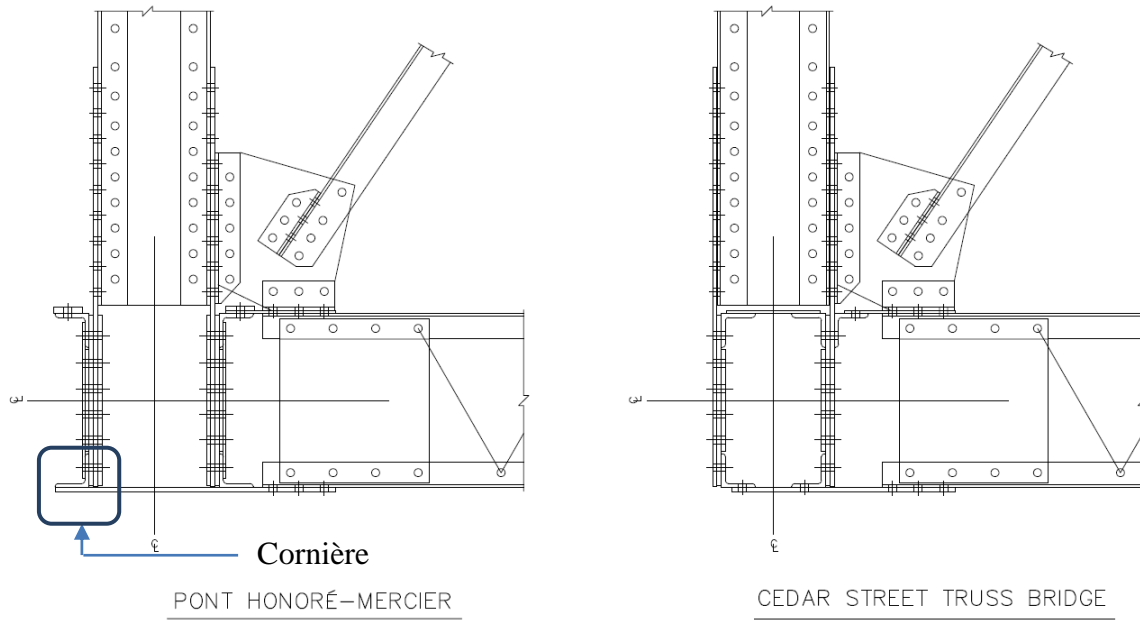


Figure 2 : Différence de configuration des membrures

Eurêka!

L'implication de Cegertec avec l'équipe de MBC a débuté à la mi-juillet 2011. Le temps était compté, il ne restait plus que sept semaines avant la date butoir. Il fallait réinventer les façons de travailler. Pour rentabiliser le temps, la clé de la réussite résidait dans la connaissance fine du travail à réaliser pour chacun des goussets. L'approche terrain a donc été privilégiée. Les réunions entre les trois parties constituantes de l'équipe de projet, MBC, Cegertec et Parmetal, le fournisseur d'acier, se sont déroulées juchées dans la structure.



Figure 3 : Salle de réunion

Le mot d'ordre lors des rencontres d'équipe était qu'il fallait trouver une solution hors des cadres usuels (think outside the box), un procédé plus simple, plus rapide que ce qui était connu et qui avait préalablement été mise en œuvre. Après quatre séances de remue-méninges, une esquisse de solution prenait forme. Restait à en valider la faisabilité. D'esquisse, la solution a commencé à revêtir sa forme définitive.

De façon générale, la solution novatrice élaborée de concert avec MBC et Parmétal, consistait au renforcement des goussets par l'ajout de nouveau gousset par l'intérieur des poutres triangulées. Toutefois, pour créer l'espace nécessaire à l'insertion des nouveaux goussets par l'intérieur, le cœur des montants et de certaines diagonales devait être découpé. Avant de procéder à cette chirurgie d'un jour, les montants et les membrures diagonales devaient préalablement être renforcés par l'extérieur du nœud. Tout au long des travaux, le maintien de la connexion entre les membrures de la poutre triangulée et les goussets existantes a été assuré par la mise en place d'une combinaison de tiges d'assemblage et de boulons spécialement conçus pour ces travaux. Voici par étape, l'approche développée :

1. Renforcement des membrures verticales (ou diagonales) par ajout de cornières à l'extérieur du gousset existant.
2. Découpage de la membrure verticale (ou diagonale) existante.
3. Remplacement des boulons existants des goussets par une combinaison de boulons spéciaux et de tige d'alignement (figure 3).
4. Mise en place des nouvelles plaques de cale et du gousset (figures 4 et 5).
5. Remplacement des tiges d'alignement et des boulons spéciaux par des boulons permanents.
6. Reconstruction de l'intérieur de la membrure verticale découpée à l'étape 2 (figure 6).



Figure 3 : Étape 3 – Vue extérieure du nœud



Figure 4 : Étape 4



Figure 5 : Étape 4



Figure 6 : Étape 6 – Vue intérieure du nœud

Tour de force

Six semaines restaient entre le moment où la solution a pris forme et la réouverture prévue de la structure. Un travail contre la montre s’amorçait; à l’intérieur de ce délai, il fallait procéder aux relevés complémentaires sur le terrain, à la conception détaillée, aux travaux préparatoires sur le chantier, à la préparation des dessins d’atelier, à la fabrication et galvanisation des nouveaux éléments d’acier et à la mise en œuvre sur le terrain.

Statistiques :

- Durée de la conception détaillée et de la mise en plan : 17 jours
- Nombre de feuillets et plans produits : 66
- Nombre de rivets remplacés par des boulons temporaires : plus de 2 700
- Éléments d’acier fabriqués et galvanisés : plus de 270
- Boulons spéciaux : plus de 300
- Tiges d’assemblage : plus de 2 200
- Boulons temporaires : plus de 2 700
- Boulons permanents : plus de 3 000

Pour ajouter un niveau de difficulté, cet intense travail a pris cours pendant la période de l’année durant laquelle la moitié du Québec est en vacances. Cela a obligé l’équipe de projet à déplacer les vacances de certains des membres de son personnel et faire preuve de doigté auprès de ses fournisseurs afin que la chaîne de production soit alimentée en continu.

Conclusion

Devant une telle situation d'urgence, les acteurs en présence, le Mohawk Bridge Consortium, Parmetal et Cegertec, ont fait preuve d'innovation. D'entrée de jeu, la méthode appliquée comportait un lot de difficultés techniques et organisationnelles tel que cela laissait planer des doutes sur la possibilité de satisfaire l'exigence du calendrier imposé.

La qualité de communication entre les partenaires a joué un rôle déterminant dans l'articulation du plan de travail de chacun, et dans la façon dont le relai était assuré.

La compréhension des tenants et aboutissants, et du rôle de chacun des partenaires ainsi que de ceux de leur personnel, jumelé à une volonté inébranlable et sans faille tout au long du projet a créé l'effet de synergie menant à la livraison comme attendu le 5 septembre 2011.

Ce projet illustre éloquemment que lorsque l'entrepreneur, le fournisseur et l'ingénieur-conseil travail main dans la main, de grandes innovations peuvent naître de cette collaboration dans un espace-temps limité.

Remerciements

Mohawk Bridge Consortium, Ministère des Transports du Québec, Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée, Parmétal, Dessau et BCA

Références

- [1] SALAS, M., DIONNE, G., LEMAY, C., et MAILHOT, G. (2006) Remplacement de gousset sur un pont à poutres triangulées, 13^e Colloque sur la progression de la recherche québécoise sur les ouvrages d'art, Université Laval
- [2] ANDERSON, R.E. (2010) Gusset plate retrofit in Illinois