



## CONSTRUCTION DU PONT SUR LE CANAL DE BEAUHARNOIS

*Gabriel Menéndez-Pidal Sendrail, **Dragados Canada, Inc.**  
Directeur de construction du Pont Beauharnois pour NA30 CJV*

*Luis Peset González, **Dragados**  
Support technique pour NA30CJV*

*Alejandro Acerete Navarro, **Acciona Infrastructure Canada Inc.**  
Directeur d'ingénierie pour NA30 CJV*

*Javier Ayala Luna, **Acciona Infrastructure**  
Support technique pour NA30CJV*

---

### **1. Sommaire**

Cet article décrit les travaux et techniques employées pour la construction du pont du canal de Beauharnois au sein du projet de parachèvement en mode partenariat public-privé de la nouvelle autoroute 30 dans la région de Montréal pour le ministère des Transports du Québec (le « **Parachèvement en PPP de l'A-30** »).

Le pont du canal de Beauharnois est la plus importante structure du projet de Parachèvement en PPP de l'A-30, réalisé par le consortium de construction Nouvelle Autoroute 30 CJV s.e.n.c. (« **NA30 CJV** »), lequel est formé à 40% par Dragados Canada, Inc., 40% par Acciona Infrastructure Canada Inc., 16% par le Groupe Aecon Québec Ltée et 4% par Verreault Inc. La partie ouest du projet de Parachèvement en PPP de l'A-30 qui totalise approximativement 42 kilomètres et comprend des tronçons autoroutiers s'étendant de Vaudreuil-Dorion à Châteauguay, a été ouverte au public le 15 décembre 2012. Cette date marque la fin des travaux de l'autoroute 30 lesquels ont commencé dans les années soixante, reliant maintenant les villes de Sorel et Vaudreuil par la Rive Sud de Montréal.

La construction du pont du canal de Beauharnois a commencé à la fin du mois d'octobre 2009 et fut finalisée en décembre 2012. Lors de ces 38 mois de construction, plusieurs facteurs ont conditionné la conception, les travaux et les échéanciers. On peut citer entre autres les contraintes suivantes:

- **Contraintes dues aux tiers :**

**Voie Maritime du Saint-Laurent :** Le pont traverse la Voie Maritime du Saint-Laurent. Certains dégagements devaient être respectés.

Les travaux au-dessus de la Voie maritime du Saint Laurent étaient limités à la période de fermeture de celle-ci, soit entre la fin décembre et la fin mars. Aucun empiètement n'était permis en dehors de ces dates.

**Hydro Québec :** Le pont traverse le canal de Beauharnois en amont de la centrale hydroélectrique, et en aval de l'estacade de glace du km 23, toutes deux appartenant à Hydro-Québec.

Les pertes de charge induites par le pont sur la production de la centrale hydroélectrique lors de la construction et en phase finale devaient respecter de sévères limites.

Les travaux marins en aval de l'estacade de glace étaient limités lorsque le couvert de glace était formé, soit la période comprise entre la fin novembre et la fin mars.

**CSX :** le pont traverse la voie ferrée de CSX

Les travaux au-dessus de la voie ferrée devaient être coordonnés avec la compagnie CSX. Le pont devait respecter certains dégagements.

- **Contraintes environnementales :** l'empiètement sur les milieux aquatiques devait être minimisé.
- **Contraintes dues aux travaux marins** dans le canal de Beauharnois lequel est très profond et possède un fort débit d'eau, soit d'environ 6 500 m<sup>3</sup>/s, avec un courant de 2,1 m/s et un niveau d'eau variable, en fonction de la production de la centrale hydroélectrique.
- **Contraintes climatiques** dues aux basses températures et aux forts vents sur le canal de Beauharnois.

Tous ces facteurs nous ont incités à choisir certaines méthodes innovatrices lesquelles nous ont permis de compléter les travaux dans les délais fixés et dans le respect de l'Entente de partenariat signée avec le ministère des Transports du Québec, dont notamment :

- **Fondations** sur le canal à base de pieux de grand diamètre forés dans le roc et semelles suspendues en dessus du niveau d'eau;
- **Préfabrication des piliers** de 3,6 mètres de diamètre et coffrages spéciaux pour les piliers principaux;
- **Poussage du tablier** au-dessus du canal de Beauharnois et de la Voie Maritime du Saint-Laurent;
- **Utilisation de prédalles préfabriquées** sur poutres en béton précontraint et sur les caissons en acier; et
- **Utilisation de coffrages glissants** pour la réalisation de barrières rigides.

## 2. Description de la structure

D'une longueur totale de 2551,4 mètres, et possédant 43 travées, ce pont est formé de deux tabliers séparés pour chacune des deux chaussées. Le pont traverse le canal de Beauharnois en amont de la centrale hydroélectrique d'Hydro Québec, la Voie Maritime du Saint-Laurent en amont des écluses de Beauharnois, ainsi que le rang Sainte Marie et la voie ferrée de CSX. Étant donné que la topographie de l'environnement du pont est sensiblement horizontale, le profil de la structure est marqué par la nécessité d'avoir un dégagement de 38,5 mètres au-dessus de la Voie Maritime du Saint-Laurent, avec une pente maximale de 3,50% de chaque côté. Le tracé en plan est droit, alors que le tracé en élévation est ascendant avec une pente constante de 3,5% jusqu'à la pile 21, pour passer à un point culminant situé au-dessus de la Voie Maritime du Saint-Laurent; le tracé se termine finalement par une pente descendante constante de 3,4% entre la pile 34 et la culée Est.

Étant donné qu'une importante partie du tablier se trouve à être au-dessus du canal où se situent la centrale hydroélectrique et la Voie Maritime du Saint-Laurent et qu'une autre grande partie se trouve sur terre avec une bonne accessibilité pour réaliser les travaux, il a été choisi de diviser le pont en deux tabliers de conception différente, de 13,77 mètres de largeur chacun.

Pour la partie du pont située sur la terre possédant de bons accès routiers, nous avons choisi de construire un tablier en béton ayant une section formée de cinq poutres préfabriquées de type NEBT 2000 de 2 mètres de hauteur (tablier Ouest), avec un total de 250 poutres pour les deux tabliers. Les poutres en béton, mesurant 45 mètres de long et pesant 80 tonnes, étaient fabriquées en usine, transportées par route au chantier et installées à l'aide de grues conventionnelles. Le tablier en béton sur terre est formé de 25 travées avec les portées suivantes :  $37,85 + 2 \times 45,0 + 33,25 + 44,2 + 4 \times 44,5 + 2 \times 44,2 + 11 \times 44,5$ . Les troisième et quatrième travées du tablier Nord et Sud passent au-dessus d'une voie ferrée.

En ce qui concerne la partie du pont sur l'eau, le tablier est formé d'un caisson métallique fermé de 3,675 mètres de hauteur constante (tablier Est) et 1457 mètres de longueur. Le tablier métallique sur l'eau a été exécuté par poussages successifs effectués depuis la culée Est. Dans sa situation finale, le tablier est fixé par bétonnage aux piles 28 et 29, situées de chaque côté de la Voie Maritime, alors que sur l'ensemble des autres piles, il est appuyé sur des appareils de type POT conventionnels. Le tablier métallique est formé de 18 travées avec les portées suivantes :  $63,4 + 63,7 + 150,0 + 63,0 + 64,5 + 12 \times 81,9 + 63,2$ . Il est à noter que la portée typique est de 81,9 mètres et la portée principale sur la Voie Maritime est de 150 mètres entre les piliers 28 et 29. La transition entre les deux types de tablier se fait à la pile 26 lequel possède un chevêtre à géométrie spéciale capable de recevoir les poutres de béton d'un côté et le caisson métallique de l'autre.

Voici quelques chiffres représentatifs du pont

- **70 000 m<sup>3</sup> de béton in-situ;**
- **25 000 m<sup>3</sup> de béton** coulé en usine pour **éléments préfabriqués;**
- **21 000 tonnes d'acier d'armature 400W;** et
- **15 500 tonnes d'acier structurel 350 WT.**



*Vue d'ensemble pont sur le canal de Beauharnois et Voie Maritime du Saint Laurent*



### **3. Fondations**

#### **3.1 Conception**

La conception des fondations des piliers du pont de Beauharnois dans les eaux du canal a impliqué un défi considérable. Le niveau du roc se trouve jusqu'à 15 mètres sous l'eau; la composition de ce dernier est de la roche quartzite et la dolomie très abrasive et de résistance élevée à la compression (valeurs jusqu'à 350MPa).

La conception des fondations des piles sur l'eau est composée de pieux forés dont les têtes de pieux se situent au-dessus du niveau de l'eau. Chaque pieu était ancré 4 mètres dans le roc sain dans le canal et 7,2 mètres pour les piliers principaux de la Voie Maritime. Nous avons réalisé un total de 138 pieux avec des longueurs variant entre 20 et 25 mètres.

Ce choix a été déterminé en fonction de plusieurs facteurs, dont notamment :

- Les pieux forés exécutés à partir d'une barge étaient beaucoup plus simples à construire que toute autre solution basée sur l'utilisation de caissons submergés ou batardeaux;
- L'utilisation de barge limitait la perte de charge dans le débit de la centrale hydroélectrique pendant la phase de construction en comparaison avec une solution de batardeaux;
- Le fait de construire les têtes de pieux au-dessus du niveau de l'eau réduisait aussi la perte de charge de la centrale hydroélectrique du canal de Beauharnois en phase définitive; et
- La Déclaration de l'Impact Environnemental pénalisait le chantier pour chaque m<sup>2</sup> de fond du lit qui serait affecté par la construction. La fondation sur pieux forés ancrés dans le fond du canal garantissait un empiètement minime par rapport à d'autres types de solution de semelles.

#### **3.2 Exécution**

Les pieux caissons de 2 mètres de diamètre ont été réalisés à partir de puissantes foreuses situées sur deux barges appuyées sur le fond du canal avec des supports et munies d'un système stabilisateur de vérins hydrauliques. L'excavation du roc se faisait à l'aide de couronnes avec des pointes de diamant comme s'il s'agissait d'un forage à grande échelle. Celui-ci se réalisait à l'intérieur de caissons métalliques sacrificiels qui servaient par la suite de coffrage perdu lors du bétonnage.

Chaque tête de pieu a une hauteur de 3 mètres et est formée de deux groupes de trois pieux situés en forme triangulaire équilatérale; ces deux groupes étant unis par une poutre de liaison.

L'exécution des têtes de pieux a été réalisée à l'aide de coffrages suspendus par un système de vérins de sable fixés aux caissons des pieux. Le bétonnage se faisait en deux phases pour optimiser le système de coffrage. La première phase d'un mètre de hauteur supportait la deuxième de 2 mètres.

Grâce à cette façon de procéder, le travail des différentes équipes fût optimisé.

## 4. Piliers

Le pont du canal de Beauharnois possède 84 piliers avec une hauteur variable comprise entre 4,6 et 41 mètres. La construction de l'ensemble de ces piliers devait être initialement effectuée in-situ.

Parmi ces piliers, 80 ont une section circulaire de 3,6 mètres de diamètre et une épaisseur de 40 centimètres.

Étant donnée la grande répétition de formes et les brefs délais de construction à respecter, nous avons choisi de modifier la conception initiale pour passer à une solution préfabriquée en usine qui, de plus, améliore énormément les conditions de travail et la qualité du produit final. Cette décision fut prise en cours de route, ce qui implique que cette solution a dû être effectuée en compatibilité avec les semelles qui étaient déjà construites. Il a donc été nécessaire de réaliser une première partie des piliers in-situ laquelle faisait la transition entre les semelles et les segments préfabriqués et servait de point de départ des ancrages de posttension.

La conception des piles ainsi que celle des fondations sont effectuées en tenant compte des actions sismiques et les critères de ductilité. En effet la partie in-situ située en-dessous de la zone d'ancrage des câbles de posttension joue le rôle de rotule plastique à la base des piliers.

Cette solution n'a pas pu être utilisée pour les 4 piliers les plus bas des axes 42 et 43, car ils avaient une hauteur inférieure à 10 mètres, ce qui rendait la préfabrication peu intéressante. Il en a été de même pour les 4 piliers principaux de la Voie Maritime, P28 et 29, qui correspondent à la portée principale de 150 mètres et sont le point fixe de la structure. Ces piliers ont un fût massif avec une forme trapézoïdale ayant une longueur de grande base de 8,5 mètres, une longueur de petite base de 4,9 mètres et une hauteur de 2,4 mètres.

### 4.1 Piliers préfabriqués

#### Conception :

Les piliers préfabriqués sont circulaires, d'un diamètre extérieur de 3,6 mètres et d'une épaisseur de 400 millimètres; la continuité verticale de la pile est obtenue grâce à de la posttension. La première phase du pilier était effectuée in-situ avec des coffrages métalliques. Cette partie loge le système d'ancrages pour les câbles de posttension ce qui rend sa géométrie complexe. L'union entre le premier segment préfabriqué et la partie in-situ de chaque pilier est assurée en utilisant un joint humide avec des cales de nivellement.

Les segments de 4 mètres de hauteur ont été fabriqués en utilisant un système de « match-cast » avec du béton de 60 MPA auto plaçant. De cette façon, il était possible de garantir une bonne union entre les segments. Entre chaque segment, nous avons dû étendre une couche de résine époxy.

À chaque extrémité, les segments ont un système de clés de cisaillements pour améliorer leur union.

L'ajustement de la hauteur de la pile est obtenu en variant soit la longueur du segment de transition, soit le dernier segment typique circulaire.

Il y a trois types de posttension, dépendamment de la hauteur de la pile et de ses sollicitations : les piles typiques ont 12 tendons de 19 torons de 15,2 millimètres. Pour les piles plus courtes (2 et 3), nous retrouvons de 20 barres de post tension de 46 millimètres de diamètre.

#### Fabrication des segments :

Les segments ont été fabriqués dans une usine de préfabrication et ont été ensuite transportés au chantier. L'usine avait deux fosses dans lesquelles il a été possible d'empiler jusqu'à trois segments pendant le processus de bétonnage des segments « match-cast ».

Grâce à la préfabrication, il a été possible d'obtenir un rythme très élevé de production; en effet les 1450 mètres de pilier du pont ont été construits en seulement 8 mois, même pendant la période hivernale, à un rythme moyen de 8 segments par semaine et avec des pointes de 15 segments par semaine.

#### Fabrication des chevêtres :

Compte tenu de leur poids (100 tonnes et 145 tonnes pour les chevêtres du côté maritime et terrestre respectivement), nous avons choisi de les préfabriquer au chantier. En effet, leur poids présentait de grandes difficultés pour le transport entre l'usine de préfabrication et le chantier.

Nous avons utilisé deux systèmes différents pour leur fabrication :

Pour les chevêtres sur l'eau, nous avons conçu une enceinte fermée avec une ouverture dans laquelle nous introduisions le segment de transition et sur lequel était installé le coffrage. Lorsque les chevêtres étaient bétonnés, nous les déposons sur une aire d'entreposage à l'aide de grues portiques pour ensuite les embarquer sur des barges pour leur installation.

En ce qui concerne les chevêtres du côté terrestre, étant donné leur plus grand poids et le meilleur accès, nous avons décidé de bétonner chaque chevêtre au pied du pilier. Les coffrages des chevêtres étaient donc déplacés de pile en pile.

Le chevêtre de la pile 26, qui fait la transition entre la partie du caisson métallique et la partie formée de poutres NEBT fut construit in-situ à cause de son poids et sa géométrie spéciale.

## **4.2. *Piliers in-situ***

#### Piliers principaux Voie Maritime du Saint-Laurent

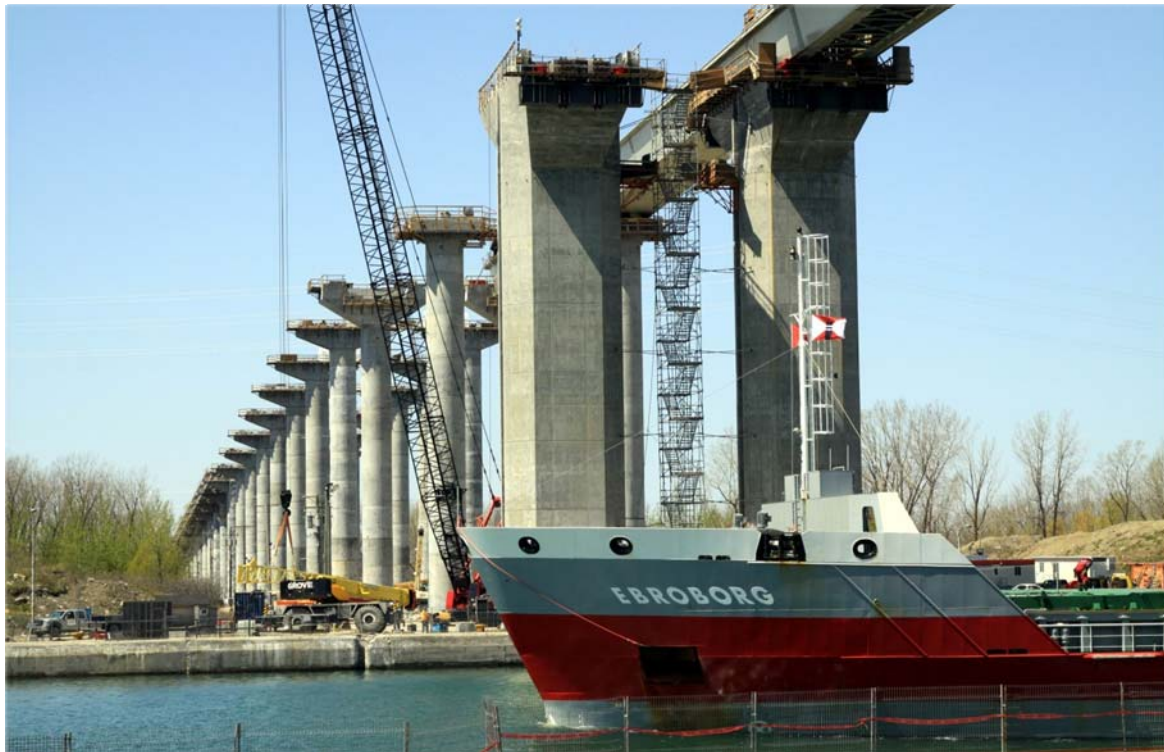
Les piliers principaux ont présenté un défi important à cause de leur géométrie complexe. Le fût a une forme trapézoïdale ayant une longueur de grande base de 8,5 mètres, une longueur de petite base de 4,9 mètres et une hauteur de 2,4 mètres. Ces piliers étaient fortement armés avec des barres d'acier de 55 mètres. Les piliers furent construits à l'aide de coffrages grimpants.

Les chevêtres des piliers in-situ ont une géométrie complexe en forme de palmier avec une longueur de 22 mètres et une largeur de 8,5 mètres. Cette forme permettait de réduire la portée de 150 mètres lors du poussage au-dessus de la Voie Maritime et permettait de constituer le point fixe du tablier en position définitive. Cette géométrie a obligé la division du bétonnage en plusieurs phases, à l'aide de coffrages suspendus sur consoles. La construction des chevêtres a été réalisée en période hivernale, travaillant jour et nuit.





*Piliers préfabriqués côté maritime et terrestre*



*Piliers*

*in-situ*

*Voie*

*Maritime*



## **5. Fabrication, montage et poussage du tablier métallique**

### **5.1 Fabrication**

Chacun des deux tabliers mesurant 1457 mètres de long et pesant 7500 tonnes était subdivisé en segments qui mesuraient entre 27 et 41 mètres, tout dépendant de leur poids. Chaque caisson était subdivisé en trois pièces (deux âmes latérales et la semelle de fond). Ces trois parties, dont la longueur maximale était de 41 mètres, étaient fabriquées séparément dans des usines indépendantes pour ensuite être transportées par route jusqu'à l'usine qui assemblait les trois parties pour former un caisson complet. Les caissons étaient par la suite transportés par barge au chantier. Les chargements et déchargements des barges se faisaient avec des équipements multi roues ayant une capacité de transport de 280 tonnes. Une fois les caissons acheminés au chantier, ils étaient manutentionnés avec deux grues portiques autopropulsées de capacité de 120 tonnes chacune.

Étant donné les échéanciers, nous avons utilisé deux usines à proximité du fleuve Saint-Laurent, ce qui permettait d'effectuer le transport des caissons complétés par barge directement jusqu'au chantier. Il a été aussi nécessaire d'assembler certains caissons directement au chantier

### **5.2 Pré-assemblage et montage à blanc**

Plusieurs travaux incluant le pré-assemblage ont été réalisés au chantier dans le but d'accélérer le rythme des travaux. Une aire de pré-assemblage a été préparée pour cette fin où les caissons étaient placés sur des chevalets qui étaient munis de vérins. À l'aide de ce système, les caissons étaient présentés et mis en cambrure les uns après les autres. Lorsque l'ajustement géométrique était vérifié, nous marquions et découpons le caisson à la bonne longueur et nous percions les âmes de celui-ci.

### **5.3 Assemblage pour le poussage**

Une fois le montage à blanc réalisé, les caissons étaient transportés sur l'aire de poussage pour leur assemblage. L'union des caissons se faisait par boulonnage et soudage. Les semelles inférieures étaient soudées à pénétration complète pour permettre le glissement pendant le poussage, tandis que les semelles supérieures et les âmes latérales étaient unies par boulonnage. Chaque poussage type était de 164 mètres de long et était composé de quatre caissons de 41 mètres de long.

Chaque joint devait se faire en respectant un ordre d'installation de boulons et goujons de blocage pour éviter les déformations et efforts dus à la réalisation des soudures.

### **5.4 Poussage du tablier métallique**

#### Conditions

Chacun des deux tabliers de 1457 mètres de long a été divisé en dix segments différents pour réaliser le poussage. La séquence choisie permettait de pousser 164 mètres en une seule opération, soit l'équivalent de deux portées typiques de 82 mètres et s'ajustait au passage de la Voie Maritime où l'on trouve la portée maximale de 150 mètres. Chaque tablier a nécessité un total de 10 opérations de poussage.

Ce poussage a représenté en soit un grand défi technique à cause de la longueur record de poussage de 1457 mètres et à cause de la travée principale de 150 mètres qui a nécessité des

moyens spéciaux comme l'utilisation d'un mât haubané, des appuis glissants hydrauliques, un suivi/contrôle additionnel, etc.

#### Délais d'exécution

Les facteurs suivants ont déterminé le choix de la construction du tablier par poussage :

- Restrictions de construction au-dessus de la Voie Maritime du Saint Laurent lesquelles limitaient la période de construction lors des trois mois de fermeture de celle-ci à la navigation. Le poussage permettait d'installer le tablier au-dessus de cette travée en une seule opération durant deux jours, sans empiéter à aucun moment sur la sortie des écluses. Pendant la construction et en collaboration avec le MTQ, la Voie Maritime et une firme spécialisée, nous avons réalisé une étude de risques de l'opération du poussage. Cette étude nous a permis de réaliser le deuxième poussage au-dessus de la Voie Maritime en période de navigation, certaines restrictions devant cependant être respectées. Le trafic maritime n'a souffert d'aucune entrave à aucun moment.
- Restrictions de construction sur le canal de Beauharnois en aval de l'estacade de glace en période hivernale : Grâce à la technique de poussage, l'assemblage du tablier sur le canal a été possible sans utiliser de barges ou de grues, ce qui a permis de travailler de façon continue pendant la saison hivernale comprise entre la fin novembre et la fin mars.
- Industrialisation des procédures d'assemblage : Tous les assemblages, boulonnages, opérations de soudage nécessaires pour le poussage ont été effectués dans une aire d'assemblage fixe au niveau du sol, avec des conditions d'assemblage similaires à celles observables en usine, en utilisant des abris et en employant des méthodes et moyens ré-applicables, tout en évitant les opérations de levage à l'aide de grues et en éliminant les travaux en hauteur ainsi qu'en limitant les effets climatiques. Les cadences d'assemblage se sont accélérées une fois passée la courbe d'apprentissage, ce qui a permis d'assembler chaque module de poussage de 164 mètres de long en à peine quelques jours. Les deux tabliers ont été poussés en une période de 12 mois.

#### Géométrie du tablier

Le tablier du pont a une forme variable de type parabolique sur les 650 premiers mètres au-dessus de la Voie Maritime. Ensuite, le profil du pont a une pente constante de 3,4 % sur toute son approche; c'est-à-dire que les premiers caissons poussés devaient adapter leur géométrie parabolique à la pente de 3,4%. Ainsi, plusieurs opérations complexes de mise en cambrure ont été nécessaires, durant l'assemblage des caissons et durant le poussage, pour atteindre la géométrie précise stipulée par le concepteur du pont.

#### Climat

Puisque qu'une grande partie du poussage du tablier métallique a été réalisée durant la période hivernale, lorsque la température chute jusqu'à -30°C, tous les équipements auxiliaires ont dû être ajustés pour ces conditions météorologiques extrêmes.

#### Équipements auxiliaires

Pour la réalisation du poussage et pour respecter les échéanciers, il a été nécessaire d'utiliser un double équipement de vérins et d'appuis auxiliaires afin de pouvoir réaliser le poussage des deux tabliers en parallèle. Les équipements requis pour le poussage comprenaient notamment :

- deux paires de vérins de 500 tonnes et 200 tonnes situées sur la culée Est;

- le nez de lancement, équipé d'une paire de vérins de capacité de 60 tonnes afin de récupérer la déformation du tablier en porte-à-faux à l'arrivée sur les piliers;
- un système de haubans temporaires constitué d'un mât de 35 mètres de hauteur, de 160 câbles et deux vérins de 850 tonnes; et
- 2 systèmes de poutres d'acier auxiliaires sur les piliers principaux pour recevoir les vérins de 850 tonnes pour les appuis glissants de la portée principale.

#### Contrôle des paramètres pendant le poussage

Pendant le poussage nous devons contrôler les paramètres suivants :

- Déformations et flèche du tablier par le biais d'un système GPS placé sur le bec de lancement;
- Déformations des piliers par le biais de stations totales robotisées;
- Force de lancement par la lecture automatique de la pression dans les vérins;
- Tension dans les câbles du hauban; et
- Réactions des patins sur l'aire de poussage.

Ces données étaient enregistrées et comparées avec le modèle analytique tout au long de l'opération du poussage.

#### Opérations à réaliser après le poussage

Union monolithique du tablier sur les piliers principaux :

Le tablier est fixé aux piliers principaux par le biais de barres de posttension. Lorsque le poussage était achevé, le tablier était fixé aux piliers principaux de façon temporaire, dans le sens longitudinal et transversal, à l'aide de points fixes temporaires localisés sur chacun des piliers principaux. La fixation permanente était par la suite réalisée en mettant le pont en cambrure par un système de vérins et en mettant sous tension les barres de posttension. Finalement, une connexion monolithique étant réalisée en bétonnant à l'intérieur du caisson au-dessus des piles principales.

#### Changement d'appuis

En parallèle aux opérations de connexion monolithique, nous avons procédé à retirer les appuis temporaires sur les autres piliers de façon séquentielle. Afin de réaliser cette opération, nous utilisons des vérins pour lever le tablier, retirer l'appui temporaire vers l'extérieur avec un système de poutres auxiliaires latérales et finalement nous pouvions installer les appuis POT permanents. Les appuis permanents étaient ensuite soudés au tablier métallique.

#### Montage des becs métalliques au-dessus de la Voie Maritime

Ces becs sont installés au-dessus de la Voie maritime (portée principale de 150 mètres) afin de donner plus de hauteur à la section résistante du pont au-dessus des piliers principaux. Ces pièces avaient une longueur de 27 mètres, elles étaient divisées en deux parties de 14,5 et 12,5 mètres de long. Elles étaient mises en place de façon séquentielle, en-dessous du tablier en utilisant un système de hissage, composé de 4 vérins de 70 tonnes, des câbles de 40 mètres de long et 4 patins similaires aux équipements de poussage.

Les pièces de 50 tonnes étaient assemblées au sol juste en-dessous des piliers, sur un système de poutres support. Ce système de hissage permettait de lever les pièces situées à quelques cm des piliers, pour ensuite faire une translation horizontale vers sa position finale, sans empiéter à aucun moment sur la Voie maritime et en respectant les limites de non-construction fixées par la .



*Poussage au-dessus de a Voie Maritimee*

## **6. Système de dalles**

Afin de minimiser les travaux de coffrage sur le site et réduire les délais de construction, nous avons proposé un système de prédalles pour la construction des tabliers au-dessus des poutres NEBT du secteur terrestre et au-dessus des caissons métalliques du côté maritime.

Du côté terrestre nous avons choisi deux types de dalles différentes :

Les dalles situées entre les poutres et les dalles situées sur le bord du tablier qui avaient respectivement les dimensions suivantes : 3,49 m x 1,79 m x 0,11 m et 3,49 m x 3,61 m x 0,11 m et un poids maximal de 1,71 tonnes. Chaque travée possédait 40 dalles. Ces dalles étaient très maniables et se plaçaient rapidement, avec les mêmes grues et monteurs qui plaçaient les poutres. Une travée complète; en incluant les poutres et dalles, était installée en quelques heures. De cette façon, nous avons pu donner continuité aux équipes de travail et diminuer les temps morts des grues.

La dalle du tablier composite est formée de 638 semi-dalles préfabriquées. Ces dalles de 13,77 mètres de largeur et de 4,5 mètres de longueur et pesant 25 tonnes étaient fabriquées en usine, transportées par route et entreposées au chantier sur la même aire qui avait servi auparavant pour entreposer les piliers et caissons métalliques. Elles étaient par la suite chargées sur des barges et installées sur le tablier à l'aide de la grue « ringer » de 400 tonnes sur barge qui avait déjà servi à installer les piliers et chevêtres. Elles reposaient sur les semelles supérieures des

caissons métalliques munis de goujons. Une fois le bétonnage de la dalle réalisée, les goujons garantissaient le bon fonctionnement de la section composite.

Une fois les dalles posées (que ce soit du côté terrestre ou maritime), il était nécessaire d'installer un rang d'acier d'armature. La continuité finale de la dalle était garantie lors du bétonnage de la couche supérieure qui se faisait à l'aide d'un finisseur automoteur sur rails de roulement, tel que prescrit par le *Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières* du MTQ.

Finalement, pour la réalisation des glissières, nous avons opté pour un système non conventionnel in-situ impliquant l'utilisation d'un système de coffrages glissant automoteurs, nivelés à l'aide d'un fil métallique. Nous n'avons pas choisi d'intégrer les glissières sur les dalles préfabriquées car ceci aurait compliqué la conception et aurait augmenté le poids des pièces; par conséquent, ceci aurait compliqué leur installation.

Aussi, l'utilisation de coffrages conventionnels n'aurait pas donné les rendements nécessaires pour respecter les échéanciers.

Pour mettre en place ce système, nous avons réalisé des études pour obtenir un mélange de béton de 50 MPA ayant un affaissement de 35 millimètres seulement. Nous avons réalisé plusieurs tests à blanc à l'échelle 1/1 pour nous assurer de la bonne mise en place du béton, du respect des recouvrements et de l'obtention d'un système efficace de cure du béton. Ce système a permis de réaliser plusieurs centaines de mètres de glissières par équipe et par jour.

Grâce à ces techniques et à une minutieuse coordination des travaux, il a été possible de réaliser en une seule saison, comprise entre les mois de mai et septembre 2012, un total de 5,1 km de dalles en incluant les glissières.



Travaux d'installation de dalles et poussage 2<sup>ème</sup> tablier



## 6. Conclusions

La construction du pont du canal de Beauharnois a été effectuée d’octobre 2009 à décembre 2012 et a représenté un défi de taille, compte tenu des nombreuses restrictions, de ses dimensions et de sa complexité technique. De plus, il faut noter que la conception a été effectuée au fur et à mesure que les travaux avançaient.

La collaboration constante entre plusieurs entreprises avec des origines et cultures différentes, locales et internationales, a facilité un échange enrichissant qui a permis d’adopter certaines solutions originales et innovatrices.

Le choix de certaines techniques a permis d’accélérer les travaux. La préfabrication de certains éléments (piliers, poutres, chevêtres, dalles, etc.) et l’industrialisation de certaines procédures en chantier (fondations, assemblage métallique par poussage, glissières, etc.) ont largement contribué au succès des travaux de construction du pont.

Il faut rajouter à ceci une planification et coordination détaillée de toutes les tâches et intervenants en chantier et en usine, ce qui a permis de réaliser plusieurs travaux de façon simultanée, dans un environnement contraignant, et en respectant toutes les normes en vigueur comme le code CSA/S-06 et le *Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières* du MTQ.

À notre avis, cette expérience représentera un modèle à suivre pour les futurs grands travaux à venir dans la province de Québec.

### Remerciements :

<b>Ministère des Transports du Québec</b>	<b>Nouvelle Autoroute 30, s.e.n.c. (concessionnaire) :</b>
Développement de projet	<b>Iridium Nouvelle Autoroute 30 Inc. &amp; Acciona Nouvelle Autoroute 30 Inc.</b>
<b>Nouvelle Autoroute 30 CJV s.e.n.c. : Dragados Canada, Inc., Acciona Infrastructure Canada Inc., Groupe Aecon Québec Ltée &amp; Verreault Inc.</b>	
<b>Arup CANADA Inc. :</b> Conception	<b>FHEID :</b> Ingénierie du poussage
<b>Structal-Ponts, une division de Groupe Canam Inc. :</b> Fourniture structure d'acier	<b>Construction Euler Inc. :</b> Assemblage en chantier
<b>ALE Heavy Lift :</b> Fourniture équipements de poussage	<b>FPS-Béton Brunet :</b> Fabrication piliers préfabriqués
<b>Acier AGF Inc. :</b> Fourniture et installation armature	<b>Unibéton :</b> Fourniture de béton
<b>MK4 :</b> Fourniture appuis et joints de dilatation	<b>Béton Préfabriqués Du Lac Inc. :</b> Fourniture de dalles
<b>Bauer Canada :</b> Forage de pieux	<b>Schokbéton Québec Inc. :</b> Fourniture de poutres pré contraintes
<b>Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent</b>	<b>Hydro-Québec</b>