CONSTRUCTION D'UN PONT À BÉQUILLES (PONT DOMINION) SUR LA ROUTE 132 AU-DESSUS DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE PARTIE 1 - CONCEPTION

Paul Dandois, ing. M. Sc., Philippe Létourneau ing., André Caron ing. M. Sc.

Consortium SNC-Lavalin/CIMA
5500, boulevard des Galeries, bureau 200
Québec (Québec) G2K 2E2

RÉSUMÉ

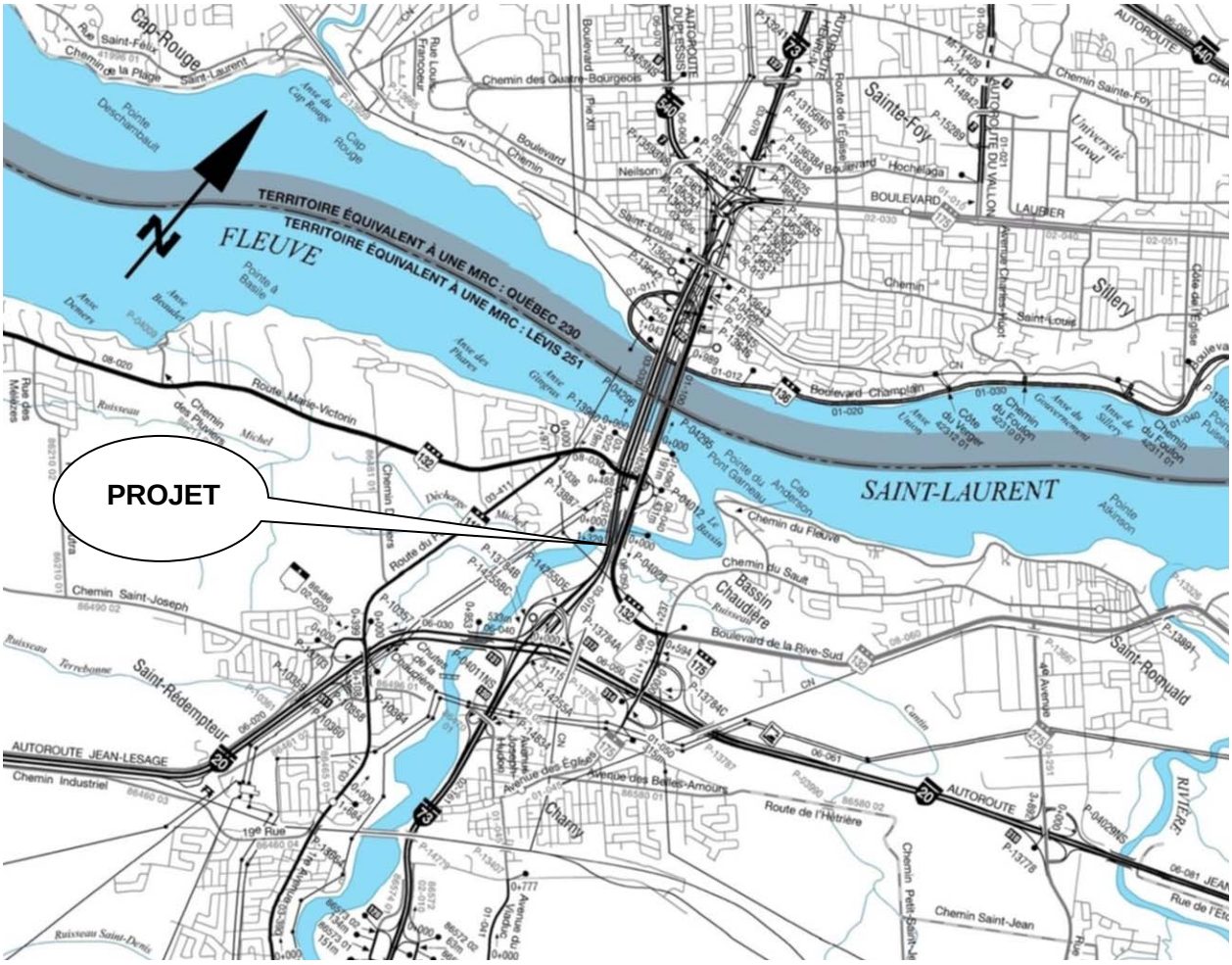
Cet article discute de la conception d'un pont à béquilles de 232 m de long, au-dessus de la rivière Chaudière, au sud du pont de Québec. Ce pont est construit 43 m au-dessus du cours d'eau qu'il enjambe et supporte 4 voies de circulation, des trottoirs et une piste cyclable. Des problèmes d'encombrement, dus à la présence d'une voie ferrée à moins de 2 m à l'ouest du futur pont et à la construction en phase des travaux pour assurer le maintien de la circulation, ont été surmontés. Le tablier est composé de quatre cadres constitués de poutres à âme pleine en acier espacées de 6,2 m et de trois longerons, intercalés à mi-portée entre les cadres, supportant une dalle de béton de 225 mm d'épaisseur. Les quatre béquilles supportant le tablier sont constituées de caissons rectangulaires en acier, dont les dimensions transversales varient de 0,9 m par 1,8 m à 2,36 m par 1,8 m.

Les raisons qui ont motivé la décision d'ériger un pont à béquilles sont exposées dans la première partie de l'article. Sont également exposés, les autres types de ponts étudiés pour ce projet. Par la suite, le choix de la géométrie et un survol de la conception des divers éléments et assemblages constituant la charpente d'acier du pont sont présentés. Le comportement sismique et sous le vent du pont est abordé.

1. INTRODUCTION

Besoins

Le tronçon de la route 132 situé à la sortie sud du pont de Québec n'avait pas la capacité requise pour desservir le nombre d'usagers empruntant ce tronçon, ce qui créait régulièrement de la congestion. Localisé sur ce tronçon, le pont Dominion devait faire l'objet de travaux de réfection importants et coûteux. Son élargissement, afin d'en augmenter la capacité, ne s'avérait pas une solution économiquement avantageuse. Conséquemment, le ministère des Transports du Québec a décidé d'aller de l'avant avec un projet de construction d'une nouvelle structure en remplacement de l'ouvrage existant. La nouvelle construction devra accueillir quatre voies de circulation, en plus d'une piste cyclable et des trottoirs, être conforme aux exigences des normes actuellement en vigueur et répondre à des critères stricts de longévité.



Pont existant

Le pont existant avait une longueur totale de 238 m et possèdait un tablier d'une largeur de 11,7 m. Il était construit à quelques mètres à l'est d'un pont desservant un chemin de fer. La partie centrale de la structure du pont était constituée d'un arc en acier à tablier supérieur. Aux extrémités nord et sud de cet arc, un système de poutres et poteaux d'acier complètait le tablier. Le pont prennait appui sur des culées creuses et des massifs de béton assis directement sur le roc par l'intermédiaire de semelles superficielles.

Contrainte du site

Le pont franchis une vallée où s'écoule la rivière Chaudière. La dénivelée entre le dessus du tablier et le niveau des eaux de la rivière est d'environ 43 m. Les flancs de chaque côté de la vallée sont relativement escarpés, soit des pentes d'environ 45 degrés. Ainsi, le dégagement vertical au-dessus du cours d'eau est très important et ne constitue pas une contrainte lors de l'établissement de la profondeur de la structure du pont.

Il est peu probable que la construction de nouvelles piles en rivière soit la cause d'embâcles à cette hauteur de la rivière Chaudière. En effet, la géométrie plus étroite de la rivière et la présence de nombreuses piles dans le cours d'eau, localisées immédiatement en amont du pont projeté, sont des restrictions à l'écoulement de la rivière plus propices à la formation d'embâcles.

La présence du pont ferroviaire du Canadien National situé immédiatement à l'ouest du pont actuel constitue une contrainte importante qui doit être considérée lors de la conception et de la construction du futur pont. De plus, la fondation de la pile centrale du pont ferroviaire est située sous la projection du tablier du pont existant.

Malgré les conditions topographiques escarpées du site, un chemin donne accès aux berges de la rivière. Ce chemin facilitera les travaux de construction des éléments de fondation et de montage de la charpente d'acier. Une grue peut accéder aux berges de la rivière au droit du pont projeté.

La profondeur de l'eau de la rivière Chaudière sous le pont projeté est faible. La construction de batardeaux et de piles en rivière est donc facilitée. Il est à noter qu'à l'emplacement projeté du pont, le roc est affleurant à divers endroits.

Géométrie du nouveau pont

Le nouveau pont aura une largeur hors tout de 21,98 m et une longueur de 232 m, soit 6 m plus court que celui existant. Compte tenu de la topographie du site, la culée sud sera relocalisée.

L'élargissement du pont projeté par rapport au pont actuel sera réalisé vers l'est exclusivement, un pont ferroviaire étant situé à quelques mètres à l'ouest. De plus, la circulation devant être maintenue durant toute la période de construction du nouveau pont, le phasage des travaux sera impératif et devra être considéré dans l'élaboration des concepts. Lors de la première phase de construction, la moitié est du nouveau pont sera réalisée. À la suite de sa mise en service, le pont actuel sera démantelé, et la deuxième phase de construction du nouveau pont sera réalisée.

Les contraintes de maintien de la circulation et de la topographie du site sont donc les principaux aspects ayant orienté le choix des types de pont retenus pour l'étude.

2. TYPES DE PONTS ÉTUDIÉS

2.1 Types de ponts

En avant-projet, sept ponts, de cinq types différents, ont été analysés, soit :

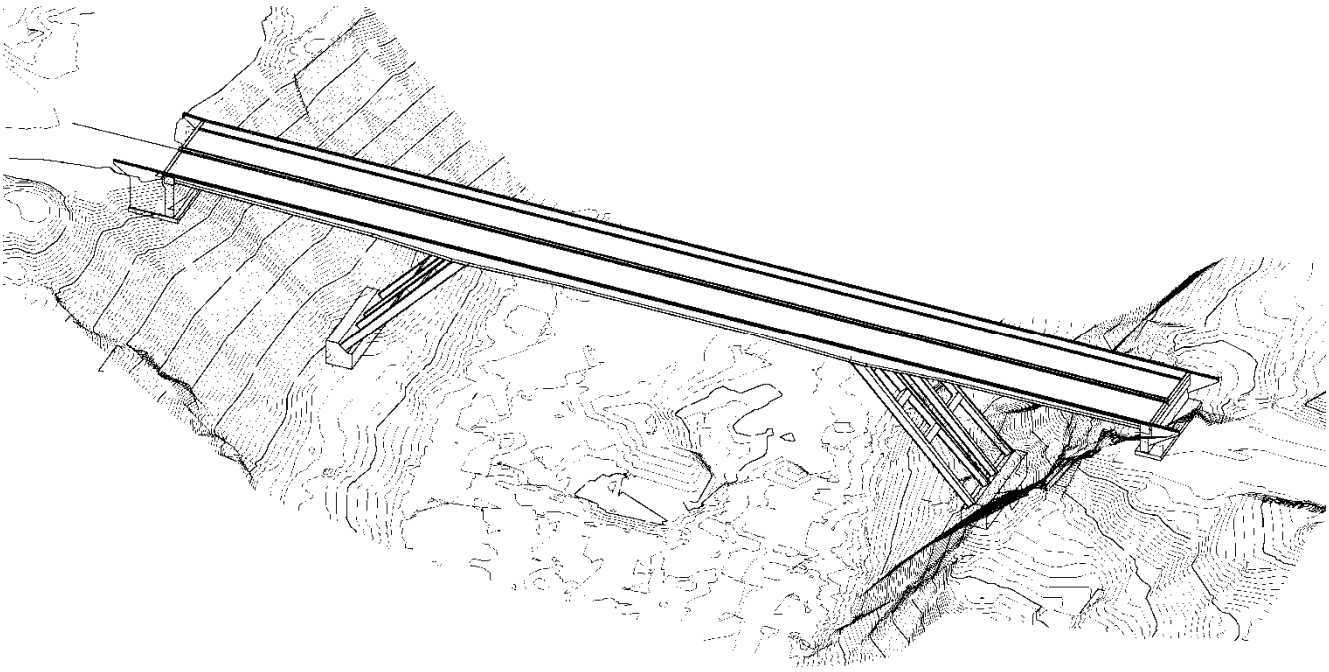
1. Un pont à poutres à âme pleine en acier constitué d'un système de dalle en béton armé reposant sur quatre poutres principales (pont de *type 44*). Le pont comporte trois travées continues supportées par deux piles en rivière. Les éléments de fondation, culées et piles sont en béton armé, les piles étant à fût évidé.
2. Deux ponts indépendants à trois travées continues comme le pont précédent. Toutefois, le tablier est constitué de poutres (un par pont) en caisson en béton postcontraint (pont de *type 57*).
3. Un pont à trois travées continues comme les deux ponts précédents. Toutefois, le tablier est constitué de quatre poutres caisson en acier avec une dalle en béton armé (pont de *type 58*).
4. Un pont à poutres à âme pleine en acier constitué d'un système de dalle en béton armé reposant sur huit poutres principales (pont de *type 44*). Le pont comporte six travées continues supportées par cinq piles, dont trois en rivière et deux dans l'escarpement. Les éléments de fondation, culées et piles sont en béton armé.
5. Un pont à béquille en acier constitué d'un système de dalle en béton armé reposant sur trois cadres poutres-béquilles (pont de *type 51*). Le pont comporte trois travées continues supportées par deux béquilles qui prennent appui au bas de l'escarpement.
6. Un pont à béquille en acier, comme le pont précédent, reposant toutefois sur sept cadres poutres-béquilles (pont de *type 51*).
7. Un pont en arc à tablier supérieur constitué d'un système de dalle en béton armé sur charpente d'acier (pont de *type 76*). Trois arcs prennent appuis au bas de l'escarpement.

2.2 Option retenue : Pont à béquilles reposant sur quatre cadres

2.2.1 Tablier

Un pont à béquilles est adapté à la topographie du site. En effet, les béquilles sont inclinées, venant ainsi s'ancrer dans l'escarpement de la vallée, ce qui diminue la portée centrale et limite les interventions dans le cours d'eau. De plus, ce type de structure s'intègre harmonieusement à la topographie de l'environnement et offre un intérêt architectural indéniable.

Le pont à béquilles retenu est constitué de trois travées continues de 71,90 et 71 m. La structure du tablier est composée de quatre cadres constitués de poutres à âme pleine en acier espacés de 6,2 m et de trois longerons, intercalés à mi-portée entre les cadres, supportant une dalle de béton de 225 mm d'épaisseur. Compte tenu de la largeur du pont, 22 m, la dalle est précontrainte transversalement, ce qui a imposé son épaisseur. Les cadres d'acier sont des profilés assemblés d'une hauteur variant de 2 à 4 m. L'assemblage entre les poutres et les béquilles est continu, c'est-à-dire qu'un effort de flexion est transmis par cet assemblage.



2.2.2 Béquilles et fondations

Le tablier du pont repose sur quatre béquilles. Dans le plan longitudinal du pont, elles sont inclinées à 47,5 degrés par rapport à l'horizontale. Elles sont constituées de caissons rectangulaires en acier dont les dimensions transversales varient de 0,9 m sur 1,8 m à 2,36 m sur 1,8 m. Les béquilles sont regroupées deux par deux à l'aide de trois traverses. Les béquilles sont inclinées l'une vers l'autre avec un angle d'environ 5 degrés.

L'angle et la localisation des béquilles furent établis afin de positionner les bases les recevant sur les berges de la rivière; ainsi, aucun travail dans le cours d'eau n'est requis. Les béquilles reposent sur des massifs en béton armé d'environ 7 m de largeur x 23 m de longueur x 6 m de profondeur.

Les culées sont en béton armé avec des murs en retour en console. La géométrie de ces unités est conventionnelle, soit une semelle où s'appuie un mur de front surplombé d'un mur garde-grève.

3. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU CHOIX RETENU

3.1 Environnement

Au niveau de l'environnement, le pont à béquilles a l'avantage de minimiser les travaux en rivière lors de la construction des fondations. Les unités de fondation étant localisées à l'extérieur du cours d'eau, la construction de batardeaux est éliminée.

3.2 Constructibilité

Tel que noté précédemment, une grue pourra accéder aux berges de la rivière au droit du site du futur pont par un chemin d'accès. Cette possibilité d'accès aux berges permettra un montage économique de la charpente d'acier et le bétonnage des unités de fondation.

Le pont à béquilles est essentiellement un tablier à poutres en acier reposant sur des béquilles, la construction de ce type de tablier est usuelle au Québec et est bien maîtrisée par les entrepreneurs. L'assemblage des béquilles, qui sont des caissons d'acier, est plus complexe mais demeure un ouvrage relativement simple à mettre en œuvre. L'érection de ce type de pont est plus complexe qu'une structure courante faite de poutres rectilignes prenant appui sur des piles. Toutefois, une littérature abondante sur le sujet est disponible, et le calcul et le cheminement des efforts durant les étapes de construction sont simples à déterminer. Malgré les défis que représente la construction d'un tel ouvrage, ceux-ci sont moindres, sinon égaux, à l'érection d'un pont conventionnel impliquant la construction de piles de plus de 40 m de hauteur en rivière et, selon les travées, dans l'escarpement. De plus, la construction de ces piles peut être désavantageuse, puisque le temps de construction de ces éléments est important et les travaux en rivière ne peuvent pas être réalisés à l'année.

La construction d'un pont en arc possède les mêmes avantages de constructibilité que le pont à béquilles, mais il est plus complexe à fabriquer en raison des éléments courbes de l'arc ou du nombre de pièces plus important. De plus, la méthode d'érection de la charpente est plus complexe qu'un pont à béquilles. La stabilisation de l'arc lors de son érection nécessite de nombreuses manipulations.

3.3 Délais de construction et de fabrication

De par leur construction, les ponts de type pont à béquilles ont les délais de construction les plus courts des types de ponts étudiés, les béquilles pouvant être préfabriquées.

3.4 Entretien et inspection

Les ponts à béquilles, tout comme les ponts à poutres à âme pleine, présentent généralement un bon comportement à long terme et sont bien connus par le ministère des Transports du Québec. De plus,

le coût d'entretien de ces types de ponts est peu élevé. Au niveau de l'inspection de la structure, ces types de ponts sont simples et peu coûteux à inspecter. Toutefois, les béquilles étant des caissons, elles présentent un désavantage quant à l'accessibilité de l'intérieur des caissons lors de l'inspection, en plus de demander un système d'éclairage.

3.5 Intégration architecturale

L'évaluation de l'intégration architecturale est un aspect subjectif. Toutefois, nous croyons qu'un consensus se fera quant à la beauté et à l'intégration architecturale du pont à béquilles par rapport aux ponts conventionnels sur piles élancées.

3.6 Coûts

Au tableau 1, le coût de construction préliminaire des sept options étudiées est présenté. Ignorant le coût final des options autres que celle retenue, cette estimation servira de base de comparaison. Ces montants ne sont pas globaux, les coûts de voirie et drainage ainsi que d'éclairage aux approches étant exclus car identiques peut importe l'option étudiée. Les coûts des travaux estimés varient de 20 230 000 $ à 22 500 000 $, soit un écart de 11 %. De plus, l'écart entre l'option la plus économique et la cinquième option la plus coûteuse n'est que de 3 %. Compte tenu du niveau de précision de la présente estimation, cet écart n'est pas significatif. Le choix final de l'option retenu n'a donc pu être seulement basé sur les coûts de construction.

Tableau 1 – Résumé de l'estimation des coûts de construction des diverses alternatives

Option 1 4 poutres en acier 65-100-65	Option 2 8 poutres en acier 30-40-50-50-40-30	Option 3 2 ponts caisson en béton 65-100-65	Option 4 4 caissons en acier 65-100-65	Option 5 3 béquilles en acier 71-90-71	Option 6 7 béquilles en acier 71-90-71	Option 7 Arc en acier 40-150-40
20 622 000 $	20 382 000 $	20 761 000 $	22 500 000 $	20 728 000 $	20 230 000 $	22 450 000 $
2 %	3 %	3 %	11 %	2 %	-	11 %

3.7 Choix retenu

La construction d'un pont à béquilles a été retenue. Le coût des diverses options étant, à une exception près, équivalent, le choix de ce type de pont a été motivé par les avantages suivants :

1. l'absence de piles et de travaux en rivière;
2. une intégration architecturale à l'environnement du site;
3. un entretien et une inspection simples;
4. une méthode de construction relativement simple impliquant des délais de fabrication et de construction plus courts.

4. DÉVELOPPEMENT DE LA SOLUTION RETENUE

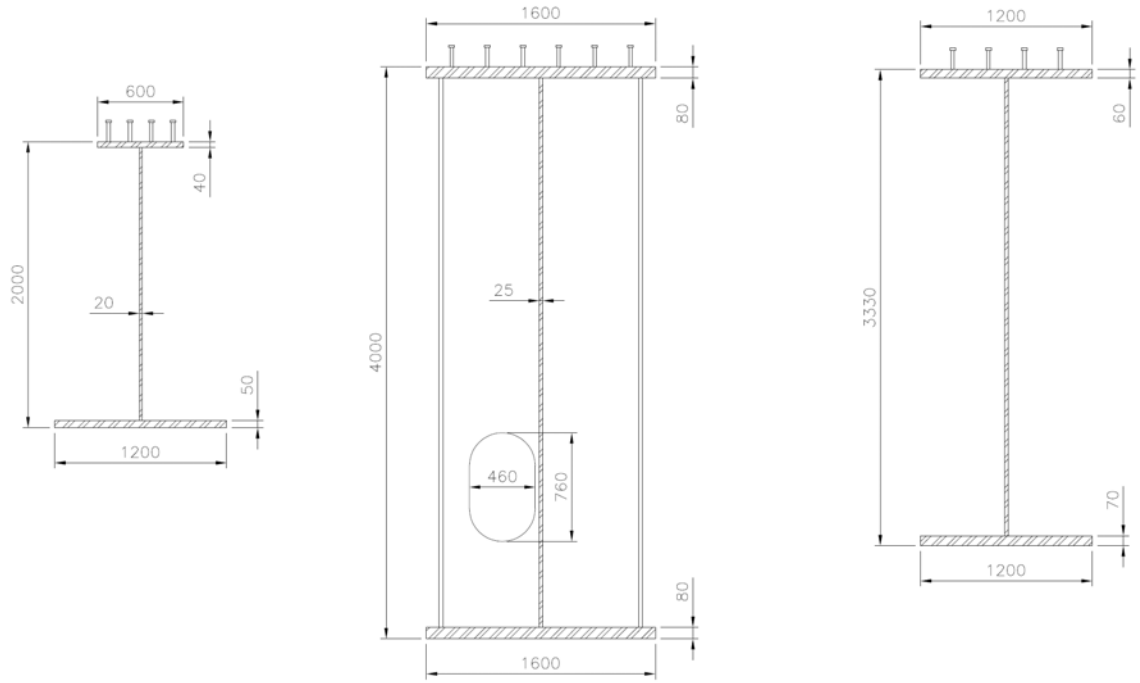
4.1 Dimensions des sections et esthétisme de l'ouvrage

Le pont étant de dimensions importantes, il fallait s'attendre à avoir recourt à d'imposantes sections structurales au niveau des poutres et des béquilles. De plus, l'effet d'arche qui se crée naturellement dans la partie centrale de ce type de structure engendre une importante charge de compression dans les poutres.

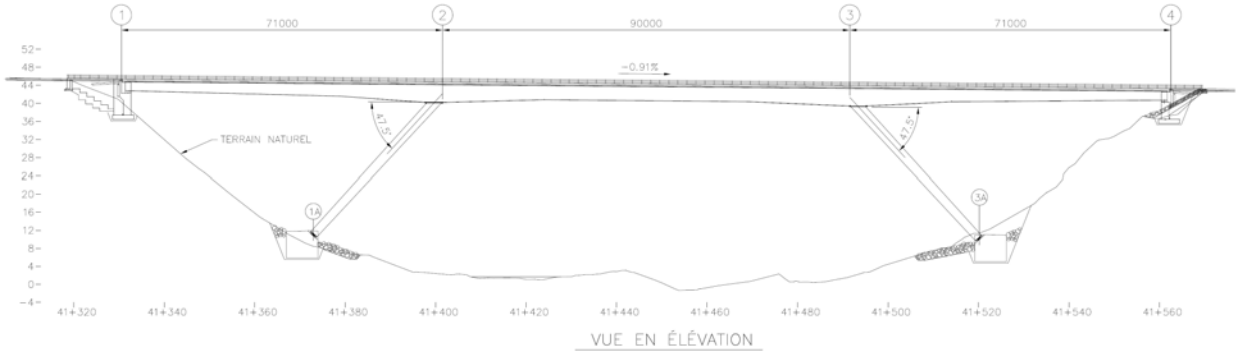
Lors de la détermination des dimensions des poutres et béquilles, l'aspect esthétique se devait d'être un critère important afin d'intégrer la structure au paysage. Par défaut, le pont à béquille se prête particulièrement bien à la topographie du terrain en place, puisque l'allure élancée de ces structures se mêle bien à l'environnement. Les poutres devaient également être de hauteur variable afin d'optimiser la capacité structurale des sections.

Étant donné la longueur des travées, les règles de base en esthétisme des ponts nous guidaient de prime abord vers une poutre très profonde d'environ 7 mètres au-dessus de la béquille. Cette profondeur permettait d'avoir une variation de la section très élégante, mais engendrait malheureusement quelques problèmes importants.

En effet, une telle profondeur d'âme nécessite la présence d'un joint soudé horizontal dans l'âme dans une zone fortement sollicitée en contraintes. L'usage de raidisseurs longitudinaux aurait également été nécessaire, ce qui augmente les coûts de fabrication de façon importante. Ces problèmes étaient toutefois assez mineurs comparativement à celui du transport. La hauteur de l'âme devait donc être limitée à seulement 4 mètres.



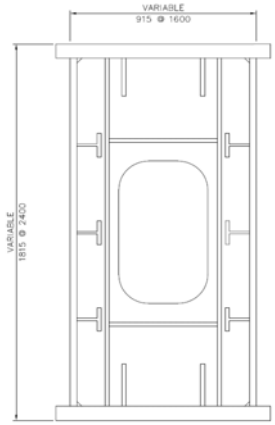
La structure a finalement une allure très élancée et d'un point de vue esthétique, le résultat est tout de même très élégant. Toutefois, d'un point de vue structural, cette limitation sur la hauteur devait donc être compensée par l'usage de sections plus trapues qu'à l'habitude.



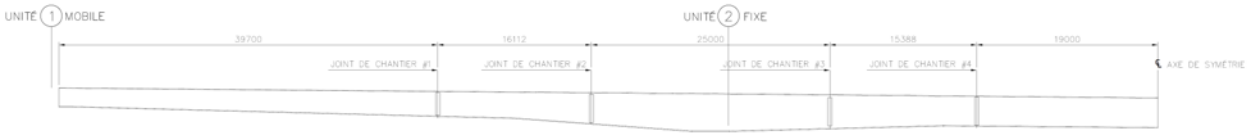
VUE EN ÉLÉVATION

La poutre varie en hauteur de 2,0 m aux culées à 4,0 m à l'assemblage poutre/béquille et a une hauteur totale de 3,2 m dans la travée centrale. L'épaisseur de l'âme est de 20 mm sauf pour la section au-dessus des béquilles où une épaisseur de 25 mm a été retenue. La hauteur étant limitée, des sections avec des ailes très trapues ont finalement été requises. À la connexion de la béquille avec la poutre, les ailes ont une dimension de 1600 mm en largeur par 80 mm d'épaisseur.

Les béquilles, quant à elles, ont une largeur qui varie de 915 mm à 1600 mm et une hauteur variant de 1815 mm à 2400 mm.



De par leurs dimensions, les poutres et les béquilles sont des éléments très lourds. Ce poids de ces sections a ont donc du être pris en compte lors du positionnement des joints de chantier. Il a donc été impossible de positionner les joints boulonnés uniquement dans les poids d'inflexion, tel qu'effectué usuellement. Par exemple, les sections de poutre au-dessus des béquilles pèsent jusqu'à 78 000 kg. Au total, 8 joints de chantier ont été nécessaires. La longueur des sections varie de 15,4 mètres à 39,7 mètres.



Contrairement aux spécifications du Manuel de conception des structures, qui impose un espacement maximal de 8 mètres, l'espacement des contreventements transversaux a été fixé à 10 mètres afin d'être conséquent avec la dimension et l'espacement des poutres. Cet espacement s'est avéré le plus économique et suffisant d'un point de vue structural.

4.2 Phasage des travaux

Le maintien de la circulation sur la route 132 était évidemment un aspect primordial dans le cadre de ce projet. Dans le but de limiter les impacts sur la circulation, il a donc été décidé de prévoir la construction du pont en phase. Une moitié de pont sera donc construite à l'est du pont existant, la circulation y étant alors maintenue. L'ancien pont Dominion sera ensuite démoli pour laisser la place à la construction de la deuxième moitié de la structure.

Cette décision a une conséquence importante sur la conception. En effet, la rigidité transversale de l'ouvrage est beaucoup plus importante lorsque les 2 paires de béquilles sont en place. Plusieurs vérifications ont donc été effectuées lors de la conception afin d'assurer la stabilité latérale du pont.

4.3 Effets du vent

Lors de la conception, nous avons réalisé que la structure projetée répondait positivement à certains critères de vulnérabilité à l'instabilité aéroélastique décrits à l'article C3.10.4 du commentaire de la norme CSA S6-06. En effet, l'élancement et la fréquence naturelle de vibration de l'ouvrage pouvaient s'avérer potentiellement problématiques. La norme mentionne effectivement qu'on doit dans ces cas tenir compte de phénomènes aéroélastiques de décollement de tourbillons, d'oscillation galopante, de battement et de divergence.

Ces phénomènes sont décrits de la façon suivante dans la norme CSA S6-06 :

Décollement de tourbillons — instabilité de l'écoulement derrière un corps non profilé dans un courant d'air, comportant le décollement plus ou moins périodique de tourbillons. Les tourbillons se décollent en alternance des côtés opposés du corps, produisant d'un côté, puis de l'autre, des charges latérales perpendiculaires à la direction du vent.

Oscillation galopante — vibrations causées par un vent de travers, résultant de l'instabilité aérodynamique de nombreuses structures élancées.

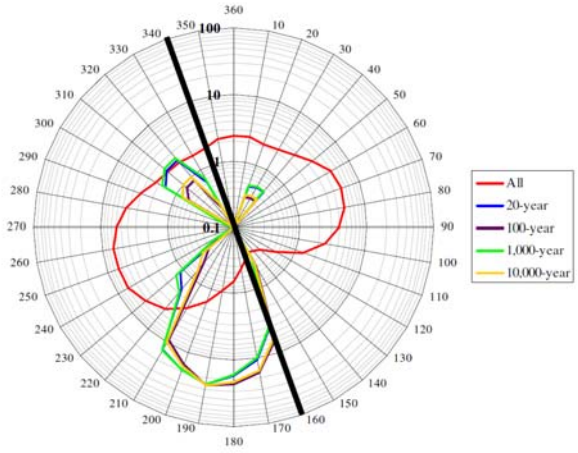
Battement — instabilité causée par l'interaction entre le vent et la structure du pont, qui met en cause un mouvement de torsion pure ou des mouvements verticaux et de torsion combinés du tablier d'un pont.

Divergence — instabilité aérodynamique en torsion qui survient généralement lorsque la vitesse du vent dépasse les valeurs normales de conception.

De plus, la construction de ce nouvel ouvrage ne devait amplifier les forces de vent exercées sur le pont ferroviaire existant, situé très près de l'emplacement projeté du nouveau pont Dominion. Nous étions également préoccupés par les caractéristiques d'intensification des pressions de vent propres à ce site en vallée.

Les services de la firme Rowan Williams Davies & Irwin ont donc été retenus afin d'évaluer les conditions climatiques particulières au site, ainsi que la vulnérabilité de la structure aux phénomènes aéroélastiques.

Les statistiques de vent utilisées pour déterminer les vitesses de conception et la directionnalité du site du pont ont été basées sur les mesures de vent de surface prélevées entre 1968 et 2008 à la l'aéroport international Jean-Lesage de Québec. La rugosité du terrain et l’encaissement de la vallée ont ensuite été analysés afin de déterminer la vitesse de vent à 42 mètres de hauteur, soit au niveau du tablier du pont.



Cette étude a finalement permis de conclure que les instabilités aéroélastique n’étaient pas susceptibles de se produire à l’intérieur de la durée de vie du pont, de même que durant la phase des travaux où seulement la moitié de l’ouvrage complet sera en service pendant une période d’environ un an. Elle a également permis de rassurer nos voisins du CN.

5. CONCEPTION

5.1 Dimensionnement des poutres principales

Les ponts à béquille se caractérisent par l'effet d'arche qui se crée dans la travée centrale. Dans le cas du pont Dominion, la charge axiale de compression s'élève jusqu'à près de 18 500 kN aux états limites ultimes et jusqu'à près de 8200 kN aux états limites d'utilisation. Contrairement aux tabliers typiques à dalle sur poutres, la composante de sollicitation due à compression lors de la vérification de l'interaction flexion-compression est très importante. Au centre de la grande travée, cette composante est d'ailleurs de plus de 50 %.

Dans le cas de ce pont, ce n'est pas la résistance à la fatigue qui gouverne le dimensionnement des poutres, comme c'est couramment le cas pour la plupart des ponts à dalle sur poutre. Quelques raisons expliquent ce phénomène. Tout d'abord, tel que mentionné précédemment, la travée centrale est fortement sollicitée en compression. Le poids propre de la structure est, en proportion des efforts, un peu plus important qu'à l'habitude. La participation de la dalle à la résistance en flexion de la section mixte de la travée du centre est beaucoup moindre que pour un pont conventionnel, malgré son épaisseur de 225 mm. Les effets thermiques, ainsi que celui du vent sont également plus importants. À la béquille, on constate que les efforts des enveloppes ÉLUL 3 et 4 sont plus importants que ceux des enveloppes ÉLUL 1 et 2.

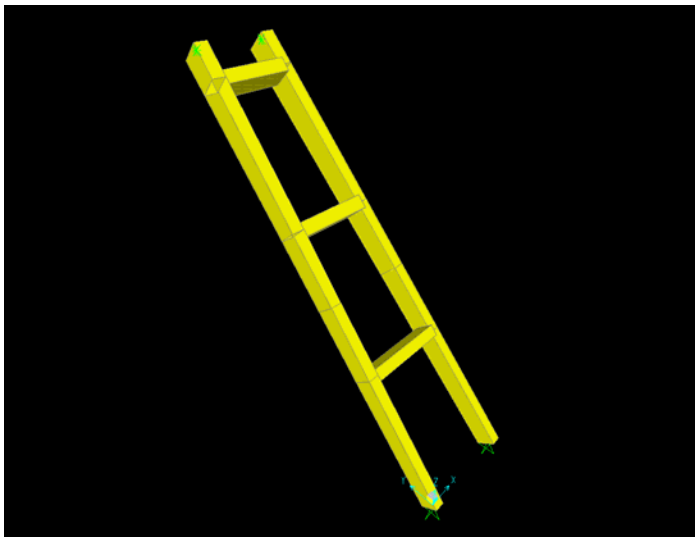
C'est finalement la capacité à l'ultime qui a gouverné le dimensionnement des poutres.

5.2 Dimensionnement des béquilles et analyse sismique

La conception d'une poutre-colonne de type caisson d'acier non composite comme c'est le cas pour les béquilles, n'est pas traitée explicitement dans la norme CSA S6-06. Aussi, le système de résistance sismique de type béquille (cadre rigide) n'est pas couvert spécifiquement dans cette même norme. Pour les systèmes structuraux non traités, le chapitre 4 de la CSA S6-06 renvoie le concepteur à la section 4.8.5 « Other systems » qui laisse le soin au concepteur d'utiliser d'autres méthodes adéquates pour la conception sismique des systèmes moins communs.

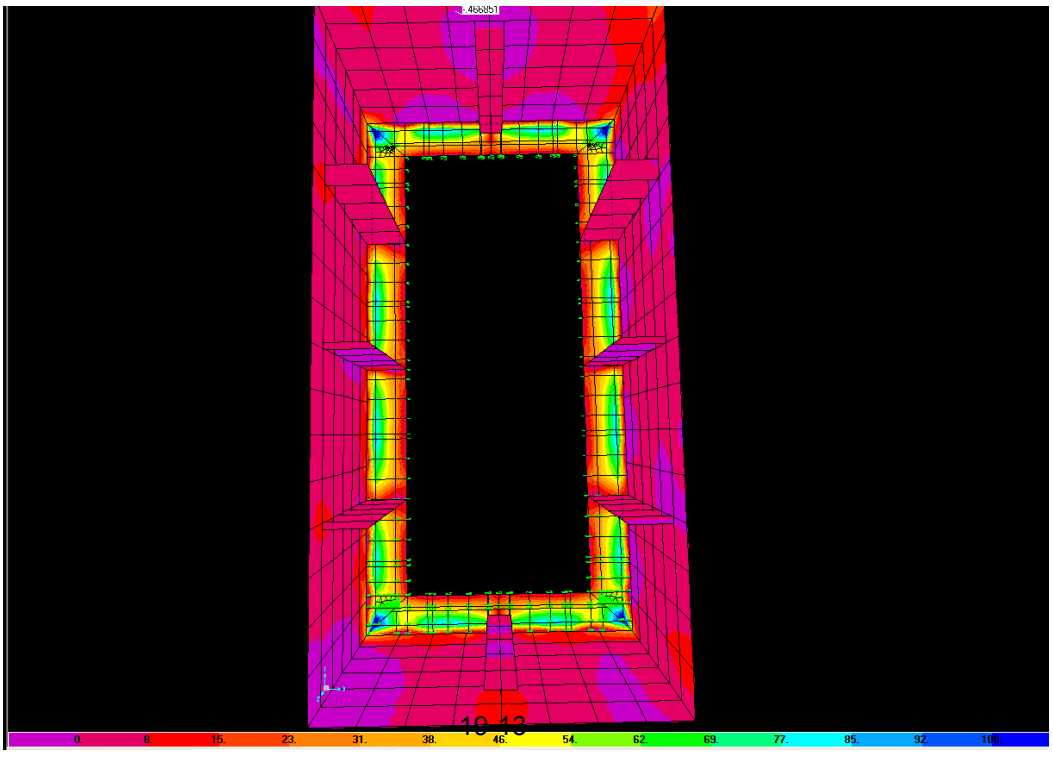
C'est pourquoi, il a été décidé de baser la conception des béquilles (de type caisson d'acier) sur les prescriptions de la norme AASHTO LRFD Bridge Design Specification pour les aspects concernant la résistance des pièces et en partie sur les prescriptions de la norme AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design pour les aspects de conception sismiques du système en présence.

En ce qui a trait à la conception sismique, la philosophie suivante a été adoptée. La conception des béquilles a été effectuée avec l'effort sismique élastique, c'est-à-dire pour un coefficient de modification de réponse R = 1,0. Toutefois, les prescriptions de la norme AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design quant aux élancements locaux et globaux requis pour les éléments ont été respectées. Quoiqu'aucune rotule plastique n'a été prévue (R = 1,0), les restrictions quant aux soudures dans une région plastifiée ont suivi pour une longueur jugée appropriée.Il est à noter que tant dans les normes AASHTO que CSA, la conception d'une rotule plastique dans un caisson n'est pas couverte clairement. Ceci explique en partie la décision prise quant au facteur de ductilité R = 1.0 choisi pour la conception.Les béquilles sont donc considérées comme des éléments à capacité protégée en compression et en flexion, sauf dans la dernière partie sous la poutre. Dans cette dernière partie, il a été décidé que les élancements devaient correspondre à un élément ductile en flexion et à capacité protégée en compression.



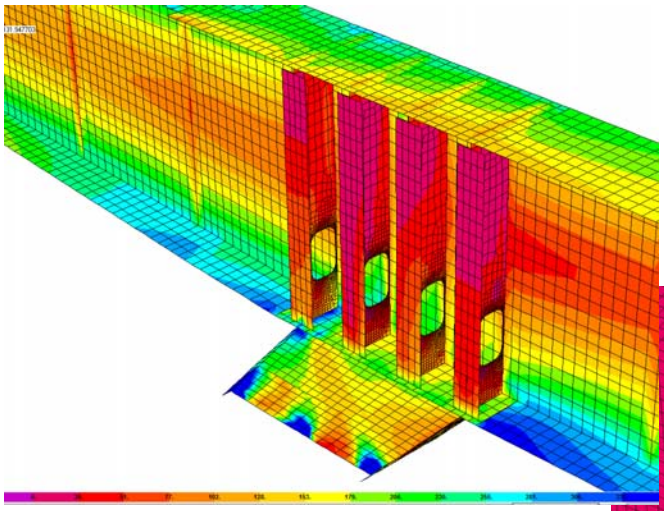
Une analyse de flambement a été réalisée afin de valider la conception de la béquille. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel SAP2000 et avait pour objectif de valider les longueurs de flambement. De plus, elle a permis de nous rassurer quant à l'absence de mode de flambement élastique qui aurait été omis dans la conception.

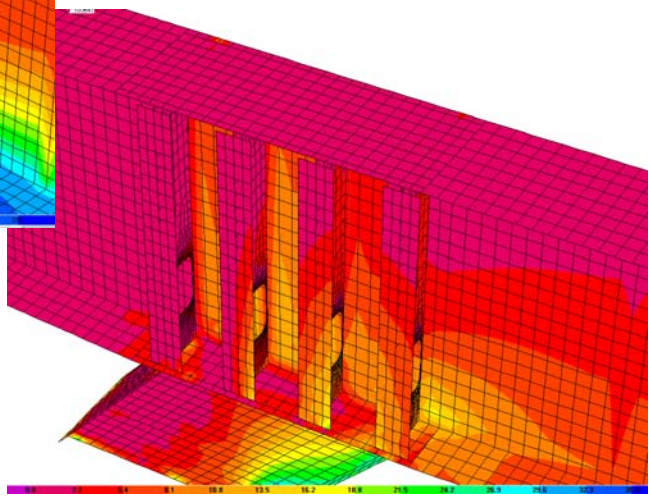
D'autres analyses par éléments finis ont également permis de valider l'effet des raidisseurs longitudinaux utilisés à l'intérieur des caissons, de même que l'effet bénéfique de la plaque de fermeture à l'extrémité du caisson. Les résultats de la première analyse sont montrés sur la figure suivante.

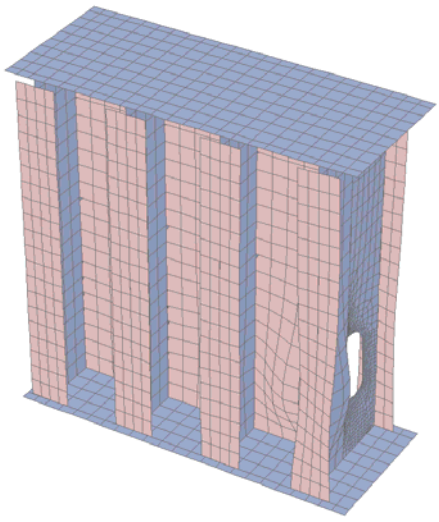


5.3 Assemblage poutre/béquille

La conception de la connexion de la poutre à la béquille a été particulièrement complexe. Cette connexion devait, entre autres, être en mesure de transférer les efforts de flexion, mais surtout respecter les hypothèses de l'analyse sismique mentionnées précédemment. Un calcul manuel a d'abord été effectué, puis plusieurs analyses par éléments finis ont permis de valider le dimensionnement. Ces analyses particulières ont été effectuées sur le logiciel SAP2000. Une première analyse de flambement a été effectuée et a permis de valider l'usage des raidisseurs en « T » qui avaient été choisis préalablement. Ces raidisseurs permettent, entre autres, d'atteindre la limite élastique de l'acier en tout point, avant que le flambement ne se produise. D'autres analyses particulières ont également été effectuées afin de valider la distribution des contraintes dans l'assemblage à l'ultime, ainsi que le respect des contraintes maximales de fatigue. Les figures ci-dessous montrent les résultats de certaines de ces analyses.

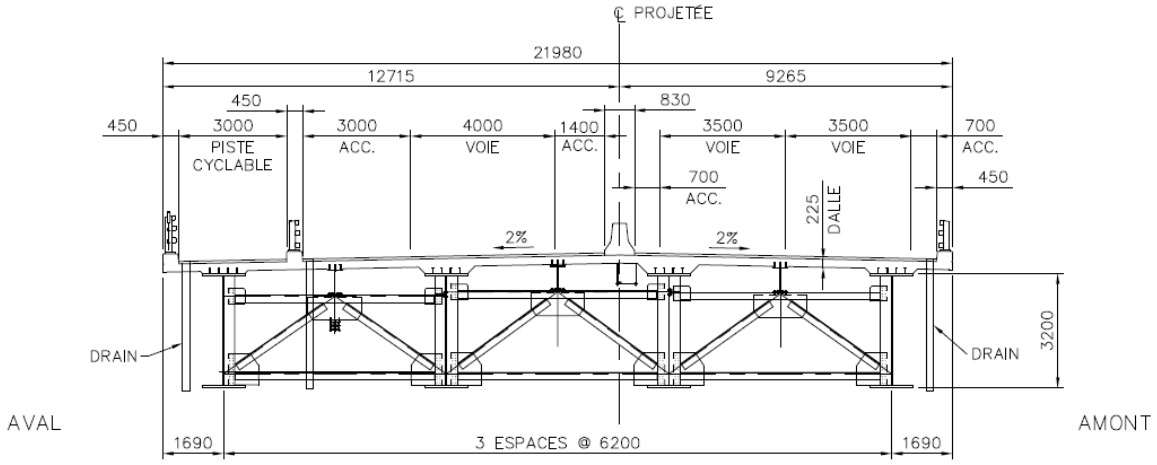






6. ESTIMATION DES COÛTS

Ce projet prévoit le réaménagement complet du secteur sur une longueur d'un peu moins d'un kilomètre. Ce réaménagement comprend des travaux de terrassement, drainage, aqueduc, fondation de chaussée, soutènement, écran anti-bruit, éclairage et aménagement paysager pour fins d'élargissement de ce tronçon de la route 132, aux approches du pont. L'estimation finale s'élevait à un total d'environ 36 millions. L'appel d'offre pour la construction a été remporté par l'entreprise EBC. Le montant soumissionné est finalement de 37,6 millions, ce qui représente une variation de moins de 5% par rapport à l'estimation.



COUPE TRANSVERSALE CENTRE

7. CONCLUSION

En conclusion, la conception d'un pont à béquille dans le cadre du remplacement du pont Dominion a été un défi intéressant et valorisant. Bien sûr, ce type de structure est un peu plus complexe qu'une structure conventionnelle, mais nous croyons que la réalisation de ce projet permet la construction d'un ouvrage de qualité, durable et qui s'intègre à merveille dans son milieu. La réalisation de ce projet a nécessité l'usage d'outil et de méthode de calcul non-conventionnels, repoussant ainsi nos limites. Ce type d'ouvrage permet également d'éviter les travaux en rivière ce qui est un avantage indéniable en ce qui concerne le respect de l'environnement.

Une fois la construction terminée, le pont Dominion accueillera quatre voies de circulation, en plus d'une piste cyclable et des trottoirs. Il permettra finalement de réduire la congestion sur cet axe routier.

Un second article, à paraître en 2012, fera état de la réalisation des travaux.