

Élargissement du pont de l'Île-Charron sur l'autoroute 25

Bernard Pilon, ing. M.Sc.
Christian Mercier, ing.
Service de l'entretien
Direction des structures

Résumé

Situé dans l'axe du tunnel Louis-Hyppolite-Lafontaine à Montréal, le pont de l'Île-Charron comporte neuf (9) travées dont huit (8) sont constituées de poutres en béton précontraint. Le pont supporte trois (3) voies de circulation dans chaque direction au-dessus du chenal sud du fleuve St-Laurent et la route 132. La détérioration avancée de la dalle de béton de même que des problèmes de circulation ont forcé la réalisation de travaux majeurs d'entretien à l'ouvrage après près de 40 ans d'âge. En plus du remplacement complet de la dalle, l'élargissement du tablier en vue de l'ajout d'une quatrième voie de circulation en direction sud est planifié de 2006 à 2008. Le mandat de conception de l'élargissement du tablier a été confié par la Direction Est-de-la-Montérégie à la Direction des structures.

Trois options ont été considérées pour les nouvelles poutres de l'élargissement, chacune présentant certains avantages et inconvénients: deux options utilisant des poutres en béton précontraint et une option utilisant des poutres en acier. Quant à l'élargissement des unités de fondation, une seule option s'avérait pratiquement réalisable: l'élargissement au moyen de nouvelles sections ancrées aux existantes et supportées par des pieux-caissons forés au roc.

L'entrepreneur sélectionné par appel d'offres a choisi de réaliser les travaux en utilisant des poutres en acier. La flexibilité en termes de mise en place et de séquence de travaux qu'offraient ces poutres a permis de réaliser l'élargissement en une période de neuf (9) mois au cours de l'année 2006. Une description des étapes de réalisation en chantier est présentée.

Introduction

Construit à l'époque des grands projets autoroutiers de la région de Montréal et dans l'effervescence entourant l'exposition internationale de 1967, le pont-tunnel Louis-Hippolyte-Lafontaine fête cette année ses quarante ans. Cet ensemble d'infrastructures, composé d'un tunnel d'une longueur de 1,5 km sous le chenal maritime du Saint-Laurent et d'un pont de près d'un demi-kilomètre enjambant le bras sud du fleuve, relie Montréal à la Rive-Sud et constitue un tronçon stratégique de la Transcanadienne. Aujourd'hui, avec plus de 130 000 véhicules y circulant quotidiennement, l'importance du pont-tunnel Louis-Hippolyte-Lafontaine pour l'économie de la région métropolitaine ne fait aucun doute.

Cette affluence accrue de véhicules routiers de toutes sortes, combinée à un développement accéléré des villes situées à la périphérie de Montréal, rendent nécessaires, au début des années 2000, certains travaux d'entretien majeur. Après toutes ces années d'usage, la dalle de béton du pont reliant l'Île-Charron à la ville de Boucherville montre des signes de vieillissement et le tablier s'avère également de plus en plus congestionné aux heures de pointe. Afin d'éviter la formation de bouchons à l'intérieur du tunnel, l'ajout d'une voie au pont devient nécessaire.

Présentation de la structure

Le pont de l'Île-Charron enjambe la portion sud du fleuve St-Laurent à la hauteur des Iles de Boucherville. Cette portion du fleuve n'est ouverte qu'à la navigation de plaisance ce qui explique le relativement faible dégagement d'environ 8 mètres sous le pont. Le pont supporte également les voies de l'autoroute 25 au-dessus de la route 132 qui fait, dans ce tronçon, figure d'autoroute avec ses six voies. La figure 1 présente une vue générale du pont.



Figure 1 – Vue générale vers le nord

Le pont comporte un total de neuf travées en portée simple. De ce nombre, huit sont constituées de poutres en béton précontraint supportant une dalle en béton armé. Une des travées, située au-dessus du chenal de la navigation de plaisance, est constituée de poutres d'acier. Les travées en béton ont une longueur approximative de 49 mètres et la travée en acier mesure quant à elle 67 mètres.

La plupart des piliers du pont sont composés d'un chevêtre en béton précontraint supporté par un fût en béton armé, prenant appui sur une semelle reposant sur des pieux. Trois piles diffèrent cependant de ce modèle. Les deux piliers situés de part et d'autre du chenal de navigation, similaires en apparence, sont portés par le roc tandis qu'un dernier pilier, situé sur la terre ferme du côté de Boucherville, est d'une apparence complètement différente et est constitué uniquement de multiples fûts en béton armé sur pieux.

Nature des travaux

Le remplacement de la dalle du pont, bien que rendu difficile par le volume de circulation important que supporte l'ouvrage, s'avère dès le départ de nature plus conventionnelle en termes de planification. Par contre, il en est tout autrement de l'ajout d'une voie.

La nouvelle voie doit permettre aux automobilistes en provenance de Montréal d'emprunter la bretelle de sortie vers la route 132 dans les directions est et ouest. L'élargissement pour cette voie doit se faire sur toute la longueur du tablier car la bretelle de sortie est située à peu de distance de la culée sud du pont. La figure 2 présente l'emplacement proposé de l'élargissement.

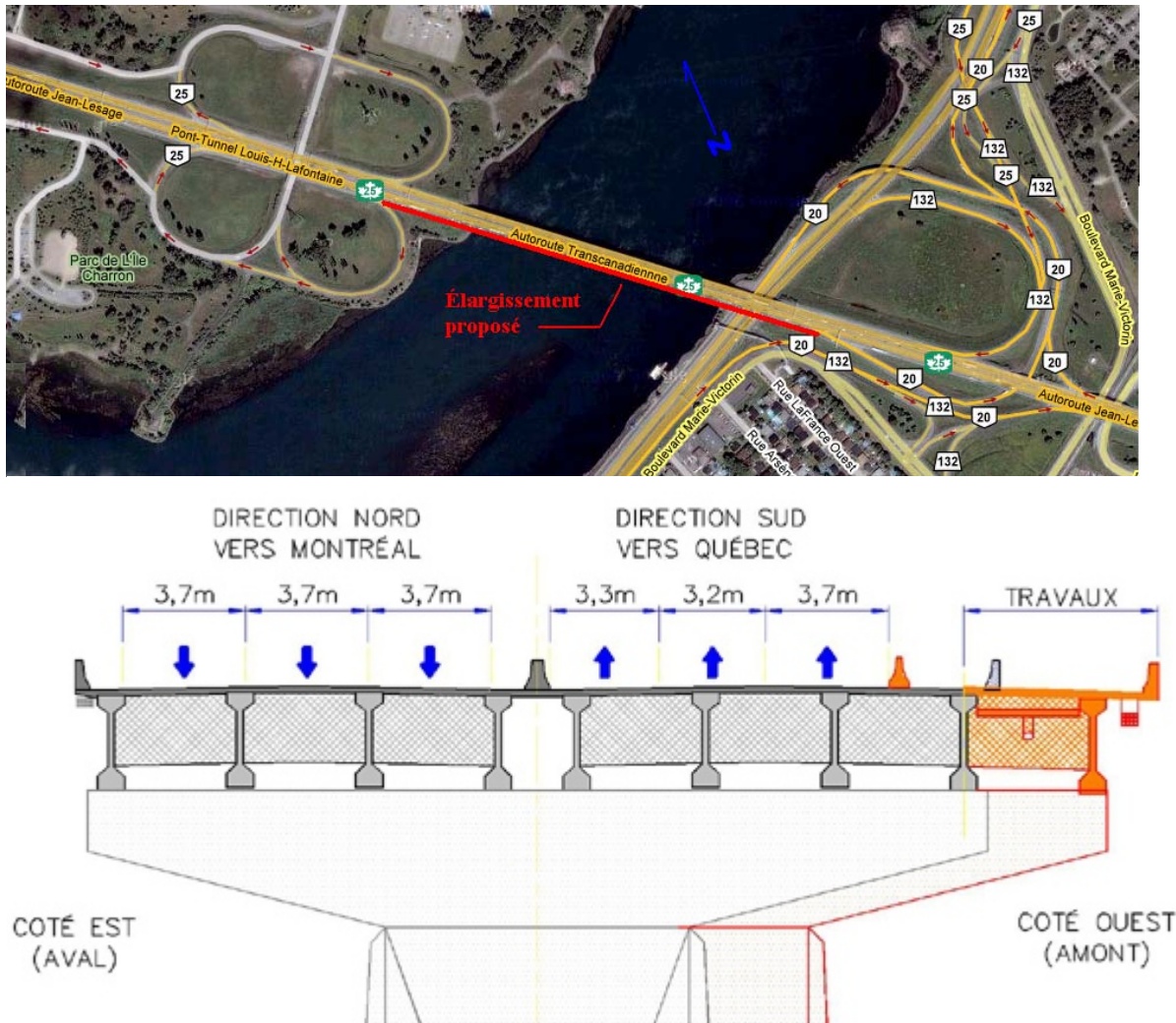


Figure 2 – Élargissement proposé

Afin de rendre la nouvelle voie possible, de nouvelles poutres doivent être érigées du côté amont de la rive du pont existant. Si l'élargissement de la travée du pont constituée de poutres en acier semble plus facile à concevoir, il en va tout autrement des autres travées constituées de poutres de béton précontraint. Avec une profondeur de 2,8 mètres et une longueur approchant les 50 mètres, ces dernières sont loin de constituer des poutres de dimensions habituelles. Qui plus est, le poids de telles poutres fait en sorte que le transport sur route doit être éliminé d'emblée. Par conséquent, si de nouvelles poutres en béton sont utilisées pour l'élargissement, ces dernières doivent être construites directement sur le site.

Nouvelles poutres pour élargissement

Pour les travées composées de poutres en béton précontraint, trois options sont possibles, chacune comportant ses avantages et ses désavantages.

La première alternative consiste à couler des poutres en béton précontraint par post-tension en place sur les appuis. Ce principe n'est pas inhabituel en soi. Plusieurs ponts sont construits au Québec à chaque année en employant cette technique. Ce qui rend la réalisation des poutres de l'Île-Charron difficile, ce sont les conditions existantes. Afin de couler les poutres en place et ensuite effectuer la mise en tension, d'énormes structures de supports temporaires sont nécessaires. La séquence de fabrication des poutres doit également être effectuée selon un ordre bien précis afin de pouvoir réaliser la mise en tension des câbles sans encombrer aux bouts des poutres.

La seconde option de réalisation consiste à couler les poutres en béton dans un site situé à proximité du pont existant, tout en minimisant le plus possible les transports par voie terrestre. Cette option comporte l'avantage d'être plus facilement réalisable du point de vue de la coulée du béton et de la mise en tension et de permettre une séquence de mise en place plus rapide par rapport à l'option «coulé en place». Elle pose cependant d'autres problèmes, le principal survenant lors de la pose des poutres. Avec un poids estimé de 130 tonnes par poutre, la taille et le nombre de grues nécessaires à la mise en place de ces poutres est très difficile à mettre en œuvre. Avec une mise en place par voie maritime, donc en utilisant des barges, le tirant d'eau sous le pont risque alors de poser problème car l'érection des poutres devait se faire en période d'étiage, où les niveaux d'eau avoisinent les deux mètres de profondeur près du pont. De plus, la réalisation d'une aire de travail pour huit (8) poutres seulement risque d'être fort coûteuse.

Avec l'option de coulée à proximité du chantier, une technique d'assemblage par post-tension de deux ou trois sections de poutres aurait pu être utilisée. Cette technique a par contre été éliminée d'emblée à l'étape de la conception initiale car ce type de poutre est souvent très peu durable, les joints constituant un point de faiblesse.

Enfin, la dernière option, plus audacieuse, consiste à utiliser des poutres d'acier à âme pleine. Ces poutres, d'un poids d'environ 60 tonnes, peuvent être plus facilement installées par barge ou à partir du tablier de l'ouvrage comparativement à celles en béton. L'utilisation de l'acier exige cependant des délais de fabrication de quelques mois pour les poutres. Pour ce chantier, la mise en place des poutres ne s'effectue qu'après la construction de l'élargissement des unités de fondation. Le délai de livraison des plaques en acier et la fabrication des poutres ne pose par conséquent pas problème.

Le désavantage des poutres en acier réside au niveau des différences de comportement entre deux matériaux différents : l'acier et le béton. Avec des longueurs de poutres de près de 50 mètres, il faut d'abord s'assurer que les mouvements thermiques différentiels entre les poutres de béton existantes et les nouvelles poutres proposées n'induisent pas de contraintes trop élevées dans la dalle reliant ces deux éléments. Une analyse par éléments finis d'un segment longitudinal du tablier existant élargi au moyen d'une poutre en acier (scénario 1) et un second au moyen d'une poutre en béton (scénario 2) a permis de comparer les efforts supplémentaires engendrés dans la nouvelle dalle. Pour la poutre d'acier, une augmentation uniforme de la température de 10 °C a été imposée au modèle. La valeur de 10 °C a été sélectionnée sur la base des exigences de la norme S6, la norme de calcul des ponts routiers. Pour la nouvelle poutre en béton précontraint, l'effet du fluage a été considéré en admettant une mise en place de 30 à 40 jours après la mise en tension des câbles.

La figure 3 illustre les contraintes induites dans la dalle pour chacun des scénarios et montre une courbure longitudinale positive pour le scénario 1 alors qu'une courbure longitudinale négative est présente pour le numéro 2. Les contraintes maximales théoriques sont respectivement de 2 MPa et de 6 MPa pour chacun des scénarios. Pour fins de comparaison, la contrainte de calcul maximale permise par la norme S6 dans la dalle sous un chargement de camion est de 3.2 MPa. À la lumière de ces résultats, l'option d'élargissement avec poutres en acier est techniquement envisageable et semble même plus profitable.

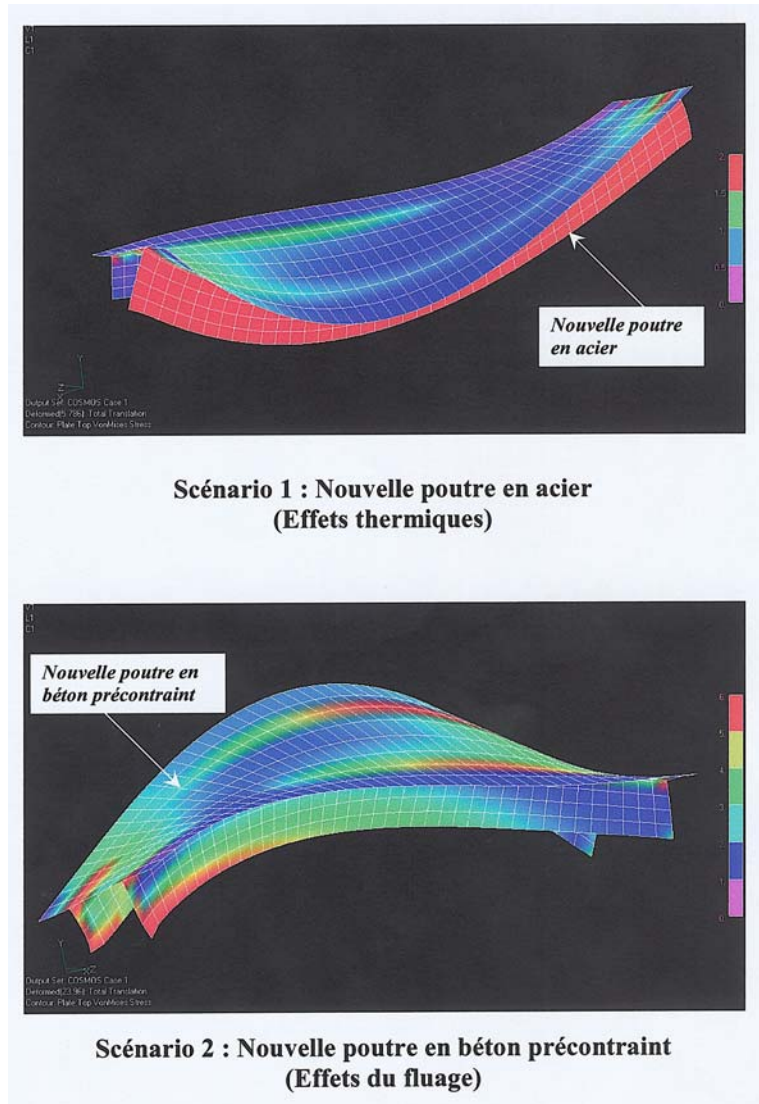


Figure 3 – Efforts induits dans la dalle pour deux options d'élargissement proposé

Élargissement des piles et culées

Puisque les nouvelles poutres doivent être supportées par des éléments de fondation et que les piles et culées existantes n'ont ni la capacité ou la dimension afin de les accueillir, un élargissement de ces dernières est prévu. Étant donné l'importance et l'emplacement des nouvelles charges à supporter, les piles et culées doivent être élargies sur toute leur hauteur, y compris les semelles. Si l'élargissement des culées et de la première pile de la rive sud peut se faire sans trop de problèmes, il en va tout autrement des autres piles, c'est-à-dire celles situées dans l'eau.

Les piles existantes situées dans l'eau sont constituées d'un chevêtre qui fait la pleine largeur du tablier et qui est supporté par un fût de moindre largeur. Autour du fût et de la semelle de ces piles, des enrochements ont été disposés lors de la construction. La présence de ces enrochements de même que la forme des piles sont deux éléments qui rendent particulièrement difficile le fonçage de palplanches en vue de leur élargissement. Il serait bien sûr possible de déplacer les enrochements mais ces travaux risquent de soulever beaucoup de sédiments ce qui doit être minimisé pour des questions environnementales. Dans le même ordre d'idée, le fonçage de palplanches sous un tablier de faible dégagement risque de requérir de nombreux joints et arrêts de travail.

Tous ces problèmes sont amplifiés aux deux piles situées de part et d'autre du chenal de navigation. Ces deux piles sont appuyées directement au roc. L'étanchéité des palplanches au contact du roc risquait fort dans ce cas de poser problème. Une analyse subséquente avec la participation d'un praticien d'expérience vint confirmer cette dernière appréhension. Cette même analyse a par contre révélé que le fonçage des palplanches, en dépit de la présence des enrochements, pouvait être réalisée, de même que le battage de pieux et ce, sans trop de problèmes en autant que des mesures de mitigation soient prises pour limiter la sédimentation. La conception des élargissements, pour toutes les piles en rivière, a donc été réalisée en considérant l'installation de pieux-caissons forés au roc supportant une semelle qui serait coulée sous l'eau et ancrée à la portion existante de la semelle. Les fûts des piles sont par la suite élargis de manière conventionnelle par ajout de béton armé et par ancrage contre le fut existant. La figure 4 présente l'élargissement des semelles en rivière.

Les chevêtres devaient être prolongés d'une distance de près de quatre mètres. Une rapide analyse des chevêtres précontraints existants a démontré que ces derniers n'avaient pas la capacité de supporter un tel ajout. Un renfort de l'ensemble du chevêtre a donc été prévu en parallèle à l'extension du chevêtre. Étant donné l'espace retreint disponible pour le renfort et l'ajout de capacité requis, la technique de renfort privilégiée est l'ajout de précontrainte. Six câbles ont été insérés sur toute la longueur du chevêtre de part et d'autre de ce dernier. Ces câbles sont ancrés dans des masses de béton coulées à chaque extrémité des chevêtres, cette masse étant évidemment plus importante du côté amont où le chevêtre devait supporter de nouvelles poutres. Sur les faces des chevêtres, ces câbles de renfort sont protégés par des surépaisseurs de béton qui doivent gagner le chevêtre. Le gainage des chevêtres doit être réalisé de toute manière pour réparer les défauts qui sont présents sur les chevêtres suite à l'exposition aux éléments tout au long de leur durée de vie. La figure 5 présente l'élargissement des chevêtres.

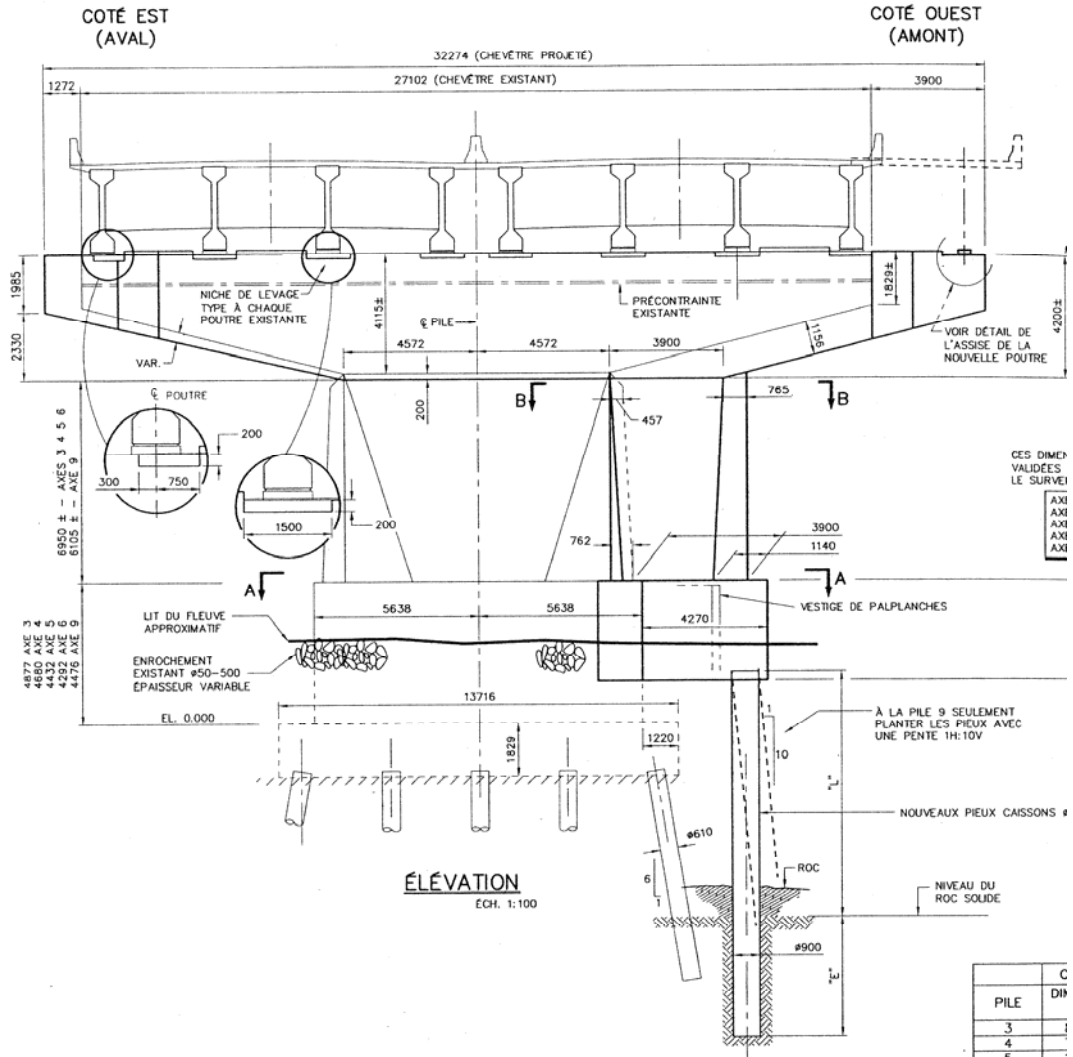


Figure 4 – Vue en élévation du chevêtre

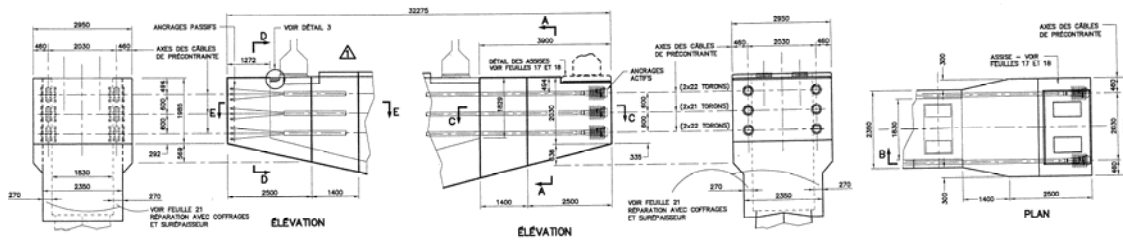


Figure 5 – Élargissement des chevêtres

Soumissions et réalisation en chantier

Les plans et devis ont été déposés pour soumission au cours du printemps de 2005 en identifiant les deux options possibles pour l'élargissement. Le contrat visait l'élargissement du tablier du pont, des unités de fondation et le remplacement complet de la dalle, ces derniers travaux devant être réalisés au cours des deux années subséquentes. Les entrepreneurs étaient invités à soumettre leurs prix en choisissant une des deux options, qui serait par la suite retenue pour la réalisation des travaux.

À la suite de ce processus, la firme Hamel Construction a été sélectionnée avec une soumission d'un montant total de 34,6 millions de dollars, dont approximativement 12,7 millions pour l'élargissement en première année des travaux.

Les premiers travaux qui devaient être entrepris, pour les piles en rivière, sont ceux de forage des pieux-caissons. Ce forage jusqu'au roc avec emboîture était réalisé au moyen d'équipements de forage positionnés sur barges qui étaient déplacées d'une pile à l'autre de façon successive. À la suite du forage des pieux, les travaux d'élargissement des semelles devaient être entrepris. Afin de foncer les palplanches nécessaires aux travaux sur ces éléments, l'entrepreneur devait enlever localement l'empierrement existant au pourtour des piles. Pour ce faire, et ce sans remanier de façon importante le fond marin, l'entrepreneur a employé une barge avec déflecteurs. Cette barge était placée directement en amont de la pile et les déflecteurs permettaient de délimiter de façon suffisamment efficace la zone de travaux. Une pelle munie d'un godet, placée sur cette barge, pouvait à ce moment excaver les empierrements sans rejeter trop de sédiments à l'extérieur de l'enceinte. Suite à l'enlèvement de l'empierrement, les palplanches ont été foncées par sections dans le fond marin afin de délimiter la zone de travaux pour la nouvelle portion de semelle à être coulée.

Au lieu de couler les semelles sous l'eau, tel qu'il était prévu au contrat, l'entrepreneur a préféré couler une base d'étanchement de béton au fond des batardeaux et ainsi pomper l'eau afin de réaliser les travaux de coulée de la semelle. Cette base d'étanchement réalisée par l'entrepreneur était toutefois particulière dans sa conception; une base d'étanchement typique est retenue en place par son simple poids qui contrebalance la pression de l'eau. Dans le cas du pont de l'Île-Charron, la base coulée n'avait pas un poids suffisant pour contrer la pression et a donc été appuyée sous le chevêtre existant du pont. L'entrepreneur a ainsi pu profiter des éléments du tablier existant, situation qui apparaissait au départ, lors de la conception, comme une nuisance.

La coulée des élargissements des fûts et des chevêtres s'est effectuée à partir de barges afin de minimiser les nuisances au trafic routier. Des plates-formes d'accès ont également été installées par l'entrepreneur pour permettre les travaux de démolition et de pose de l'armature sur ces éléments. Concurrément à la pose de l'acier d'armature sur les chevêtres, les câbles de précontrainte ont été installés. Ces câbles ont été tendus à partir d'une seule extrémité de chevêtres une fois le bétonnage complété.

Le poids réduit des poutres en acier par rapport à celles en béton a permis leur mise en place à partir du tablier du pont. Les poutres étaient amenées sur le tablier avec le camion ayant servi à leur transport jusqu'à une position parallèle à leur position finale. Deux grues déplaçaient ensuite les poutres jusqu'à leur position finale sur les chevêtres élargis.

La nouvelle dalle sur la portion élargie du tablier a été coulée au fur et à mesure de la mise en place des poutres sur les appuis. Cette dalle a été réalisée au moyen d'un béton contenant un ciment ternaire et ayant une résistance à la compression de 35 MPa. La nouvelle dalle sera munie de torons de précontrainte transversaux sur toute sa largeur afin de minimiser la fissuration à long terme. Dans la portion élargie, seulement les gaines de ces torons ont été positionnées en vue de la mise en place de cette précontrainte à la phase finale des travaux de dalle.

Les travaux d'élargissement du pont se sont terminés par la pose de l'enrobé à la mi-décembre, l'entrepreneur profitant de l'automne particulièrement doux de 2006. La nouvelle portion élargie du tablier a été ouverte au trafic au mois de mars 2007 en vue de la réalisation des phases subséquentes de remplacement de la dalle.

Les figures 6 à 10 présentent diverses étapes de réalisation en chantier.



Figure 6 – Démolition en surface des chevêtres



Figure 7 – Batardeau mis en place



Figure 7 – Élargissement du fût des piles



Figure 8 – Élargissement des chevêtres



Figure 9 – Pose de la poutre au-dessus de la route 132



Figure 10 – Élargissement complété

Conclusion

Le pont de l'Île-Charron est constitué majoritairement de travées composées de poutres en béton précontraint. Les travaux, réalisés de 2006 à 2008, visent le remplacement complet de la dalle de même que l'augmentation de la capacité du pont par l'ajout d'une voie.

Les travaux d'élargissement, réalisés au cours de l'été de 2006, ont démontré qu'il était possible d'élargir un tablier de poutres en béton au moyen de poutres en acier et ce, sans problèmes apparents dus au différentiel de dilatation thermique entre les deux matériaux. L'utilisation de poutres en acier a permis de régler des problèmes associés à la mise en place de nouvelles poutres en béton tout en assurant un produit fini de qualité.

La nouvelle dalle du pont de même qu'une capacité accrue feront en sorte que le pont de l'Île-Charron sera en mesure de poursuivre sa contribution au développement économique et démographique de la Rive-Sud de Montréal pour un autre 40 ans.