

Réfection du pont Monseigneur-Langlois

Christian Mercier, ing.

Direction des structures

Sylvain Dufresne, ing.

Direction de l'Ouest-de-la Montérégie

(au moment de la préparation du projet)

Résumé

Le pont Monseigneur-Langlois est constitué de quatre (4) structures situées sur la route 201, qui permettent de traverser le fleuve Saint-Laurent à l'extrémité du lac Saint-François, entre les municipalités de Salaberry-de-Valleyfield et de Coteau-du-Lac au Québec. La détérioration avancée de la dalle de béton de même que les problèmes de circulation du tronçon routier ont mené à la préparation d'un projet de réparation et d'élargissement des deux (2) ponts Monseigneur-Langlois les plus importants. Le projet de réfection du pont n° 1 a été réalisé en 2006 et était une des premières phases du projet d'élargissement du tronçon de la route 201. Le projet du pont n° 2 est présentement en appel d'offres et doit être réalisée en 2008 et 2009. En ce qui concerne les ponts 3 et 4, ils offrent présentement la possibilité d'aménager 4 voies de circulation.

La réalisation des travaux d'élargissement et de réfection du pont n° 1 construit en 1953 selon des standards et des charges de service très différents que ceux actuellement utilisés sont en soi novateurs. La conservation et la réfection du pont Mgr-Langlois a permis au MTQ d'économiser de l'argent et du temps afin de redonner aux usagers un ouvrage plus fiable et répondant aux nouvelles normes. Pour ce faire, les concepteurs ont intégrés dans les documents d'appel d'offres des procédés et des techniques de construction particulières qui pourront être intégrés dans le futur à d'autres projets de réfection similaires.

- L'utilisation de pneus déchiquetés afin de diminuer les pressions de sols sur les culées modifiées;
- L'élargissement des fûts existants par gainage et post-tension;
- L'utilisation de poutrelles en béton afin de remplacer le plancher structural existant composé d'entretoises et de longerons;
- L'utilisation de poutres en acier à âme pleine afin d'élargir le tablier constitué de poutres triangulées;
- La gestion de la circulation d'un ouvrage dont le détour est de 120 km et la gestion des travaux en rivière en aval d'un ouvrage de régulation d'Hydro-Québec situé à moins de 60 m en amont.

Introduction

Le pont Monseigneur-Langlois est constitué de quatre (4) structures situées sur la route 201 qui permettent de traverser le fleuve Saint-Laurent à l'extrémité du lac Saint-François, entre les municipalités de Salaberry-de-Valleyfield et de Coteau-du-Lac au Québec.



Photo 1 : Vue amont du Pont Monseigneur-Langlois n°1 avant les travaux

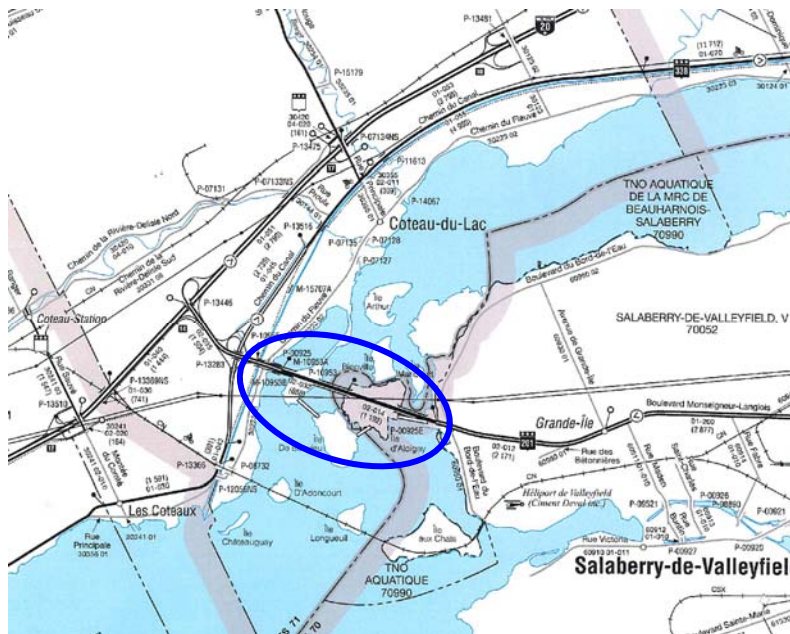


Figure 1 : Localisation du pont Monseigneur-Langlois

Le pont n° 1 permet de relier les îles de Grande-Île et d'Aloigny situées à Salaberry-de-Valleyfield. Il s'agit d'un pont à poutres triangulées avec tablier supérieur d'une longueur totale de 341 m. Il est constitué de deux (2) culées creuses de 8 m de profondeur chacune, et un tablier de 325 m de longueur qui repose sur six (6) piles. Les travées d'extrémité mesurent 40,3 m de longueur alors que les autres travées mesurent chacune 48,8 m de longueur.

Les fondations reposent sur le socle rocheux. Le tablier est constitué de quatre (4) poutres triangulées de 3,6 m de hauteur sur lesquelles reposent des entretoises qui supportent une dalle en béton de 200 mm d'épaisseur. Un revêtement bitumineux de 65 mm sert de surface de roulement.

La largeur carrossable du tablier est de 11,0 m et trois (3) voies de circulation sont aménagées, la voie centrale étant réservée aux véhicules d'urgence.

Le pont n° 1, construit en 1953, offre un comportement satisfaisant et une capacité portante adéquate. Toutefois, le béton des culées présente des défauts de matériaux importants et la dalle est dans un état de dégradation très avancé. En effet, la grande perméabilité de cette dalle requiert des interventions récurrentes par les équipes d'entretien du Centre de services du Ministère, qui doivent intervenir à une fréquence de trois (3) fois par semaine durant la saison hivernale. Les infiltrations d'eau endommagent la charpente métallique au niveau des appuis où on retrouve des joints de dalle. Le béton des piles est en bonne condition.

Description du projet

Pour le MTQ, ce projet a nécessité un investissement important et a été réalisé avec de nombreuses contraintes, dont celui d'un délai de réalisation en chantier très serré. Le projet a débuté le 18 avril et s'est terminé avec succès au début de décembre. Plusieurs sous-traitants spécialisés s'y sont succédé afin de réaliser le produit final.

Le projet consiste à remplacer les culées creuses par des culées conventionnelles, à élargir le fût des piles pour permettre l'installation d'une nouvelle poutre d'acier de part et d'autre de la charpente métallique existante et de remplacer la dalle existante par une dalle de 21,7 m de largeur permettant l'aménagement de quatre (4) voies de circulation.



Photo 2 : Mauvais état de la dalle et de la surface de roulement du pont Monseigneur-Langlois avant les travaux

Le coût du projet est de 17,8 millions de dollars, dont 15,4 millions de dollars pour les travaux de construction. Cet investissement se répartie comme suit : 1,3 million de dollars pour les travaux de terrassement et de maintien de la circulation, 13,9 millions de dollars pour les travaux de structures et 200 000 \$ pour les travaux d'électrotechnique.



Photo 3 : Vue amont du pont Monseigneur-Langlois après les travaux

Une étude multicritère a été complétée au niveau de l'analyse d'avant-projet pour évaluer différentes solutions de réfection et de reconstruction du pont. Parmi les critères retenus apparaissait l'impact environnemental des travaux (court terme et long terme). La solution de réfection retenue est celle qui présente le plus faible empiètement maritime, soit l'élargissement de la partie supérieure du fût et la réparation des piles dans les limites des semelles existantes.

Un devis spécifique traitait des contraintes environnementales associées aux travaux, en particulier pour ceux exécutés sur les propriétés d'Hydro-Québec situées sur l'île d'Aloigny et pour les travaux maritimes en aval de l'ouvrage de retenue d'Hydro-Québec.

Les travaux sur l'île d'Aloigny ont été complétés en assurant la protection de certaines espèces animales et végétales à statut particulier, dont la couleuvre brune. De plus, l'autorisation de commencer les travaux a été émise en considérant les restrictions associées à la présence d'une héronnière à moins de 500 m des travaux.

Le devis présentait plusieurs exigences concernant la qualité de l'eau, du sol et de l'air, ainsi que le contrôle de l'érosion et la stabilisation des sols.



Photo 4 : Batardeau pour l'élargissement d'une culée

Gestion des travaux et de la circulation

Les principales contraintes se situent au niveau de la coordination du chantier et au maintien de la circulation pendant les travaux, au choix des méthodes de travail associées à un échancier serré, à l'exiguïté des lieux et à la présence d'un milieu environnemental sensible.

Le pont Monseigneur-Langlois est le seul lien routier québécois qui permet de traverser le fleuve Saint-Laurent à l'Ouest du pont Honoré-Mercier à Montréal. Le détour est de 120 km. Le débit journalier moyen annuel est d'environ 34 000 véhicules par jour (2005) sur deux (2) voies de circulation, ce qui le classe parmi les ponts du Québec ayant les plus grands achalandages par voie.

Le pont est situé à environ 60 m en aval de l'ouvrage de régulation Coteau 1 d'Hydro-Québec, qui fait partie d'un ensemble d'ouvrages qui permet l'alimentation en eau de la centrale de Beauharnois et le maintien constant du niveau d'eau du lac Saint-François. La présence de cet ouvrage rend difficile les travaux à partir du niveau de l'eau car une ouverture rapide et imprévisible des vannes peut être requise pour répondre à des besoins d'opération d'Hydro-Québec. Des procédures de cadenassage et de communication ont été mises en œuvre afin d'assurer la sécurité des travailleurs.



Photo 5 : Impact de l'ouvrage de régulation sur l'écoulement des eaux aux piles du pont

Les travaux ont été principalement effectués à partir du tablier. Sa largeur carrossable de 11,0 m a permis l'aménagement d'une voie de circulation par direction et d'une aire de travail d'environ 3,5 m de largeur. Pour ce faire, la largeur des voies de circulation a été réduite à 3,2 m. Toutefois, l'exiguïté des lieux a nécessité la fermeture d'une des deux (2) voies de circulation disponibles en soirée et durant la nuit pour compléter les activités de bétonnage de la dalle, de mise en place des poutres et de réparation de la dalle existante pendant la première phase des travaux. Ces fermetures ont entraîné des congestions importantes et un impact social significatif.



Photo 6 : Réduction des voies de circulation

La réfection d'un ouvrage comme celui-ci a un caractère plus complexe que la construction d'un pont neuf. En fait, l'entrepreneur doit s'ajuster en chantier aux éléments existants, ce qui peut entraîner une modification des travaux et des coûts supplémentaires. Par exemple, lors de la démolition partielle d'une culée creuse, un mur n'était pas appuyé et encastré sur une semelle filante mais sur une simple semelle isolée ! Des ouvrages temporaires ont été nécessaires de même que la modification de la conception originale.



Photo 7 : Travaux d'élargissement d'une culée, hauteur totale de plus de 10 m

Élargissement des fûts

La présence de l'ouvrage de régulation d'Hydro-Québec en amont a aussi nécessité un élargissement novateur du fût des piles en rivière. Un chevêtre en béton précontraint par post-tension a donc été coulé en place de part et d'autre du fût existant. L'élancement de ce nouveau chevêtre en porte-à-faux a donc été optimisé afin de ne pas affecter l'écoulement des eaux au nez des piles par l'ouverture des vannes du barrage. L'utilisation de la post-tension a aussi permis à l'entrepreneur de travailler au-dessus d'un niveau d'eau sécuritaire basé sur les crues d'avril et mai.



Avant Après
Photo 8 : Fûts et nouveaux chevêtres des piles

Le cheminement critique du projet était de réaliser l'élargissement des piles en rivière le plus rapidement possible afin de ne pas retarder les travaux en phases au tablier. Sur ce point, l'option d'élargir les semelles de fondation ne pouvait être réalisée. La bonne capacité du socle rocheux a donc permis l'utilisation d'ancrages au roc forés à travers le fût des piles, sur plus de 18 mètres de longueur, afin de résister, entre autres, aux effets critiques de débalancement des charges lors de la phase 2. Pour la pile en rivière dite «fixe», elle doit reprendre principalement les efforts engendrés par une action sismique longitudinale, d'autres ancrages au roc plus imposants ont aussi été forés à travers le fût de la pile et une post-tension a été réalisée. Tous ces ancrages au roc ont aussi permis d'augmenter considérablement la capacité en compression-flexion des fûts des piles. Conséquemment, ils pouvaient maintenant résister aux efforts plus importants reliés à l'élargissement.



Photo 9 : Aciers d'armature et de précontrainte aux extrémités des nouveaux chevêtres



Photo 10 : Armature de précontrainte des ancrages au roc

Un socle simple a aussi été construit au-dessus des nouveaux chevêtres afin de relier diagonalement les nouvelles poutres d'acier à âme pleine à celles ajourées existantes.



Photo 11 : Socle d'appui des nouvelles poutres

Nouvelles poutres en acier

Lors de la conception du projet, deux options ont été évalués afin d'élargir le tablier existant. L'utilisation de poutres d'acier à âme pleine a été préférée aux poutres triangulées. Ces dernières ont été jugées plus complexes et coûteuses à fabriquer. De plus, le montage d'une charpente de 3 600 mm de hauteur s'avérait difficile selon les conditions de chantier précédemment stipulées.

De par sa plus grande rigidité naturelle que la poutre ajourée, ou dites triangulées, la poutre à âme pleine conçue pour le pont n° 1 a une hauteur d'environ 2 500 mm et n'est pas en action composite avec la dalle. Les nouveaux contreventements intermédiaires sont peu redondants afin de faciliter l'assemblage avec la charpente contreventée existante. Par contre, les contreventements aux appuis ont été largement modifiés étant donné la différence de hauteur des poutres existantes et projetées.

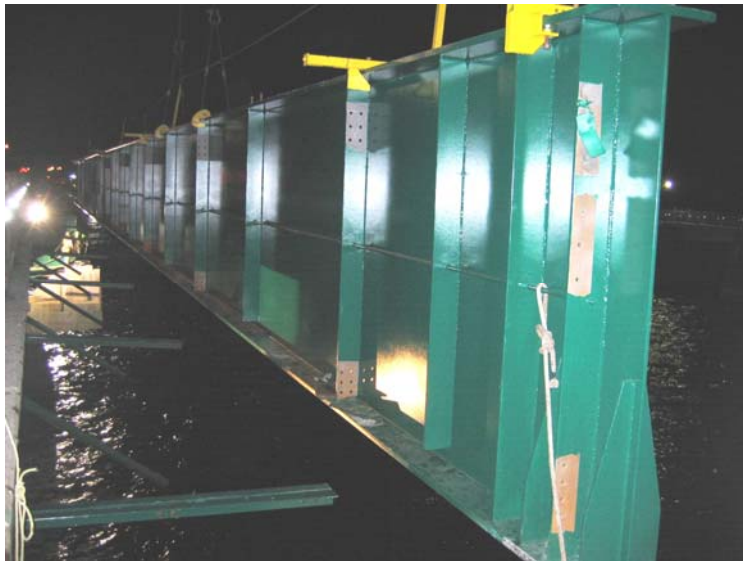


Photo 12 : Mise en place de nouvelles poutres

Poutrelles en béton

La réalisation des travaux au tablier, principalement le remplacement de la dalle, en deux (2) phases seulement, a été rendue possible par la versatilité du béton. En fait, un système poutrelles-dalle peu commun aux ouvrages d'art a été élaboré et exécuté en chantier avec perfection. La dalle mince existante a été remplacée et les entretoises en acier sur lesquelles elles reposent ont été démolies. De nouvelles poutrelles de béton servant d'appui à la nouvelle dalle et situées au-dessus de la membrure supérieure des poutres triangulées ont été conçues. Le choix, quant au mode de construction de ces poutrelles, a été laissé à la discrétion de l'entrepreneur : préfabriqué ou coulé en place. Notons que la dalle mince de 225 mm d'épaisseur devait être coulée en place.



Photo 13 : Première phase des travaux de remplacement de dalle



Avant : dalle sur entretoises en acier

Après : dalle sur poutrelles en béton

Photo 14 : Dessous de dalle

La conception des poutrelles en béton a été optimisée afin de conserver le profil de la route et de permettre un dégagement entre le dessous de la poutrelle et le dessus de la charpente métallique. Deux (2) conceptions différentes ont été proposées à l'entrepreneur, modèle préfabriqué et modèle coulé en place avec la dalle, afin de lui donner plus de latitude.



Photo 15 : Acier d'armature de la dalle et des poutrelles

Le béton utilisé a principalement été un mélange de ciment ternaire de type «Gub-F/SF» (cendre volante et fumée de silice) avant le 15 octobre et un mélange de ciment avec fumée de silice «Gub-SF» après cette date.



Photo 16 : Dalle et chasse-roue de la dernière phase des travaux

La réfection d'un tel ouvrage a nécessité l'utilisation de coffrages particuliers et de systèmes de soutien adaptés. Pour la construction des poutrelles, l'entrepreneur a choisi d'utiliser le système coulé en place. C'est-à-dire que les poutrelles et la dalle ont été coulées simultanément. Afin de diminuer le temps de coffrage et de respecter l'échéancier, des coffrages préfabriqués ont été utilisés. Ces coffrages permettaient de plus d'ajuster la hauteur en chantier en fonction des pertes de cambrures des poutres principales et du profil de la route. La finition du béton de la dalle a été réalisée avec le finisseur à béton automoteur de Gomaco.

Modification des culées

Les culées existantes évidées ont été modifiées et élargies selon les standards du MTQ. Les dalles structurales ont été démolies et une dalle d'approche sur remblai a été construite. Afin de palier aux nouvelles poussées des terres derrière le mur de front des culées et transmises aux semelles existantes, deux (2) solutions ont été adoptées. L'ajout d'ancrage au roc à travers une section du mur existant et de la semelle existante et la mise en place de remblai en pneus déchiquetés diminuant de près de 50 % les poussées des terres.



Photo 17 : Modification des culées creuses



Photo 18 : Remblai de pneus déchiquetés

Les travaux ont été réalisés sur l'île d'Aloigny, qui fait partie d'un écosystème forestier exceptionnel, et sur un plan d'eau majeur. Les travaux aux culées ont été complétés à l'intérieur de batardeaux et les eaux d'infiltration étaient traitées avant d'être retournés au cours d'eau.

Lors de la démolition et la modification des culées, des ouvrages de soutènement ont été requis afin de permettre la circulation près des zones de travail.



Photo 19 : Acier d'armature de l'élargissement de culée

Conclusion

Le pont Mgr-Langlois est constitué de travées composées de poutres triangulées en acier avec tablier supérieur. Les travaux aux ponts n^{os} 1 et 2, réalisés en 2006 et ceux prévus en 2008-2009, visent le remplacement complet de la dalle de même que l'élargissement du pont de 13.1 à 21.7 mètres.

Les travaux d'élargissement, réalisés au cours de l'été 2006, ont démontré qu'il était efficace et économique d'élargir au moyen de poutres en acier à âme pleine. De plus, l'utilisation d'un système de poutrelles en béton pour le platelage a permis de régler la problématique associée aux entretoises métalliques tout en assurant un produit fini de qualité.

La nouvelle dalle du pont de même qu'une capacité accrue de l'axe routier 201 feront en sorte que le pont Mgr-Langlois sera en mesure de poursuivre sa contribution au développement économique et démographique de la région de l'Ouest de Montréal pour plusieurs années.