
LANCEMENT D'UNE SUPERSTRUCTURE EN CAISSONS ENJAMBANT LE FLEUVE ST-LAURENT À CORNWALL, ONTARIO

François Jutras, ing. P.Eng
Division Structure
Roche Itée, Groupe-conseil

Christophe Rigert, ing.
Division Structure
Roche Itée, Groupe-conseil

Frédéric Ménard, ing. P.Eng
Division Structure
Roche Itée, Groupe-conseil

Roche Itée, Groupe-conseil
3075, Quatre-Bourgeois, bureau 300
Québec (Québec) G1W 4Y4

RÉSUMÉ

Un nouveau pont enjambant le canal nord du fleuve Saint-Laurent à Cornwall est en construction afin de remplacer le pont existant qui a atteint sa durée de vie. Ce pont est un lien vital, puisqu'il se situe au poste frontalier Canada - États-Unis. Le propriétaire, la Société des ponts fédéraux Limitée, confie la conception de l'ouvrage à la firme McCormick Rankin. Le devis des clauses techniques indique que la superstructure, composée de deux caissons en acier, doit être mise en place par l'une ou l'autre des deux méthodes suivantes : lancement ou voie maritime. Le fabricant de ponts Structal se voit confié, par l'entrepreneur général Aecon, le contrat de la fourniture et de la pose de la superstructure en septembre 2011.

Après validation des scénarios avec l'entrepreneur général, il apparaît que la mise en place par voie maritime est trop risquée, étant donné la vitesse du courant, et s'avère même plus dispendieuse. La mise en place par lancement est donc retenue. Structal retient les services de Roche Itée, Groupe-conseil pour l'ingénierie de lancement. Les calculs et dessins préliminaires débutent en septembre 2011. Les documents sont remis au concepteur pour revue en décembre. Les documents finaux de lancement et la fabrication se déroulent à l'hiver 2012.

Finalement, le lancement de la superstructure débute en juin 2012 et la mise en place des 11 divisions se termine à la mi-août de la même année.

Un monitoring est réalisé à chacune des sept phases de lancement et permet de s'assurer du bon déroulement du lancement.

1.0 CONTEXTE DU PROJET

Un nouveau pont enjambant le canal nord du fleuve Saint-Laurent à Cornwall est en construction afin de remplacer le pont existant qui a atteint sa durée de vie. Ce pont est un lien vital puisqu'il se situe au poste frontalier Canada - États-Unis. Le propriétaire, la Société des ponts fédéraux limitée, confie la conception de l'ouvrage à la firme McCormick Rankin.

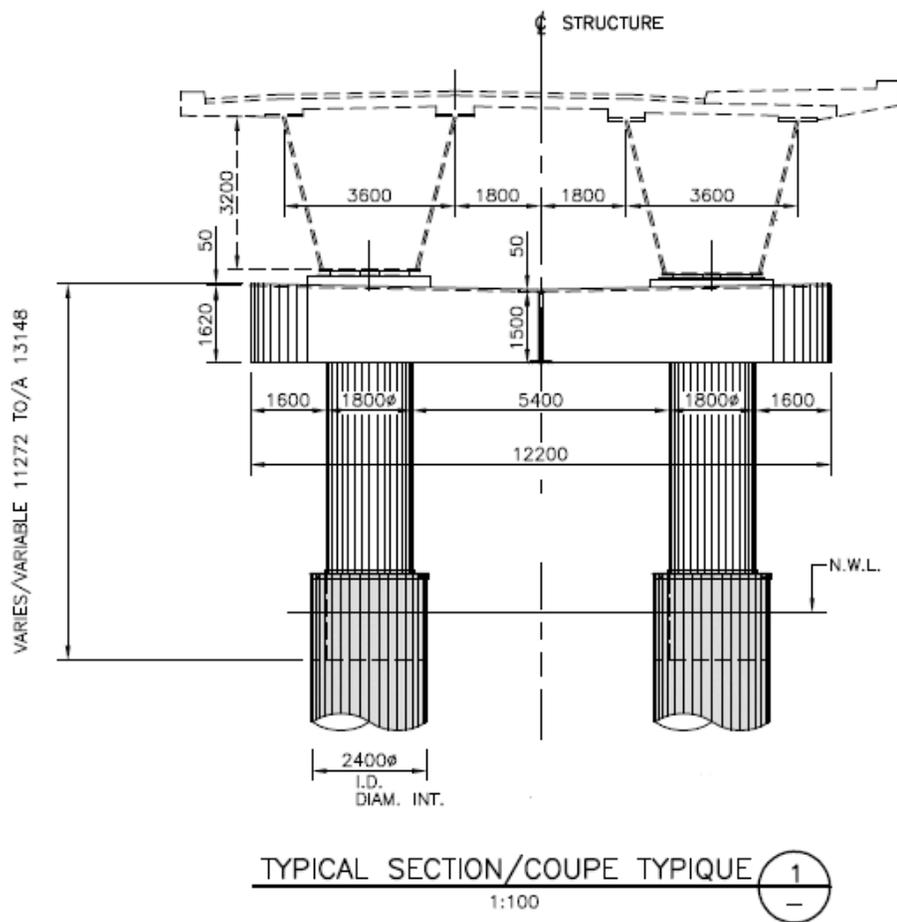
Ces travaux font partie d'un vaste projet de réaménagement des approches. De plus, le pont actuel a originalement été conçu en hauteur afin de permettre le transport maritime. Cette donnée n'étant plus requise, le nouveau pont sera construit beaucoup plus bas.



Photo aérienne du pont en construction

2.0 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Composé de deux caissons en acier de 3 200 mm de haut, agissant en action mixte avec une dalle en béton armé de 225 mm, le tablier supporte deux (2) voies de circulation en plus d'une voie à usage mixte (trottoir). Les quatre portées, de respectivement 78 m, 89,6 m, 89,6 m et 78 m, sont supportées par un chevêtre en béton armé de 1 500 mm de hauteur appuyé sur deux piliers de béton armé de 1 800 mm de diamètre.



Coupe type du pont

3.0 QU'EST-CE QU'UN PONT LANCÉ?

La mise en place de la superstructure par la méthode de lancement incrémental se veut une variante aux installations conventionnelles avec grues sur îlots, ponts temporaires ou barges.

L'installation par lancement consiste essentiellement à assembler les diverses sections de poutres sur une aire de lancement et à les pousser littéralement dans le vide en les faisant glisser sur des rouleaux ou des plaques de téflon.

En tenant compte de la géométrie et de la rigidité des poutres, de l'élévation des assises et des équipements appropriés, nous parvenons à faire progresser la superstructure d'un appui à l'autre jusqu'à l'atteinte de la rive opposée.

4.0 POURQUOI UN PONT LANCÉ?

Dans le devis des clauses techniques, deux méthodes de mise en place sont proposées : par voie maritime ou par lancement.

Après validation des scénarios avec l'entrepreneur général Aecon, il apparaît que la mise en place par voie maritime est trop risquée, étant donné la vitesse du courant qui peut atteindre 4,5 m/s. La mise en place par lancement est donc retenue.

Le fabricant de ponts Structal se voit confier le contrat de la fourniture et de la mise en place de la superstructure en septembre 2011.



Pont en cours de lancement

Structal retient alors les services de Roche ltée pour l'ingénierie de lancement. Avant de débiter tout travail de fabrication, le devis demande que le fabricant émette une note de calcul étoffée et des plans d'ingénierie de lancement au surveillant.

Ces documents comprennent entre autres, les éléments suivants :

- Évaluation de la nécessité d'avoir un banc de support temporaire;
- Cinématique de lancement;
- Modélisation en tenant compte de la géométrie et de la cambrure des caissons;
- Analyse automatisée incrémentale à l'aide du logiciel ADA;
- Analyse parallèle automatisée des résultats en format EXCEL;
- Validation de la géométrie du nez;
- Validation des contraintes dans la structure permanente;
- Validation des flèches obtenues en porte-à-faux;
- Validation des pressions aux différents supports;

- Dessins des étapes de lancement;
- Dessins des modifications de la superstructure;
- Dessins de la structure du nez;
- Dessins des équipements de lancement;
- Tableaux des pressions et des flèches théoriques;
- Ajustement des contrepoids;
- Procédures de lancement.

5.0 PARTICULARITÉS DU PROJET

5.1 Aire de lancement très restreinte

Dans les projets précédents auxquels nous avons participé, l'aire de lancement disponible n'a jamais été une contrainte comme elle l'a été dans le présent projet. Il n'est pas inhabituel, d'ordinaire, d'avoir une aire de lancement de plus de 100 m. Une telle surface facilite grandement l'assemblage des poutres au chantier, le mouvement des équipements de levage et une circulation sécuritaire des travailleurs.

Dans le présent projet, puisque le nouveau pont est construit légèrement en biais, il entre en conflit avec un des piliers du pont existant et nous ne disposons alors que de 40 m.



Vue aérienne du pont

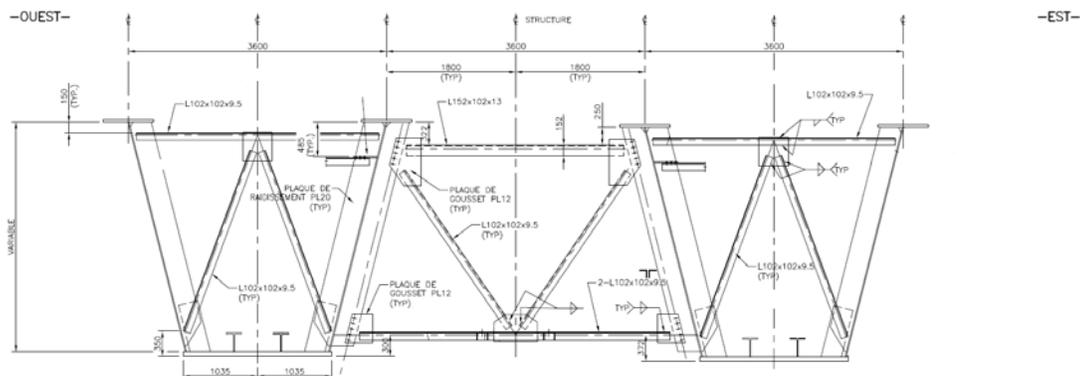
Il est donc convenu de construire un banc temporaire en acier, situé 28 m devant la culée, portant la longueur totale de l'aire de lancement à 68 m. Cet appui temporaire permet d'assembler davantage de sections d'acier et ainsi réduire le nombre de phases de lancement. Il permet également de diminuer les étapes où l'emploi de contrepoids est nécessaire, à l'arrière de la structure, pour équilibrer le poids du porte-à-faux. Il aide finalement à réduire le degré de complexité et d'impondérable.



Vues du nez de lancement sur le banc temporaire

5.2 Conception de caissons privilégiant des plaques minces raidies

La conception des caissons du pont de North Channel utilise des plaques d'âme de 16 mm, raidies verticalement à une distance variant entre 1 500 et 3 000 mm et horizontalement au-dessus des piliers. La semelle inférieure varie entre des épaisseurs de 16 mm en travée et de 60 mm sur appui et est raidie par deux WT 265 x 46 sur toute la longueur du pont. Les semelles supérieures varient entre des épaisseurs de 35 mm en travée et 70 mm sur appui, et ont des largeurs variant entre 600 mm et 800 mm. Les caissons sont contreventés par des cornières horizontalement dans le haut et verticalement à l'intérieur et entre les caissons.



Lors de la validation avant la fabrication, nous constatons que les efforts pendant le lancement excèdent la résistance du caisson au niveau des semelles inférieures, principalement sur une cinquantaine de mètres à l'arrière du nez de lancement. Après discussion avec l'ensemble des différents intervenants, nous décidons de modifier certaines sections de plaque de la semelle inférieure en augmentant leur épaisseur. Nous demandons également l'ajout de raidisseurs longitudinaux dans l'âme.

5.3 Devis technique

5.3.1 Longueur du nez

Dans leur devis, les concepteurs du pont mentionnent avoir utilisé un nez de lancement pesant 10 kN/m (1 000 kg/m) et ayant une longueur de 50 m. Or, à des fins pratiques et économiques, le fabricant souhaite utiliser le même nez de lancement que celui des projets précédents. Composé de six modules mesurant plus ou moins 13 m de long chacun, ce nez à inertie variable est relativement léger, mais pèse tout de même 15 kN/m (1 500 kg/m) en moyenne. Aux fins du présent lancement, seulement quatre modules totalisant 52 m sont utilisés.

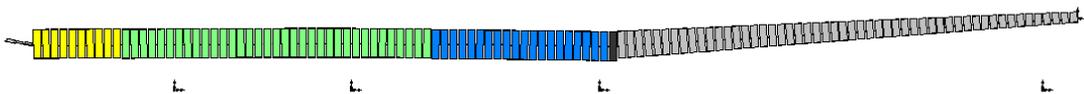
5.3.2 Longueur du porte-à-faux

De plus, parmi les clauses techniques mentionnées au devis, il est indiqué que la structure permanente du pont ne doit jamais être laissée en porte-à-faux sans support au deçà de 12,5 m après une étape de lancement. En d'autres termes, le porte-à-faux ne doit jamais être supérieur à 64,5 m (52 m + 12,5 m) lorsque le lancement est arrêté pour une période d'assemblage. Cette donnée nous contraint à augmenter le nombre de nos étapes de lancement.

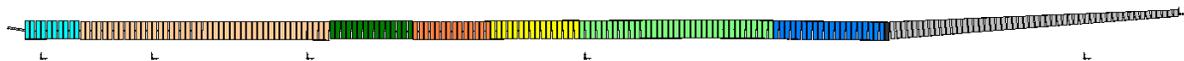
6.0 CONCEPTION DU LANCEMENT

6.1 Modélisation et traitement des résultats

Une des premières étapes de conception d'un lancement consiste à déterminer les sollicitations dans la structure. Pour ce faire, nous utilisons le logiciel Advance Design America avec un module de lancement spécialement conçu à partir de notre développement théorique et technique. Cette modélisation doit être faite de manière rigoureuse, puisqu'elle doit refléter le plus précisément possible le poids, la géométrie et l'inertie de chacun des éléments structuraux, ainsi que toutes charges additionnelles (vent, neige, entreposage de matériel, etc.).

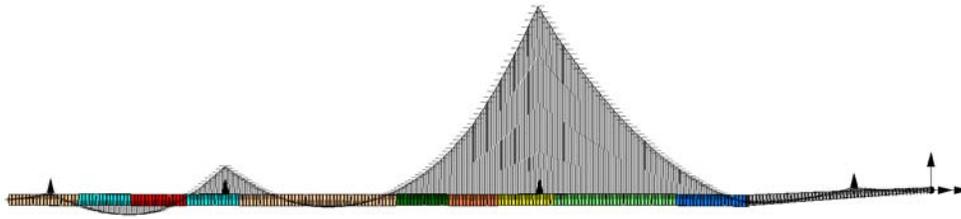


Modélisation d'une étape de lancement

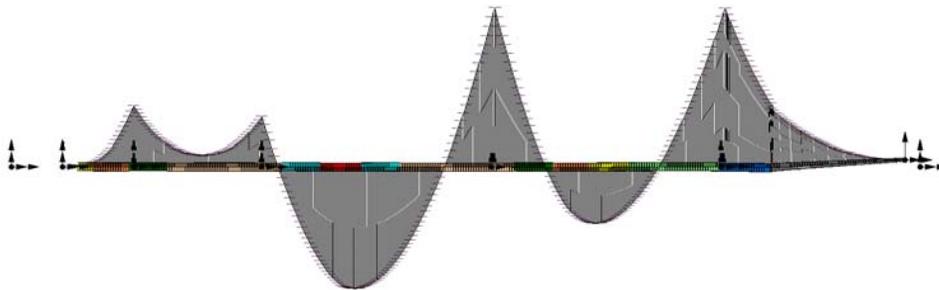


Modélisation d'une étape de lancement subséquente

Sur les images montrées ci-dessous, nous illustrons les moments de flexion des étapes du lancement choisies au hasard parmi plus d'une centaine.

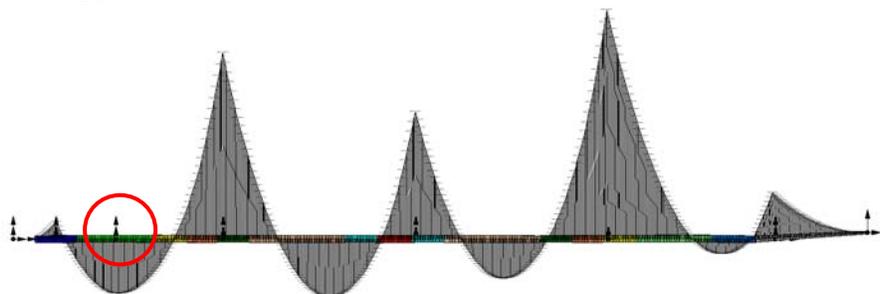


Étape 10, lorsque l'extrémité du nez se situe à 280 m de la culée



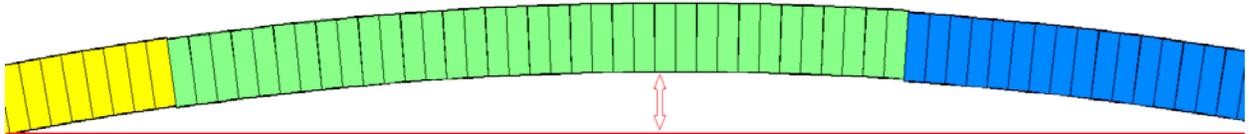
Étape 12, lorsque l'extrémité du nez se situe à 330 m de la culée

Nous remarquons que tous les appuis sont utilisés lors des étapes 10 et 12 et que nous obtenons le diagramme des moments correspondant auquel nous nous attendons. Cependant, lorsque nous nous attardons à l'étape 14, nous remarquons qu'un des appuis (en rouge) n'est pas utilisé. Le diagramme des moments indique un moment positif à cet endroit, alors que nous obtiendrions un moment négatif si l'appui était utilisé.



Étape 14, lorsque l'extrémité du nez se situe à 379 m de la culée

Nous nous apercevons que la géométrie de la structure peut facilement faire en sorte que les résultats, auxquels nous nous attendrions normalement, ne sont pas aussi intuitifs que nous pourrions le croire et qu'il est important de tenir compte de la cambrure dans les différentes étapes de modélisation. Si nous devons négliger la cambrure lors des calculs, nous nous apercevons en chantier que des appuis, où nous avons calculé une réaction d'appui, peuvent en fait ne pas supporter la poutre. Il est souhaitable également d'exiger des tolérances de fabrication sévère afin de réduire les mouvements différentiels et de s'assurer que les résultats théoriques reflètent autant que possible la réalité.



Représentation de la cambrure (ligne horizontale en rouge)

Il faut savoir que différents facteurs, particulièrement la géométrie, font en sorte que nous nous attendons normalement à ce que le nez de lancement touche le prochain appui devant lui immédiatement lorsqu'il passe au-dessus. Or, il en est autrement dans la réalité.

En effet, bien qu'il soit souhaitable que le nez s'appuie le plus rapidement possible sur son support, il existe toujours une légère incertitude sur le poids propre du pont, les tolérances de fabrication et d'installation, la rigidité des poutres, la température, etc. Tous ces facteurs doivent être pris en compte dans la modélisation et nous nous apercevons qu'il n'est pas rare que le nez dépasse son appui de quelques mètres avant de faire contact. De plus, même après avoir fait contact, la quantité d'efforts repris par le bout du nez est parfois relativement faible et n'augmente qu'avec la poursuite du lancement.

Dans le but d'éviter de devoir faire face à une situation peu souhaitable et peu sécuritaire selon nous (relèvement du nez), nous choisissons volontairement de faire en sorte que le nez arrive au-dessus des piliers.

Par contre, nous nous efforçons de minimiser autant que possible la distance que parcourt le nez au-dessus de son prochain support avant de faire contact avec ce dernier.

Au final, les résultats de la modélisation nous permettent de valider, entre autres, les contraintes dans la structure permanente, les flèches en porte-à-faux, les pressions aux différents supports ainsi que la stabilité globale (nécessité d'utiliser des contrepoids ou non, recours à un banc de supports temporaires, etc.). Ils nous permettent également de choisir la géométrie adéquate du nez de lancement.

6.2 Interaction d'efforts

À la base du porte-à-faux, le lancement engendre des efforts importants de cisaillement et de flexion biaxiale. En effet, de façon simultanée, la semelle inférieure et la partie basse de l'âme sont sollicitées en compression par une contrainte normale jumelée à une contrainte verticale amenée par la réaction d'appui. Ces deux phénomènes combinés conduisent à des instabilités locales et réduisent par conséquent la résistance en flexion de la section. De plus, la butée latérale induit aussi, au même moment, une contrainte de flexion dans l'axe fort de la semelle inférieure, réduisant encore la résistance de la section.

6.3 Équipements de lancement

Une fois les sollicitations dans la structure bien définies, il reste à concevoir les différents équipements de lancement nécessaires, tels que les butées latérales, l'équipement de poussage, l'arrière-bec, les supports à rouleaux, le nez de lancement et le système de retenue.



Arrière-bec

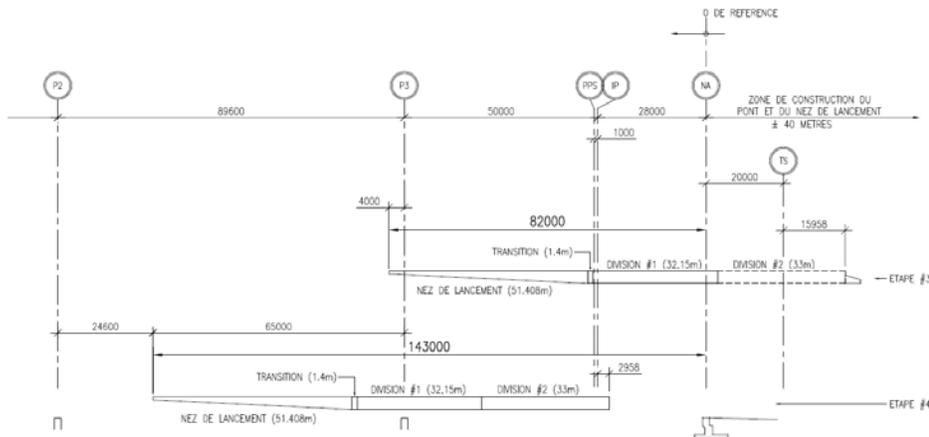


Butée latérale

Les butées latérales, quant à elles, sont généralement dimensionnées de manière à reprendre les charges de vent et/ou une force équivalente à 10 % de la charge verticale à la ligne d'appui correspondante.

6.4 Cinématique de lancement

Une fois que toutes les étapes de lancement sont modélisées et que les résultats sont satisfaisants, nous préparons ce que nous appelons communément la cinématique de lancement. Il s'agit en fait de représenter sur les plans, toutes les phases de montage et de lancement, avec les valeurs théoriques correspondantes des élévations du nez et des réactions d'appui tout au long du lancement.



ETAPE 3 ET 4:
ELEVATION
N.A.E.

Plan de cinématique de lancement

Réaction d'appui par rouleau en kN

(valeurs non pondérées)

APPUIS	Valeur max	Position en m	arrière de #2					arrière-bec
			83	88	93	98	101	quitte TS
07_TS	516	82	494	381	268	155	0	
06_NA	187	100	0	0	0	0	149	
05_IP	1 014	103	592	705	818	931	937	
04_P3	1 192	131	0	0	0	0	0	
Total (par caisson)			2 171	2 171	2 171	2 171	2 171	

Hauteur au-dessus de l'appui en mm

	Position en m	83	88	93	98	101
07_TS		0	0	0	0	235
06_NA		154	151	140	124	0
05_IP		0	0	0	0	0
04_P3		2 307	1 852	1 394	948	875

Élévation en mm pr à un horizon

	Position en m	83	88	93	98	101
de l'extrémité de l'arrière-bec		206	309	384	431	244
de l'arrière de la division #2		-204	-109	-42	0	-175
de l'avant du nez		2 520	2 243	1 926	1 588	1 652

Légende : au-dessous du nez
position = pr à la culée nord

Tableau des résultats théoriques attendus lors du lancement

6.5 Points critiques

6.5.1 Structure permanente

Tel que mentionné précédemment, la structure permanente est renforcée pour soutenir le lancement. Ceci en raison de deux facteurs :

- 1) l'atterrissage du nez ne se fait pas immédiatement au-dessus de l'appui comme nous pourrions le croire et;
- 2) en raison d'une combinaison d'efforts de flexion et d'une réaction d'appui importante à la base du porte-à-faux.



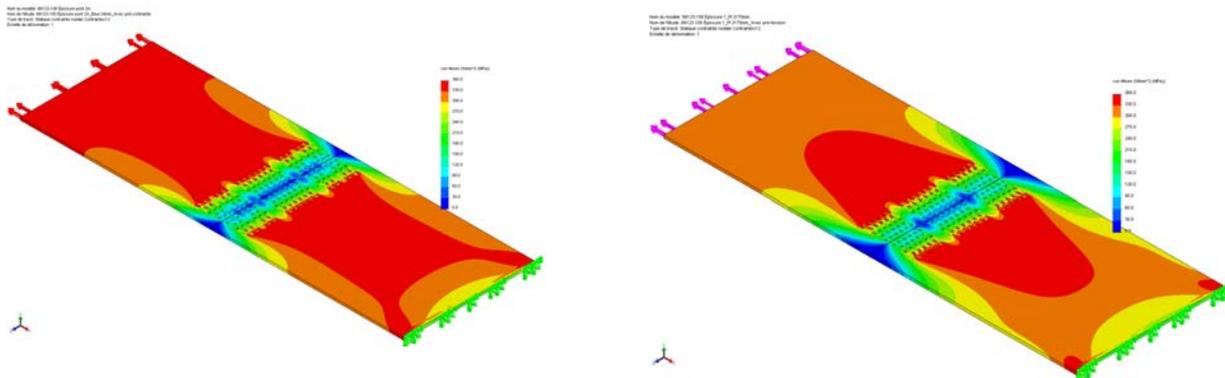
D'autre part, nous devons également dû modifier les plaques d'épaisseurs des semelles inférieures, puisqu'elles ne permettent pas le passage adéquat des rouleaux. Nous suggérons d'abord d'élargir simplement la semelle et de la raidir adéquatement de manière à ce que les rouleaux n'interfèrent pas avec les plaques d'épaisseurs.



La seconde proposition consiste à poser des plaques d'épaisseurs moins larges, mais plus épaisses durant le lancement et à compléter l'épaisseur, tel que détaillée à l'origine, par des plaques installées après le lancement.



Cette modification soulève cependant une interrogation au niveau du « shear lag » ou « décalage en cisaillement » de la part des concepteurs et nous démontrons par calcul que cette proposition est néanmoins adéquate et c'est celle que nous retenons.



Analyse par élément fini (avant et après modification)

6.5.2 Équilibre de la structure

Lors de la conception du lancement, en raison de l'aire de lancement limitée à 68 m, nous constatons qu'il n'est pas possible d'atteindre le premier pilier sans devoir ajouter des contrepoids à l'arrière de la structure, car le poids de la structure permanente n'est pas suffisant pour contrebalancer le poids du porte-à-faux.



Bien qu'il soit simple d'ajouter des contrepoids, il en est autrement sur la manipulation de ceux-ci lorsque vient le temps de faire basculer la structure vers l'avant de manière à ce que le nez s'appuie sur le support en dessous.

Il nous faut avoir un point de pivot permettant de reprendre une certaine rotation, en plus de supporter le poids de toute la structure, ainsi qu'un système de retenue qui empêche le mouvement latéral lors de la bascule.



Puisque nous utilisons des appuis à rouleaux qui reposent sur des vérins, ceux-ci sont en mesure de fournir la flexibilité nécessaire lors de la rotation.

6.5.3 Dimension du chevêtre des piles

Lors d'un lancement, outre les modifications à la structure permanente, nous devons parfois composer avec un espace disponible restreint sur le pilier. En effet, afin de guider et supporter la structure du pont, des butées latérales doivent être installées sur les piliers en plus des rouleaux.

Cependant, afin d'éviter de devoir endommager les piliers avec des ancrages temporaires, nous utilisons les percements réservés aux plaques de base des appareils d'appuis.



Espace restreint sur la pile

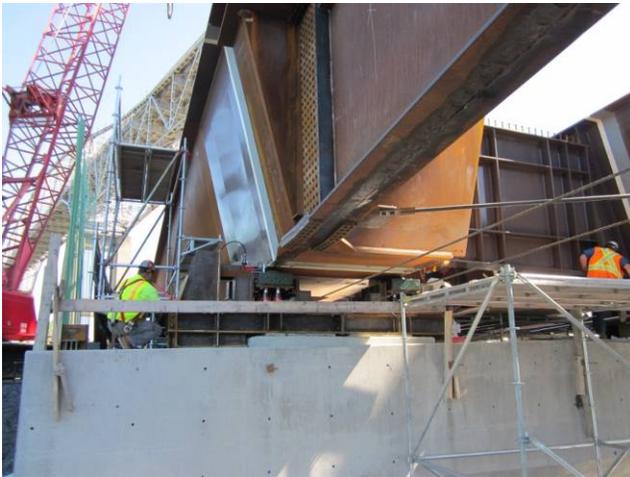


Vue de la pile avec le système de rouleau et butée latérale

6.5.4 Connexion du nez à la structure permanente

Selon les hypothèses de calcul des concepteurs, le nez de lancement doit être un caisson à inertie variable reliant les deux âmes intérieures de chaque poutre caisson. Cependant, le nez que nous utilisons est différent. De plus, la fixation du nez à la structure permanente ne doit pas endommager cette dernière. Nous optons donc, de concert avec le fabricant, de rallonger les caissons d'une longueur de 800 mm et de couper cette section une fois le lancement complété.

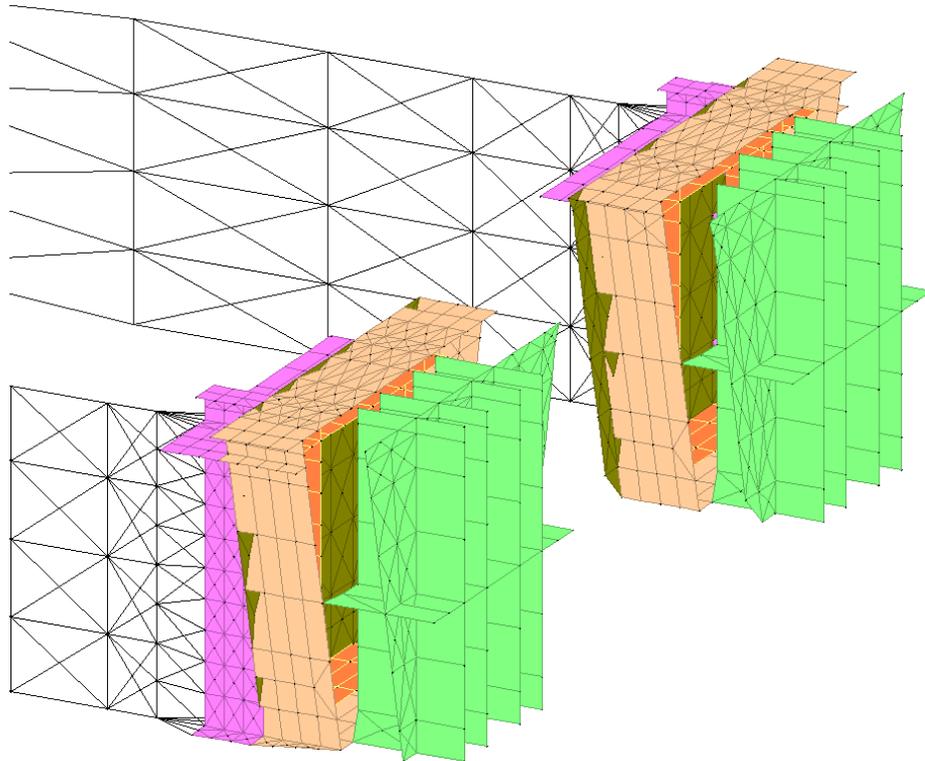
Cette longueur supplémentaire nous permet de réaliser la connexion d'un nez à deux poutres d'acier droite et de les connecter sur des caissons dont les âmes sont inclinées.



Zone de transition de 800 mm rajoutée à la structure permanente

Sur l'image ici-bas, on peut voir l'agencement de la connexion du nez sur la structure des poutres caissons :

- En vert, les diaphragmes de rives à l'intérieur de la structure permanente;
- En beige, l'extension de 800 mm des caissons;
- En mauve, l'extension servant à la connexion du nez.



Modélisation de la connexion du nez à la structure permanente

7.0 CHANTIER

Notre première présence au chantier s'effectue le 29 mai 2012, en raison de la réalisation d'une première étape de lancement qui doit avoir lieu le lendemain. Au chantier, nous validons autant d'hypothèses de calcul que possible, soit l'inclinaison du nez, l'élévation des rouleaux ainsi que les pressions aux appuis et la déflexion du nez. Il s'agit d'avoir une image aussi fidèle que possible de l'ouvrage avant et pendant le lancement. Cela nous permet de valider nos calculs, de calibrer éventuellement ceux-ci avec la réalité et d'ajuster les paramètres de lancement. Tout ceci afin de s'assurer que le lancement se déroule comme prévu.

Avant chaque lancement, nous validons également que les équipements de lancement, tels que le nez, les butées latérales, l'arrière-bec (si requis), les supports à rouleaux et l'équipement de poussage et de retenue, respectent bien nos exigences.

De plus, nous procédons également au marquage de repères, sur le côté de la structure, qui nous permettent d'identifier les positions critiques (comme le passage des épissures au-dessus des rouleaux).



8.0 MONITORING

Bien que des exigences sévères pour la fabrication soient demandées et bien que nos expériences antérieures démontrent des résultats satisfaisants (théorie vs réalité), nous croyons qu'il est judicieux de réaliser un monitoring pour tout lancement d'importance.

Le premier lancement de la structure débute le 30 mai 2012. Nous devons dès lors prendre une lecture par caisson (Est et Ouest) et pour chaque axe d'appui (culée Nord, banc temporaire, pilier, etc.). Ces lectures doivent être prises au moins à tous les 10 m, en fonction d'une exigence dans le devis. Nous choisissons cependant d'opérer d'une façon plus conservatrice au départ afin de bien contrôler les premières étapes de lancement; le monitoring s'effectue donc aux 5 mètres. Une fois que nous avons la certitude que les résultats théoriques correspondent bien aux valeurs réelles, nous poursuivons les lancements en ne faisant des arrêts qu'à tous les 10 m.

Ci-dessous, nous reproduisons les tableaux des pressions mesurées au chantier lors d'une étape de lancement.

Nous remarquons que les valeurs réelles sont près des valeurs théoriques calculées, d'autant plus que les manomètres sont gradués à tous les 500 PSI, ce qui fait en sorte que nos mesures ont une erreur de lecture directement reliée à l'équipement de mesure.

Lors du lancement, il nous arrive de constater des écarts entre les pressions mesurées sur une même ligne d'axe. Cette différence s'explique par le fait que nous n'avons pas un système hydraulique parfaitement en série. Les pressions ne sont réparties qu'entre deux systèmes de vérins par caisson, soit un sous chaque âme. Les pressions entre les caissons Est et Ouest ne peuvent donc pas s'équilibrer, ce qui serait préférable. De plus, une rigidité transversale entre les caissons explique également pour quelles raisons nous obtenons certains écarts par endroits.

Néanmoins, puisque les pressions sont en dessous des limites acceptables définies, nous n'avons pas eu à intervenir. Si tel avait été le cas, nous aurions pu faire varier la pression sous un caisson de manière à retrouver l'équilibre.

Les valeurs du tableau ci-dessous sont données en PSI, bien que nos valeurs théoriques fussent en kilonewton. Nous convertissons cette pression en force, en sachant que chaque support à rouleaux est composé de quatre vérins pouvant reprendre 10,000 PSI ou 50 T.

Position	IP Theo. Revised		IP Field			
	Per roller		EAST Ext	EAST Int	WEST Int	WEST Ext
m	kN	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI
143	0	0	0	0	0	0
148	354	1804	700	700	2500	2500
153	731	3726	2700	2700	3300	3300
157	897	4572	4000	4000	4500	4500
158.5	861	4388	4200	4200	4600	4600
168	514	2620	3100	3100	3200	3200
173	353	1799	2400	2400	2400	2400
178	228	1162	1500	1500	1500	1500
185	75	382	800	800	500	500

Position	P3 Theo. Revised		P3 Field			
	Per roller		EAST Ext	EAST Int	WEST Int	WEST Ext
m	kN	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI
143	851	4337	4500	4500	4500	4500
148	835	4256	4600	4600	4800	4800
153	811	4134	4500	4500	4600	4600
157	841	4286	4700	4700	4600	4600
158.5	876	4465	4600	4600	4600	4600
168	1223	6233	6100	6100	6300	6300
173	1376	7013	6600	6600	7000	7000
178	1475	7518	7500	7500	7500	7500
185	1578	8043	8000	8000	8000	8000

Position	NA Theo. Revised		NA Field			
	Per roller		EAST Ext	EAST Int	WEST Int	WEST Ext
m	kN	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI
143	886	4516	5000	5000	5000	5000
148	548	2793	4000	4000	2500	2500
153	195	994	2500	2500	1000	1000

9.0 CONCLUSION

La construction du pont de North Channel nous a permis de relever de nouveaux défis en ingénierie de lancement. Nous avons dû composer avec des difficultés qui ne s'étaient encore jamais présentées jusqu'à maintenant. Notamment, l'aire de lancement restreinte, la composition des caissons qui favorisait des plaques minces raidies et des épissures qui ne permettaient pas le passage adéquat des rouleaux.

Nous avons cependant pu valider les résultats théoriques avec les données obtenues au chantier pour s'apercevoir que nos outils de calculs sont efficaces.

Le lancement du pont a également permis de réaliser des économies en temps et en argent par rapport à une mise en place conventionnelle, mais surtout, il permet un travail sécuritaire sur la terre ferme et l'utilisation d'équipements de levage de plus petite envergure.

