

# **REPLACEMENT PAR MÉTHODE « OPTIMISÉE » DU PONT D'ÉTAGEMENT DU CHEMIN FER-À-CHEVAL AU-DESSUS DE L'AUTOROUTE 20 À SAINTE-JULIE**

**Michaela Aldéa, ing.<sup>1</sup>, Nicolas Charest, ing., M.Sc.A.<sup>2</sup>, Ivan Ruscitti, ing.<sup>3</sup>**

1. Coordonnatrice des structures, Direction Est-de-la-Montérégie, MTQ
2. Chargé de projet, Transport ponts, CIMA+
3. Chef du Service des projets, Direction Est-de-la-Montérégie, MTQ

## **RÉSUMÉ :**

De nos jours, de nouvelles techniques applicables au remplacement de certains ponts peuvent permettre aux donneurs d'ouvrage de réduire la durée des travaux et par conséquent, les impacts sur la circulation, les impacts socio-économiques, les impacts sur l'environnement, etc. Toutefois, l'applicabilité de ces techniques dépend de l'état du pont existant, du type de conception, des dimensions du nouveau pont ainsi que des particularités du site.

Le présent article décrit en détail l'expérience vécue lors du remplacement par méthode « optimisée » du pont du chemin Fer-à-Cheval au-dessus de l'autoroute 20 dans la ville de Sainte-Julie. Les détails de ce projet de remplacement de ponts sont présentés et traités en mettant en perspective les différentes méthodes de remplacement de ponts connus. Ainsi, les détails d'optimisation qui ont pu être utilisés et les délais de réalisation pour la reconstruction sont décrits.

Pour arriver à un remplacement de pont qui répond à l'ensemble des contraintes inhérentes au projet, tous les détails du projet ont été analysés, revus et optimisés, tant du point de vue technique que du point de vue contractuel et organisationnel.

En conclusion, nous pouvons dire que tous ces efforts ont porté fruit. En effet, selon la méthode de remplacement traditionnelle, la durée des travaux était estimée à 24 semaines alors que ce projet a démontré qu'il a été possible de réaliser ces travaux en 14 semaines grâce à l'utilisation de la méthode « optimisée » qui se prêtait bien aux contraintes particulières de ce projet. Il est important de rappeler que ce ne sont pas tous les projets de remplacement de ponts qui se prêtent à un tel type de remplacement.

## **INTRODUCTION**

Les gestionnaires d'infrastructures routières, que ce soit des organismes publics ou des villes, doivent se pencher actuellement sur les nombreux enjeux afférents au remplacement de leurs ouvrages d'art. Nous n'avons qu'à penser aux problèmes liés au réseau routier saturé, aux infrastructures vieillissantes, aux budgets à respecter et même aux diverses contraintes socio-économiques.

En regard de ces défis de taille, plusieurs gestionnaires de ponts commencent à agir en adoptant, ou du moins en explorant, des solutions novatrices qui pourraient permettre de remplacer leurs ouvrages d'art tout en minimisant les impacts des travaux sur les usagers de la route.

Avec ses interventions planifiées sur plusieurs centaines de ponts annuellement et représentant un budget de plus de 2 G\$, le Ministère des Transports du Québec est un de ceux qui investit le plus massivement dans la revitalisation de son parc d'ouvrages d'art au Canada.

Le remplacement du pont d'étagement du chemin Fer-à-Cheval à Sainte-Julie, arrivé à la fin de sa vie utile après plusieurs années de service et après avoir été heurté à plusieurs reprises, représente bien les problèmes rencontrés par les gestionnaires de ponts lorsqu'arrive le moment de procéder au remplacement de leurs ouvrages dans les grands centres urbains. Ce pont d'étagement de deux travées est typique de plusieurs ouvrages d'art du réseau autoroutier au Québec.

La particularité de ce projet réside dans l'importance du lien assuré par le pont. En effet, l'autoroute 20 sépare la Ville de Sainte-Julie en deux secteurs unis par le pont du Fer-à-Cheval tel qu'illustré à la figure 1. Par conséquent, la démolition de ce lien occasionnait des contraintes majeures au niveau du maintien des services municipaux à la population (services policiers, services de pompiers, ambulanciers, transport en commun, etc.), de l'accès aux commerces et pour la gestion des déplacements des usagers.



Figure 1 : Lien stratégique du pont Fer-à-Cheval

Comme pour tout projet situé en milieu urbain, plusieurs défis d'ingénierie et de construction ont été au cœur des préoccupations du Ministère et de la firme d'ingénieurs-conseils CIMA+ afin de proposer des solutions aptes à répondre adéquatement aux contraintes du projet. Ce projet présentait une opportunité unique permettant de développer et de mettre à l'essai une nouvelle approche de remplacement de ponts. Cette nouvelle approche a nécessité d'adapter les méthodes

traditionnelles de remplacement de ponts de façon à optimiser le calendrier de réalisation des travaux et du fait même à diminuer les impacts socio-économiques.

Parmi les défis les plus importants à relever, nous pouvons citer les suivants :

- Minimiser au maximum les impacts des travaux en se basant sur un remplacement par méthode optimisée ;
- Compresser au maximum le calendrier des travaux tout en permettant le remplacement du pont selon les normes et règles de l'art du Ministère des Transports du Québec.

## **TYPES DE MÉTHODES DE REMPLACEMENT DE PONTS**

Il existe trois principaux types de remplacement de ponts : le remplacement par méthode traditionnelle, le remplacement par méthode optimisée et le remplacement par méthode rapide.

Le remplacement par la méthode traditionnelle est le type de remplacement le plus couramment utilisé. Suite à l'octroi du contrat à l'entrepreneur retenu suite à l'appel d'offres, celui-ci obtient l'autorisation de débiter les travaux. À partir de cette date d'autorisation de débiter, l'entrepreneur dispose d'un court délai (quelques jours allant jusqu'à quelques semaines), pour préparer ses travaux. Ensuite, il dispose d'un délai fixé pour la réalisation des travaux de remplacement. Selon cette méthode, l'entrepreneur prépare la réalisation des activités reliées aux travaux en même temps que la réalisation des travaux. Ces activités préparatoires comprennent, entre autres :

- des tâches administratives;
- l'approbation des matériaux;
- l'approbation des dessins d'atelier;
- la présentation de ses méthodes de travail;
- l'approvisionnement des matériaux requis pour les travaux;
- la fabrication de certains éléments du pont (appareils d'appui, joints de tablier, poutres, etc.)

Par conséquent, le délai de réalisation des travaux de remplacement d'un pont par la méthode traditionnelle est important puisque ce délai comporte, en plus de la réalisation des travaux, des délais associés aux tâches préparatoires.

Le remplacement par la méthode rapide est quant à lui une méthode par laquelle on remplace un pont existant, en quelques jours, voire même en quelques heures, par un nouveau pont préfabriqué près de l'emplacement permanent de l'ouvrage. Le pont préfabriqué sur un site de construction temporaire est transporté par équipements modulaires autopropulsés ou encore par glissement. Par opposition à la méthode traditionnelle, cette méthode permet à l'entrepreneur de réaliser l'ensemble des activités préparatoires au remplacement, et même la préfabrication de parties du pont telles le tablier, avant de débiter les travaux à l'emplacement permanent de l'ouvrage.

Il va de soi que cette méthode réduit considérablement les impacts sur la circulation, les impacts sociaux et, dans certains cas, les impacts économiques et environnementaux. Par contre, cette méthode comporte des risques au niveau de l'exécution qui doit se faire sans failles. Cette méthode requiert donc plus d'une année de préparation de la part de l'entrepreneur en raison de la planification ardue d'un tel remplacement.

Ce type de remplacement, illustré à la figure 2, a vu le jour en Europe dans les années 1980, mais c'est seulement en 2007 que les premiers projets de remplacement rapide de ponts ont eu lieu au Canada soit en Ontario (pont Clyde à Ottawa, pont de la promenade Island Park à Ottawa). De façon générale, ce type de remplacement de pont est réservé aux structures de une ou deux portées non continues à proximité desquelles on dispose d'une aire de construction temporaire.



Figure 2 : Remplacement de pont à l'aide de la méthode rapide

Le remplacement par la méthode optimisée est une nouvelle approche qui se situe entre la méthode traditionnelle et la méthode rapide. En ce sens, cette méthode procure à l'entrepreneur un délai important, avant la réalisation des travaux sur le terrain, afin de réaliser l'ensemble des activités préparatoires. De cette façon, le délai de réalisation des travaux sur le terrain comprend strictement la réalisation des activités propres à la démolition du pont existant et à sa reconstruction. Toutes les tâches administratives, les approbations des dessins d'atelier et la fabrication des éléments de ponts sont réalisés préalablement aux travaux sur le terrain.

#### **LA SOLUTION RETENUE : LE REMPLACEMENT OPTIMISÉ DE PONT**

Afin de minimiser les impacts causés par les travaux, l'équipe du projet a élaboré une nouvelle approche permettant un remplacement du pont par méthode « optimisée ». Dans cette nouvelle approche, tous les détails du projet, tant du point de vue technique que du point de vue organisationnel, ont été analysés et optimisés avec le plus grand souci.

Le remplacement par méthode traditionnelle d'un pont de l'envergure de celle du pont Fer-à-Cheval prend habituellement de 22 à 24 semaines alors que le remplacement du pont selon la méthode optimisée a été réalisé en moins de 14 semaines.

La méthode optimisée doit comprendre l'élaboration de stratégies lors de la conception de l'ouvrage de façon à accélérer les travaux. La conception de l'ouvrage doit être guidée par un type d'ouvrage permettant la réalisation de travaux de façon accélérée et simultanément à l'aide de plusieurs équipes. De plus, une recherche doit être réalisée concernant le choix des détails de construction de façon à permettre de diminuer la durée de chacune des étapes du projet, notamment les étapes situées sur le chemin critique du calendrier.

Le remplacement par méthode optimisée est celui dont le délai ne peut être réduit et qui est à la limite du respect des exigences de mise en œuvre et des contraintes des matériaux (temps de mûrissement du béton, résistance des matériaux, délai de pose des membranes, etc.).

À titre de comparaison, la figure 3 présente sous forme graphique la proportion des délais pour les travaux préparatoires et le délai pour les travaux sur le chantier pour chacune des 3 méthodes de remplacement décrites ci-haut.

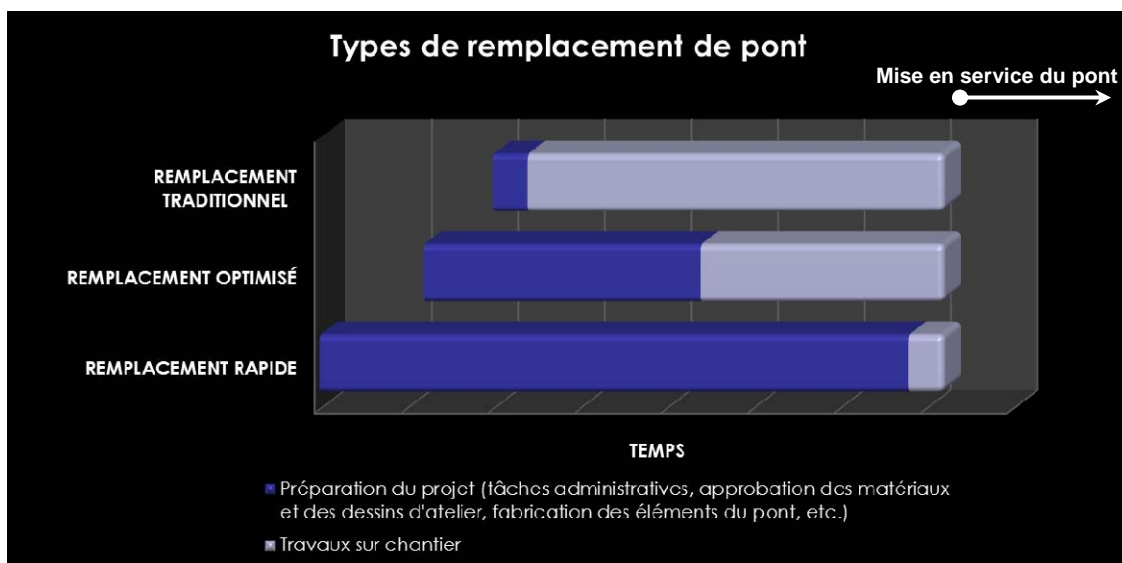


Figure 3 : Délais associés aux 3 types de remplacement de pont

Lors du choix de la méthode de remplacement d'un pont, l'ingénieur doit prendre en considération les contraintes associées à chacune de celles-ci ainsi que le type de ponts propices à l'application de chacune d'entre elles. En ce sens, l'identification des contraintes inhérentes au projet et la connaissance des ponts propices à un type de remplacement est primordiale. À titre d'exemple, mentionnons qu'un remplacement optimisée est avantageux pour un pont de type dalle sur poutres pour lequel il existe un gain important à procéder à la réalisation d'activités préliminaires aux travaux, telles la fabrication des poutres et de certains éléments. Cette méthode n'est cependant pas avantageuse dans le cas d'un pont à dalle épaisse en béton précontraint. Dans un même ordre d'idée, la méthode rapide ne s'applique pas à tous les cas de pont à plusieurs portées continues ou au projet ne présentant pas d'espace à proximité pouvant servir de site de construction temporaire ou encore dont l'étude de transport entre le site temporaire et le site permanent n'est pas concluante.

Le remplacement par méthode optimisée permet de diminuer la probabilité de dépassements de délais et d'imprévus qui conduisent habituellement à des dépassements de coûts. En effet, le délai important accordé pour la réalisation des travaux préparatoires permet d'étudier et d'analyser les méthodes de travail ainsi que les dessins d'atelier de façon à cibler toutes les difficultés avant la réalisation des travaux.

## DESCRIPTION DU PROJET ET DÉTAILS D'OPTIMISATION

Le remplacement du pont Fer-à-Cheval, basé sur la méthode de remplacement optimisée, a comporté plusieurs stratégies et détails de façon à accélérer les travaux. La figure 4 illustre quelques étapes de la construction du pont qui ont nécessité des détails facilitant l'accélération des travaux.



Figure 4 : Détails d'optimisation du projet

Les détails d'optimisation du projet nécessaires au remplacement par la méthode optimisée d'un tel type de pont peuvent être regroupés en 3 catégories :

### Optimisation de la conception de l'ouvrage

La conception de l'ouvrage a été dictée par le choix de structure et de détails de conception permettant l'accélération des travaux, et ce, particulièrement pour les éléments dont la construction se situe sur le chemin critique du calendrier. À titre d'exemple, les détails suivants ont fait l'objet d'analyse particulière:

- Choix de pieux dont la pointe des pieux est assemblée et fixée au pieu en usine;
- Ancrage pieu-semelle réalisée sans soudure au chantier;
- Détails de construction de la pile permettant la préfabrication des cages d'armature des colonnes;
- Conception du chevêtre facilitant sa construction;
- Choix de la charpente métallique et des détails de conception.

De plus, le choix du type d'ouvrage devait permettre un encadrement strict des méthodes de l'entrepreneur et de l'ordonnancement des travaux de façon à assurer un suivi rigoureux du calendrier imposé. La figure 5 illustre, sous forme graphique, la durée des principales activités des travaux à l'intérieur de l'échéancier global du projet.

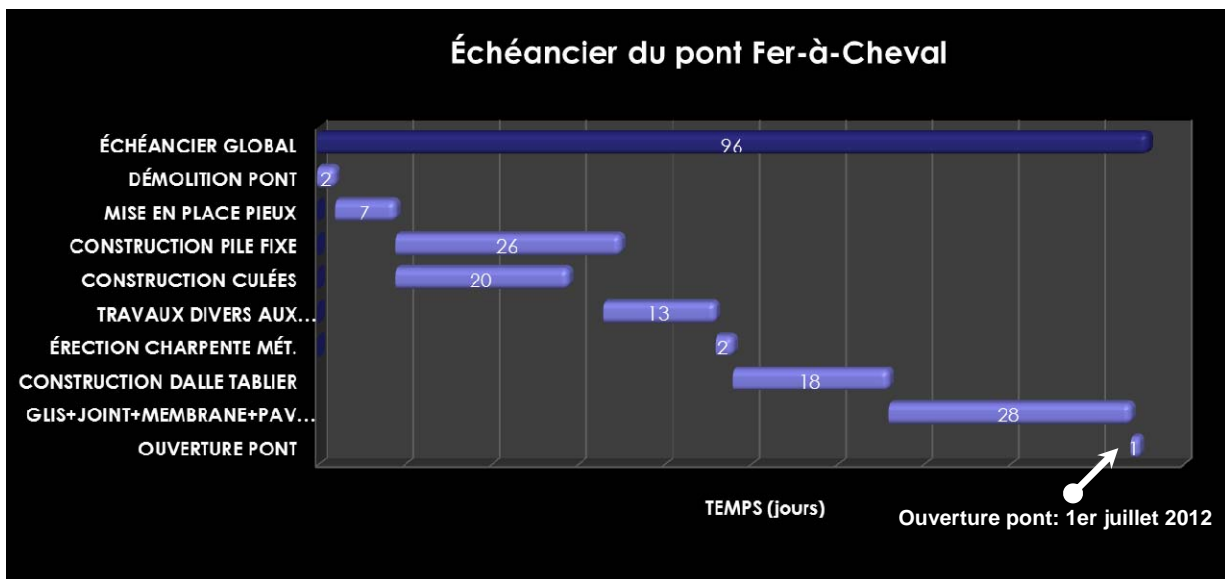


Figure 5 : Échéancier global du projet

### Optimisation lors de la préparation des documents contractuels

La préparation des documents contractuels a été réalisée de façon à diriger les travaux de l'entrepreneur et de prévoir des mesures d'accélération, et ce, particulièrement pour les activités critiques du projet. Les principales mesures d'accélération, présentées comme des conditions minimales afin de respecter le calendrier, ont été :

- Mise en place des pieux à l'aide de 3 équipes travaillant simultanément à chacun des éléments de fondation (culées et pile);
- Construction des éléments de fondation (culées et pile) à l'aide de 3 équipes travaillant simultanément ;
- Utilisation d'au moins trois équipes de travail pour la construction du tablier;
- Utilisation de deux quarts de travail par jour, 6 jours par semaine;
- Modification du règlement sur le bruit par la ville de Sainte-Julie pour permettre des travaux de nuit au besoin ;

### Optimisation lors de la planification du projet

La planification du projet et l'ordonnement des travaux dans le temps jouent un rôle primordial afin d'optimiser le remplacement du pont. Ce type de projet requiert de respecter scrupuleusement l'échéancier fixé. La planification des activités préparatoires dans le temps doit être réalisée avec une grande rigueur afin de s'assurer que l'entrepreneur soit fin prêt lorsque débutent les travaux sur le terrain. Notons que pour ce projet, le début des travaux a été planifié au printemps afin de s'assurer de la disponibilité des équipes de travail spécialisées.

À titre de comparaison, la figure 6 présente les délais typiques pour le remplacement du pont Fer-à-Cheval selon les méthodes de remplacement décrites précédemment.

<b>DÉLAIS DE RÉALISATION DU REMPLACEMENT DU PONT FER-À-CHEVAL EN FONCTION DES MÉTHODES</b>			
<b>Méthode de remplacement</b>	<b>Délais pour travaux préparatoires</b> (semaines)	<b>Délais travaux sur chantier</b> (semaines)	<b>Durée de fermeture à la circulation</b> (semaines)
Remplacement traditionnel	4	23	23
Remplacement optimisé	20	14	14
Remplacement rapide <sup>1</sup>	-	-	-

<sup>1</sup> Ce projet ne se prêtait pas à cette méthode.

Figure 6 : Délais de remplacement en fonction des méthodes utilisées



Lorsqu'applicable, cette approche nécessite de changer la philosophie usuelle utilisée au Québec qui consiste à donner beaucoup de temps à l'entrepreneur afin de réaliser les travaux sur le terrain. Cette approche vise plutôt à attribuer à l'entrepreneur un délai important avant la réalisation des travaux de façon à préparer ses travaux dans les moindres détails et ainsi minimiser le délai des travaux sur le terrain

La figure 7 présente une vue d'ensemble du pont Fer-à-Cheval complété. Le remplacement par la méthode optimisée de ce pont se résume comme suit :

- Mise en place de 108 pieux;
- 1 400 m<sup>3</sup> de béton;
- 170 tonnes d'armature;
- 285 tonnes d'acier de charpente;
- Moins de 14 semaines de travaux.



Figure 7 : Vue d'ensemble du nouveau pont

## **CONCLUSION**

Il est évident qu'en matière de remplacement de leurs ouvrages d'art, les gestionnaires de ponts sont tous confrontés à une série de défis communs tels l'achalandage accru du réseau routier, la sécurité, le vieillissement des infrastructures, le manque de financement ainsi que les impacts sur l'environnement. Il va de soi que ces gestionnaires n'ont d'autres choix que de considérer de mettre en œuvre des solutions novatrices afin de diminuer les impacts associés au remplacement de leurs infrastructures.

Le remplacement optimisé de ponts est une approche qui répond à ces besoins et qui s'inscrit dans l'axe des solutions avancées en Amérique du Nord afin de palier à ces mêmes défis. Cette approche représente des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux.

Outre une collaboration serrée, ce projet a nécessité une préparation du projet, des détails de conception ainsi qu'un ordonnancement des travaux permettant leur réalisation de façon optimisée tout en respectant les exigences et pratiques courantes du Ministère des Transports du Québec.

Un des principaux défis de l'ingénierie québécoise consiste à changer la mentalité de donner à l'entrepreneur un long délai afin de réaliser les travaux et de plutôt lui accorder un long délai de préparation avant la réalisation des travaux de façon à ce que les impacts des travaux soit réduit. Il en découle que les impacts sur les usagers de la route et les impacts socio-économiques se trouvent considérablement réduits et que cette méthode réduit la probabilité de dépassement de coûts associés aux imprévus.

Ce projet pilote d'accélération des travaux, appliqué à un remplacement de pont qui s'y prêtait très bien, a été un franc succès grâce à la collaboration de tous les intervenants, notamment l'entrepreneur Les Entreprises Michaudville, la firme CIMA+, le Ministère des Transports ainsi que la Ville de Sainte-Julie. À la lumière des résultats de cette nouvelle approche, l'expérience devra sans contredit être renouvelée.

## **RÉFÉRENCES**

CSA (2010). « CAN/CSA-S6-06 Code canadien sur le calcul des ponts routiers », Association canadienne de normalisation, Mississauga (Ontario).

Ministère des Transports du Québec (2012). « Manuel de conception des structures », Québec.

Ministère des Transports du Québec (2012). Tomes I à VIII, Normes et ouvrages routiers, Québec.

Vachon, M. (2009) Remplacement rapide de ponts, McCromick Rankin, Montréal, Québec.