



Étude de pré faisabilité portant sur le remplacement de l'actuel pont Champlain

Rapport sectoriel no 6 L'avenir des structures existantes

Contrat PJCCI No 61100

Février 2011



Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée
The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated

Canada

Transports
Québec





Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée
The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated
Canada

Ministère
des Transports
Québec 

Étude de pré faisabilité portant sur le remplacement de l'actuel pont Champlain

Contrat PJCCI no 61100

Rapport sectoriel no 6

L'avenir des structures existantes

Date : Février 2011

CONSORTIUM BCDE



CIMA

DESSAU


egis

Les Ponts Jacques-Cartier et Champlain Incorporée
Ministère des Transports du Québec

Étude de préféabilité portant sur le remplacement de l'actuel pont Champlain

Rapport sectoriel no 6
L'avenir des structures existantes
Février 2011

Préparé par :



Stefan Zmigrodzki ing., M.Sc.A.
et Catalin Petcu ing.

Vérifié par :



Jean-Claude Therrien ing., M.S.E.
Chargé de projet

Consortium BCDE

1060, rue University, bureau 600
Montréal (Québec) Canada H3B 4V3
Téléphone : 514.281.1010
Télécopieur : 514.281.1060

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFÉABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 - L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE EXÉCUTIF	4
EXECUTIVE SUMMARY	5
1 L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES	6
1.1 ESTACADE	7
1.1.1 <i>État</i>	7
1.1.2 <i>Résistance sismique</i>	10
1.1.3 <i>Transformation-extension pour un train SLR</i>	12
1.1.3.1 Réf. Étude de 1999 (Monorail)	13
1.1.3.2 Réf. Étude de 2004 (SLR)	15
1.1.3.3 Réf. Ponts à haubans - Exemples	16
1.1.4 <i>Recommandations</i>	18
1.2 PONT CHAMPLAIN ACTUEL	19
1.2.1 <i>Entretien</i>	19
1.2.2 <i>Résistance sismique du pont actuel</i>	22
1.2.3 <i>Résistance sismique du pont avec des travées d'acier adaptées à un train SLR</i>	26
1.2.4 <i>Démolition</i>	27
1.2.4.1 Méthode de démolition systématique par démantèlement successif	28
1.2.4.2 Coûts	43
1.2.4.3 Méthode de démolition par explosion	55
1.2.5 <i>Recommandations</i>	57

Propriété et confidentialité

« Ce document d'ingénierie est l'œuvre du consortium BCDE et est protégé par la loi. Ce rapport est destiné exclusivement aux fins qui y sont mentionnées. Toute reproduction ou adaptation, partielle ou totale, est strictement prohibée sans avoir préalablement obtenu l'autorisation écrite de Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée et du ministère des Transports du Québec. »

REGISTRE DES RÉVISIONS ET ÉMISSIONS		
No de révision	Date	Description de la modification et/ou de l'émission
00	18 février 2010	Version finale

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La qualité de l'Estacade, construite en 1965, permettrait une utilisation pour le passage d'un train léger. L'Estacade, à quelques exceptions près, n'a jamais servi comme pont routier et son niveau de dégradation est faible comparé à l'état des ouvrages d'art de cet âge dans la région de Montréal. Un investissement de l'ordre de 150 M \$ permettrait de transformer la structure existante en un pont traversant la voie maritime et rejoignant la rive sud, qui supporterait l'infrastructure d'un SLR ou autre système guidé sur rail. Cet investissement devrait cependant être considéré avec réserve vu l'âge déjà atteint par l'Estacade (45 ans) et le besoin de réfection de la partie submergée des piles.

Quant à la structure de l'actuel pont Champlain, des dépenses annuelles progressant de 18 M \$ à 25 M \$ au cours des dix (10) prochaines années seraient nécessaires afin de prolonger sa vie, sans pour autant rehausser son niveau de performance sismique et réhabiliter son tablier.

Une analyse sismique a démontré un manque substantiel de résistance, même sans tenir compte du degré de détérioration des piles; sous ce dernier aspect, les piles existantes ne seraient pas plus récupérables pour servir de support d'une nouvelle superstructure pour SLR. En outre, la superstructure de béton du pont Champlain actuel, soit 80 % de la longueur totale du pont, a une configuration telle que la réhabilitation de son tablier, incontournable après tant d'années de service, impliquerait une reconstruction complète de toutes les travées.

La démolition d'un ouvrage d'art comme celui du pont Champlain actuel constitue un défi sans précédent, non seulement au Québec mais aussi ailleurs au Canada. Le scénario de démolition et les coûts associés présentés dans le rapport résultent de recherches faites sur internet, de consultations auprès d'experts chevronnés dans le domaine de construction et de calculs effectués pour traduire les activités de démolition en délais et en coûts. La démolition consisterait essentiellement en un démantèlement successif des travées, en tenant principalement compte de l'exploitation de la voie maritime, des restrictions environnementales et de la période hivernale. La méthode de démolition est basée sur le principe de sciage des travées et des piles en béton avec l'aide de câbles diamantés, et d'un démontage des travées entières en acier, suivi d'un démantèlement en éléments simples. On a évalué que la durée des travaux de démolition s'échelonnerait sur une période de presque trois ans; le coût global de démolition est estimé à environ 155 M \$.

EXECUTIVE SUMMARY

The Ice Control Structure, built in 1965, would be capable of use by a light rail system. With only a few exceptions, the Ice Bridge has never been used as an actual bridge, and it has aged very little, compared to other civil engineering structures of the same age in the Montréal region. An investment in the order of \$150 million would allow transformation of the existing structure into a bridge crossing the seaway and reaching the south shore and could support the infrastructure of an SLR or other rail system. Such an investment ought however to be considered with reservations, given the age of the Ice Control Structure (45 years old) and the need to rebuild the submerged portions of the piers.

As for the structure of the existing Champlain Bridge, annual expenditures rising from \$18 million to \$25 million over the next ten (10) years are needed to extend its life without in any way improving its seismic performance level or rehabilitating the bridge deck.

A seismic analysis has demonstrated substantial weakness, even without considering the extent of pier deterioration. This means that the existing piers could not be re-used to support a new superstructure for an LRT system. Moreover, the configuration of the concrete superstructure of the existing Champlain Bridge, which accounts for nearly 80% of its total length, is such that rehabilitation of its deck, unavoidable after so many years of service, would imply a complete reconstruction of all spans.

Demolition of a structure like the existing Champlain Bridge constitutes an unprecedented challenge, not only in Québec but also elsewhere in Canada. The demolition scenario and the costs associated presented in the report are based on Internet research, consultations of experienced construction experts and calculations performed to express the demolition activities in time and costs. Demolition would consist essentially of successively dismantling the spans, with consideration for the operation of the seaway and environmental and winter period restrictions. The demolition method is based on the principle of sawing the spans and concrete piers with diamond wires and dismantling whole steel spans, which are then disassembled into single components. This demolition work has been estimated to take a period of nearly three years and the overall cost of demolition is estimated at about \$155 million.

1 L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

L'avenir des structures existantes montrées dans la Figure 1 a fait l'objet d'une réflexion de la part du consortium BCDE en début du mandat et la connaissance des conditions des ouvrages inclus dans ce volet a amenés à considérer le Pont Champlain de façon prioritaire. Cet approche s'est basée également sur une certaine connaissance de la structure de l'Estacade, acquise par plusieurs membres du consortium BCDE dans le cadre du projet de transformation de l'Estacade en pont réservé aux voies d'autobus (ou un train léger). Ce projet fut réalisé par le Ministère des Transports au début des années 90 avec la participation du consortium SNC-Lavalin/Soprin.

Figure 1 – Vue du Pont Champlain et de l'Estacade



Les priorités considérées par BCDE se sont vues confirmées au début de la réalisation de l'étude dans les observations de la Société exprimées le 04 décembre 2009 au cours de la réunion d'étape N° 1 par rapport au plan de travail soumis par le Consortium. Ces observations visaient essentiellement la capacité des piles existantes de pouvoir résister aux charges de tremblement de terre selon les exigences actuelles. Une analyse sismique sommaire effectuée au début du mandat a confirmé le doute général exprimé par rapport aux perspectives d'une réutilisation à d'autres fins du Pont Champlain, construit il y a environ 50 ans.

L'état du Pont Champlain en général et les résultats des analyses effectuées pour les piles en particulier qui ont confirmé les doutes et rendu évidente une nécessité d'évaluation des méthodes de démolition de ce pont, nous ont orientés à présenter des résultats et des conclusions relativement au Pont Champlain, comme plus complexes et plus étendus, après ceux de l'Estacade.

1.1 ESTACADE

Figure 2 – Vue de l'Estacade



Une analyse des études réalisées jusqu'à présent par la Société les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée fut la première étape, et considérant la portée de ces études dans le dossier, elle constituait une activité importante dans ce volet du mandat. Les études qui ont fait l'objet d'analyses étaient les suivantes :

- ▶ « Étude d'opportunité et de faisabilité pour un monorail ou une autre technologie traversant l'estacade »; décembre 1999.
- ▶ « Étude d'avant-projet d'un système léger sur rail »; février 2007.
- ▶ « Inspections sous-marines (2007-2008) – Estacade du Pont Champlain : Piles 02, 08, 11, 12 18 à 22 »; SPG Hydro International Inc., mai 2009.

On a également revu et analysé d'une façon générale les plans daté du 07 janvier 1968 de la structure de l'Estacade, appelée originalement « Ouvrage des retenus des glaces » (« Ice control structure »). Deux (2) visites de l'ouvrage ont été effectuées également aux mois de mai et de juin 2010.

1.1.1 État

Poutres et piliers au dessus du niveau d'eau

L'état de la structure de l'Estacade peut être jugé comme bon considérant l'âge de l'ouvrage. L'Estacade fut construite en 1964-65 et sa vocation originale était de contrôler les glaces à l'approche du Pont Champlain lesquelles pourraient se former en aval du pont après la construction de l'Île Notre-Dame. À l'exception de quelques périodes, l'Estacade n'a presque pas servi comme pont routier dans le sens propre du mot; elle est exploitée comme pont pour les piétons/cyclistes et pour les camions impliqués à l'entretien de l'Estacade.

Les dommages habituellement observés dans le cas des ponts de cet âge dans la région de Montréal, demandent en général une intervention majeure, voire une reconstruction; les dommages qu'on peut observer sur la structure de l'Estacade, sont limités et les deux (2) photos des fissures des piliers dans la Figure 3 donnent un exemple de leur caractère et envergure. Ces fissures sont d'ailleurs dues à une corrosion des ancrages des pièces d'acier posées sur des piliers.

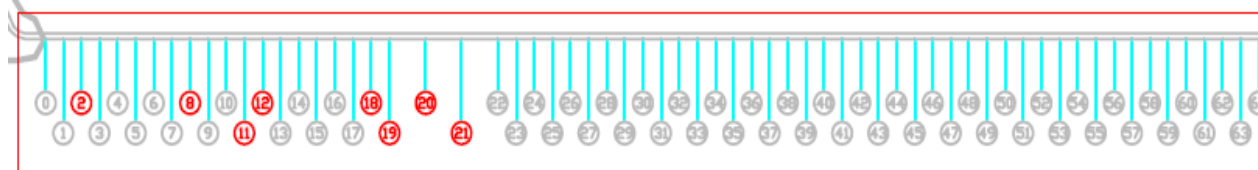
Figure 3 – Piliers de l'Estacade



Piliers et fondations dans l'eau (exemple des huit (8) piles investiguées en 2008)

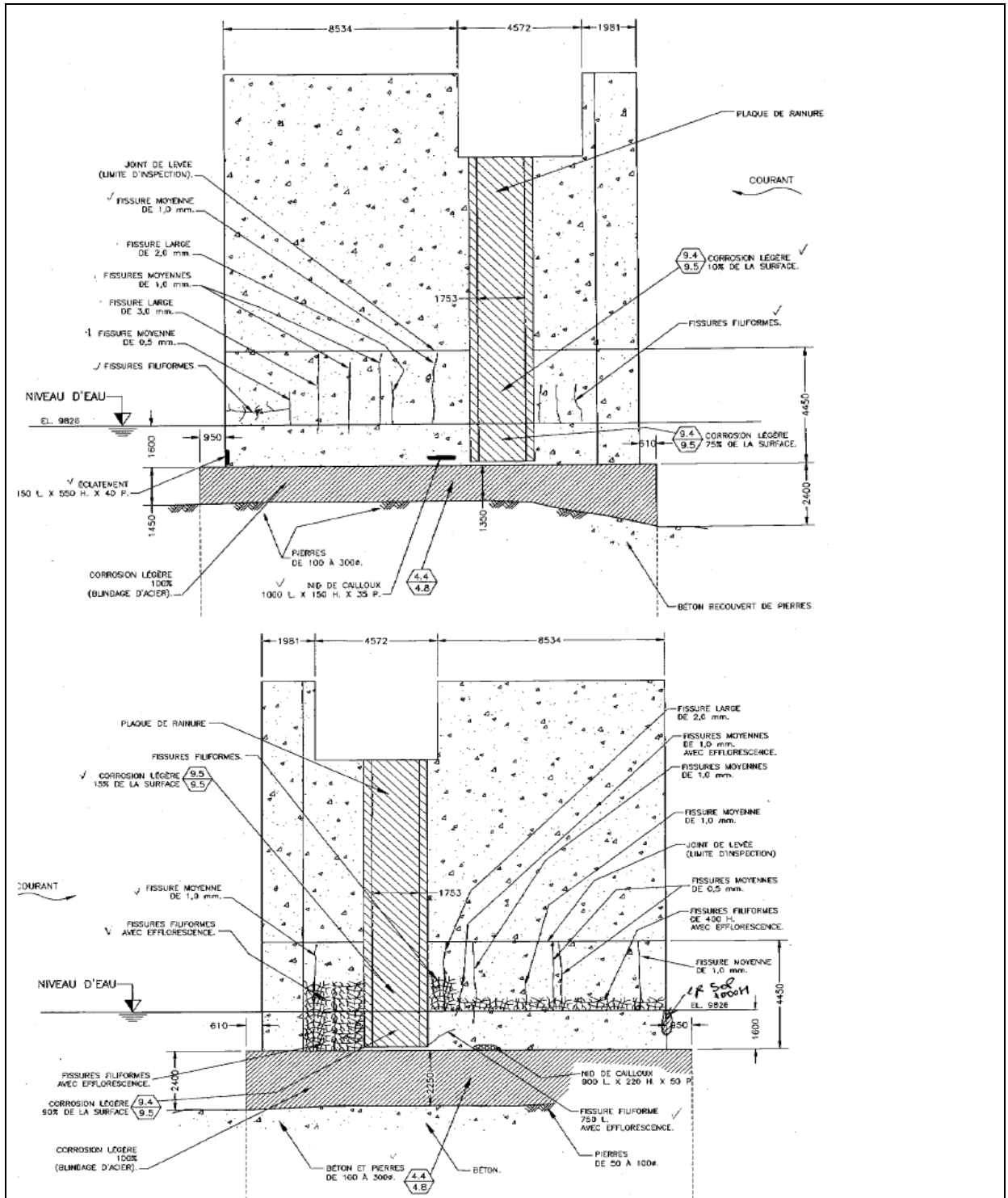
Les résultats d'inspection sous-marine réalisée en 2008 par SPG Hydro International, montrent le degré de détérioration de la partie des piles dans l'eau. Huit (8) piles ont fait l'objet d'une inspection; il s'agit des piles dans la partie près de l'île des Sœurs et leur localisation est indiquée sur la vue du rapport de SPG Hydro International reproduite ci-après.

Figure 4 – Piliers de l'Estacade investigués en 2008



Selon le rapport de SPG Hydro International, émis au mois de mai 2008, la détérioration des piles inspectées est assez uniforme et les dessins de fissuration de la Pile 2 du rapport de SPG reproduits dans la Figure 5 reproduits à titre d'exemple ci-après, donnent un aperçu de son caractère.

Figure 5 – Pile 2 : État de détérioration de deux (2) faces



CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Selon un tableau des coûts impliqués dans la réhabilitation des huit (8) piles investiguées, reproduit plus bas, les coûts engagés dans les travaux s'élèvent à ± 0,5 M \$. Calculés au prorata du nombre des piles, les coûts correspondant pour l'ensemble des 72 piles seraient de ± 4,8 M \$ et ce montant s'ajouterait aux coûts de transformation de la structure d'Estacade en vue de recevoir un train SRL, considérés un peu plus loin dans le rapport. Il est à noter que les joints de soudure du blindage des piles sont fracturés et les effets d'une pénétration de l'eau à ces endroits peuvent être plus importants que ceux notés dans le cadre de l'inspection.

Tableau 1 – Tableau des piliers de l'Estacade investigués en 2008

Réf.	Élément	Activité	Qté	Unité	Ordre de priorité	Estimation des coûts (\$CAN)
1	Tous	Etude spécifique	1	forfait	1	25 000
2	Tous	Pose d'ancrages	8	pile	2	160 000
3	Pile 02	Injection fissures	27	m lin.	3	27 000
4	Pile 08	Injection fissures	18	m lin.	3	18 000
5	Pile 11	Injection fissures	45	m lin.	3	45 000
6	Pile 12	Injection fissures	39	m lin.	3	39 000
7	Pile 18	Injection fissures	39	m lin.	3	39 000
8	Pile 19	Injection fissures	53	m lin.	3	53 000
9	Pile 20	Injection fissures	53	m lin.	3	53 000
10	Pile 21	Injection fissures	47	m lin.	3	47 000
3	Pile 02	Resurfacement	2.4	m ²	4	5 400
4	Pile 08	Resurfacement	1	m ²	4	2 250
5	Pile 11	Resurfacement	2.2	m ²	4	4 950
6	Pile 12	Resurfacement	0.3	m ²	4	675
7	Pile 18	Resurfacement	0.3	m ²	4	675
8	Pile 19	Resurfacement	3.8	m ²	4	8 550
9	Pile 20	Resurfacement	1.1	m ²	4	2 500
10	Pile 21	Resurfacement	0.25	m ²	4	550
Total						531 550

1.1.2 Résistance sismique

Toutes les piles de la structure de l'Estacade sont égales et le choix de la pile à analyser sans tenir compte de la détérioration mentionnée avant, n'a pas d'incidence sur des résultats obtenus.

Les informations relatives à la géométrie et aux aciers d'armatures considérées dans l'évaluation, ont été relevées sur les plans de l'Estacade et elles sont montrées par un extrait d'un dessin de la pile, reproduit ci-après.

Figure 6 – Coupe par les piliers de l'Estacade

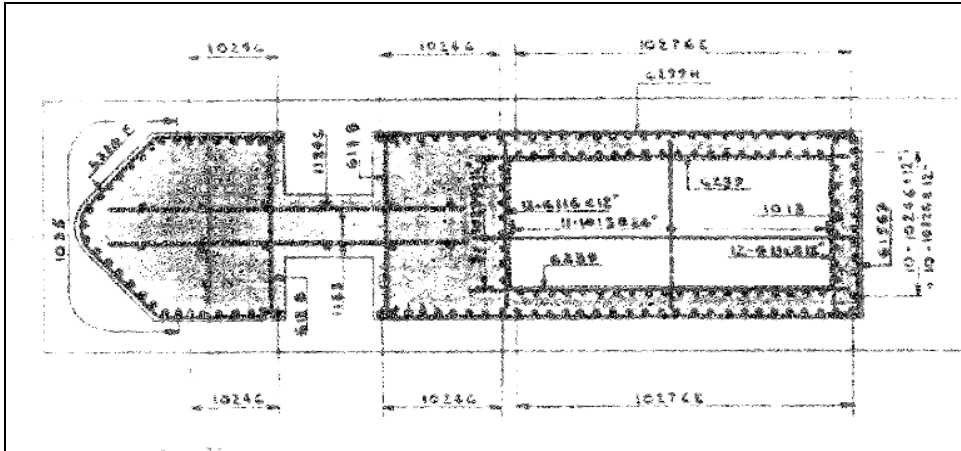
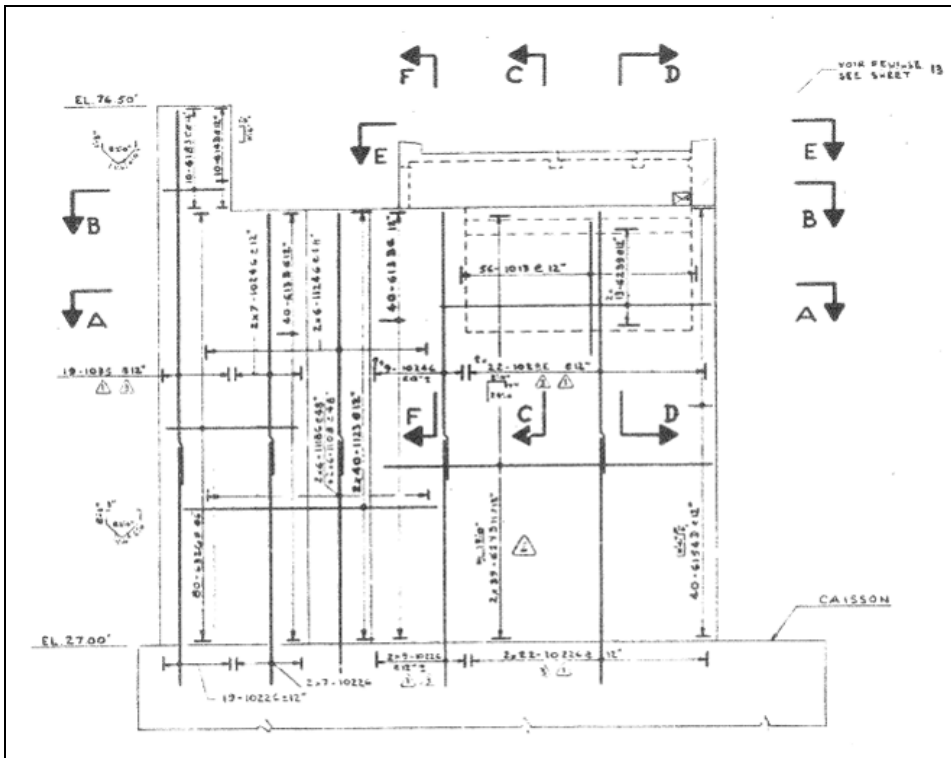


Figure 7 – Vue en élévation des piliers de l'Estacade



Le principal critère de conception utilisé lors de la construction de l'Estacade était celui de charges de poussées de glaces et il était évident que si les piles résistent aux charges de tremblement de terre dans la direction de l'axe faible, les piles pourraient être considérées comme conformes. Les résultats d'analyse qui a été effectuée selon l'axe faible pour une pile typique, sont reproduits plus bas et ils se sont avérés concluants.

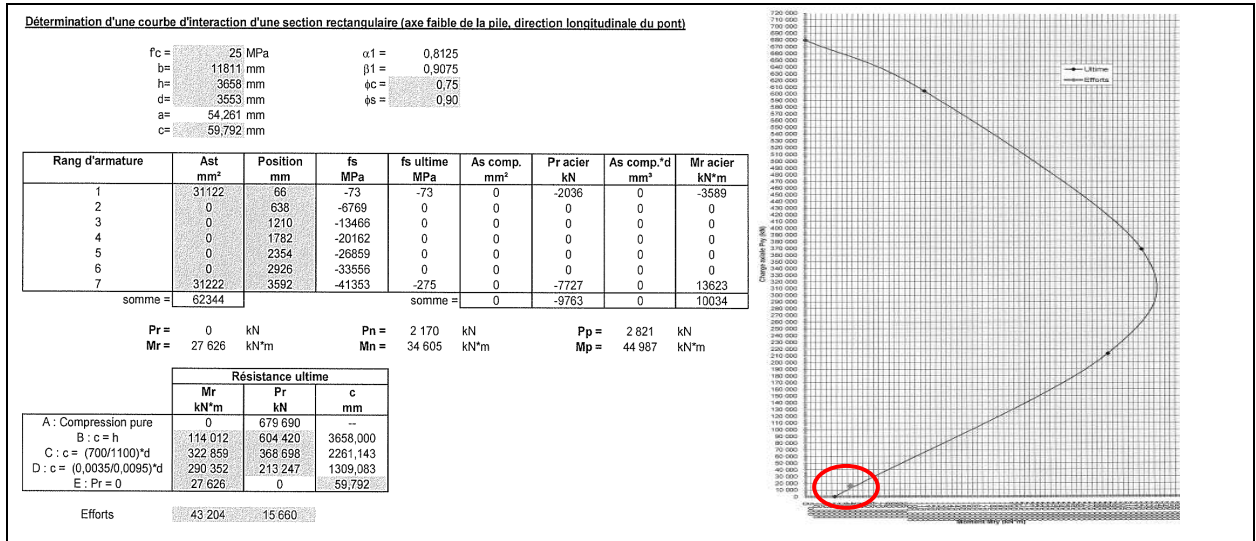
CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Résistance selon l'axe faible de la pile.

Figure 8 – Piliers de l'Estacade : Résultats d'analyse sismique selon l'axe faible



Le diagramme de résistance montré plus haut, représente la courbes de résistance (moment de flexion vs force de compression) et le point dans le diagramme en bas, à gauche qui est encerclé en rouge pour faciliter l'identification, correspond à la valeur du moment et de la force de compression dans la pile sous la charge sismique; le point se trouve à l'intérieur de la plage de résistance de la pile délimitée par la courbe. La vérification qui a été effectuée, était basée sur le poids et le système statique actuels; les vérifications devraient évidemment être réalisées ultérieurement en fonction des changements apportés à la structure de l'Estacade transformée pour desservir un train SLR. Il faut souligner qu'il n'y a pas de réserves dans la résistance des piles et il faudra selon toute vraisemblance ajouter quelques renforcements pour assurer leur performance sismique. Il faut mentionner également que les appuis du tablier étaient conçus pour reprendre les charges gravitaires et il n'y a pas de mécanisme pour assurer une reprise des charges sismiques; les appuis nécessiteront alors des modifications.

1.1.3 Transformation-extension pour un train SLR

Le projet de transformation-extension de l'Estacade au dessus de la voie maritime pour desservir un train SLR, a fait l'objet de deux (2) études réalisées en 1999 et 2007, à savoir;

- ▶ « Étude d'opportunité et de faisabilité pour un monorail ou une autre technologie traversant l'estacade »; décembre 1999.
- ▶ « Étude d'avant-projet d'un système léger sur rail »; février 2007.

Dans le cas de deux (2) études, les coûts et les bases qui avaient servi pour les définir ces coûts ont été revus et analysés et un taux d'indexation annuel de 4 % en moyenne a été utilisé (établi à partir des données de Statistiques Canada reproduites ci-après dans le tableau pour obtenir des coûts actualisés.

Tableau 2 – Statistiques Canada : Données : des prix de la construction

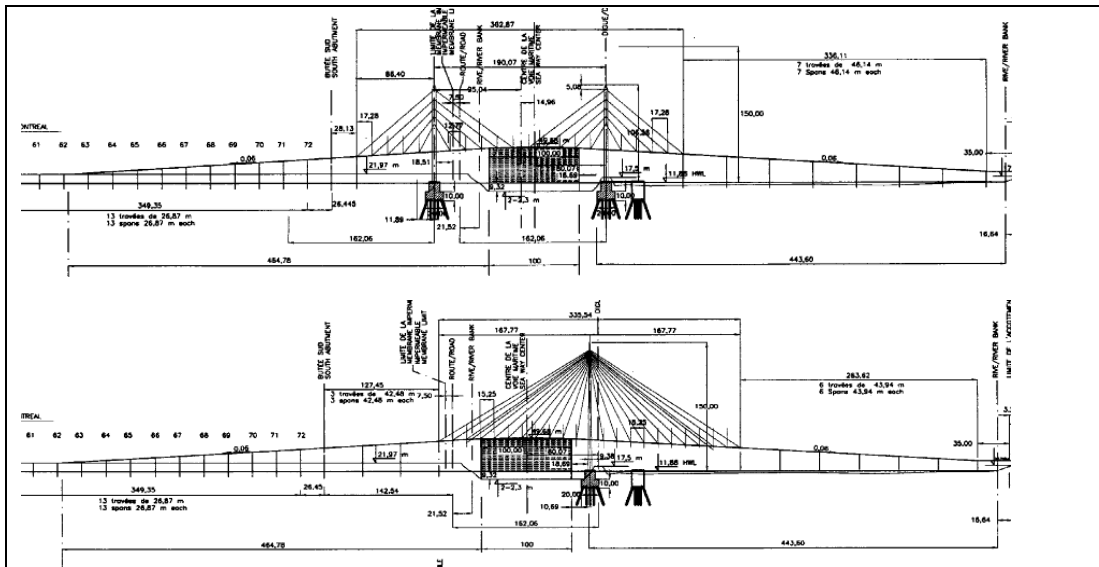
Indices des prix de la construction (Construction d'immeubles d'appartements)					
	2005	2006	2007	2008	2009
Construction d'immeubles d'appartements					
2002 = 100					
Régions métropolitaines de recensement	115,6	124,5	135,6	145,6	135,9
Halifax (N.-É.)	112,2	117,9	123,1	128,9	130,4
Montréal (Qc)	113,4	117,8	122,0	129,3	132,2
Ottawa-Gatineau, partie ontarienne (Ont./Qc)	115,2	121,4	127,4	136,4	135,5
Toronto (Ont.)	115,8	123,0	129,9	139,9	136,8
Calgary (Alb.)	115,2	131,5	156,8	174,4	160,7
Edmonton (Alb.)	114,6	129,0	152,0	168,6	148,4
Vancouver (C.-B.)	118,2	132,0	150,2	159,9	136,0
variation en %					
Régions métropolitaines de recensement	5,5	7,7	8,9	7,4	-6,7
Halifax (N.-É.)	3,6	5,1	4,4	4,7	1,2
Montréal (Qc)	4,7	3,9	3,6	6,0	2,2
Ottawa-Gatineau, partie ontarienne (Ont./Qc)	4,4	5,4	4,9	7,1	-0,7
Toronto (Ont.)	4,9	6,2	5,6	7,7	-2,2
Calgary (Alb.)	6,6	14,1	19,2	11,2	-7,9
Edmonton (Alb.)	6,5	12,6	17,8	10,9	-12,0
Vancouver (C.-B.)	7,0	11,7	13,8	6,5	-14,9

Sources : Statistique Canada, CANSIM, tableau (payant) 327-0044 et produit n° 62-007-X au catalogue.
Dernières modifications apportées : 2010-04-08.

1.1.3.1 Réf. Étude de 1999 (Monorail)

Deux (2) types de ponts à haubans de géométries différentes (montrées ci-après) étaient considérés dans l'étude de 1999.

Figure 9 – Ponts à haubans considérés l'étude de 1999 : Vue en élévation



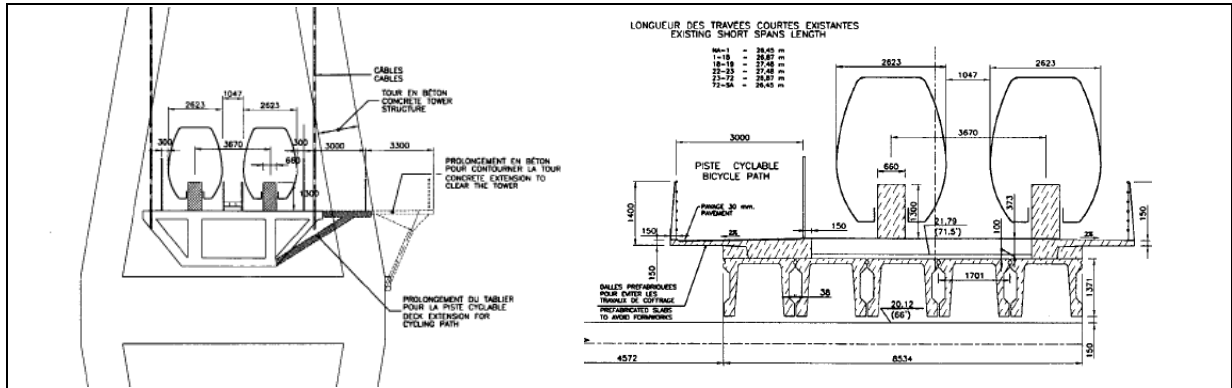
CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 - L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Les coupes dans les deux (2) cas étaient identiques et elles sont montrées également à titre de référence plus-bas.

Figure 10 – Ponts à haubans considérés l'étude de 1999 : Coupes



Les coûts de réalisation des transformations-constructions considérées en 1999 étaient compilés dans un tableau qui est reproduit plus bas, les soulignés concernent les travaux de structure.

Tableau 3 – Tableau de coûts de transformations-constructions dans l'étude de 1999

2. LINE STRUCTURES				
2.1 Standard Guideway Support Structure	route-m	8567	930	7967310
2.2 Standard Guideway Beams	m	21564	2140	46146960
2.3 Bridge from Technoparc to Nun's Island	lin.m	270	9150	2470500
2.3 Estacade Modifications	lin.m	2215	1610	3566150
2.5 Seaway Bridge Approach Structure (Est. - Auto. 10 median)	lin.m	1343	6760	9078680
2.7 Cable-Stayed Seaway Bridge	lin.m	363	57030	20701890
Line Structures Total				89931490

Basé sur les coûts de 1999 plus haut, les coûts actualisés en dollars 2010 seraient comme montré dans le tableau ci-après.

Tableau 4 – Coûts actualisés de transformations-constructions selon l'étude de 1999 en dollars 2010

ESTACADE - COÛTS EN \$ 2010 SELON L'ÉTUDE DE 1999					
Travaux	Coûts 1999				Coûts 2010 4% par an
	Unité	Quantité	Coût Unit.	Coûts	
2.4 Estacade - Modifications	m	2 215	1 610	3 566 150	5 489 924
2.5 Pont d'approche à la voie maritime	m	1 343	6 760	9 078 680	13 976 211
2.7 Pont haubané de la voie maritime	m	363	57 030	20 701 890	31 869 609
Σ Estacade :				33 346 720	51 335 743

Incluant les coûts de réparations des piles de ± 4,8 M \$, le coût total de transformation-extension de l'Estacade selon l'étude de 1999, serait environ 56 M \$.

1.1.3.2 Réf. Étude de 2004 (SLR)

Le pont considéré dans l'étude de 2004 était un pont construit par « encorbellement » comme reflété sur des esquisses qui ont été reproduites plus bas du rapport en question.

Figure 11 – Pont en encorbellement considéré dans l'étude de 2004 : Vue générale



Figure 12 – Pont en encorbellement considéré dans l'étude de 2004 : Vue en élévation

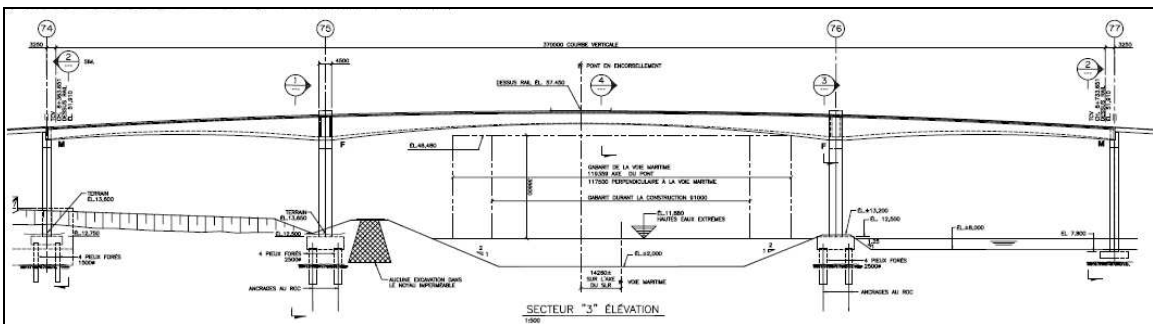
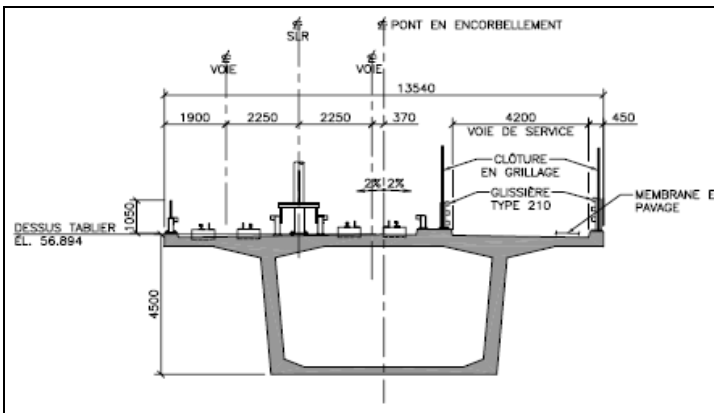


Figure 13 – Pont en encorbellement considéré dans l'étude de 2004 : Coupe



CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Basé sur les coûts de la réalisation de la variante 2004 en dollars 2003, les coûts actualisés en dollars 2010 seraient comme montré dans le tableau plus bas.

Tableau 5 – Coûts de transformations-constructions selon l'étude de 2004 (en dollars 2004 et actualisés)

AVANT-PROJET SLR 2004		
Estimation en dollars 2003 de la traversée du fleuve St-Laurent via l'estacade		
Tronçon	Coût direct	Coût total *
"Estacade" de 6+300 (Pilier 0) à 8+360 (pilier 74)	41.30	56.04
"Traversée Voie maritime" de 8+360 (pilier 74) à 8+736,5 (pilier 77)	21.70	29.44
"Bassin LaPrairie et Route 132" de 8+736,5 (pilier 77) à 9+320 (pilier-culer 92)	17.92	24.32
Éclairage et Maintien circulation	0.71	0.96
TOTAL	81.63	110.76
* Incluant Imprévus et contingences (15%), Services professionnels (15%) et Assurances (3%)		
COÛTS EN \$ 2010		
Taux moyen d'inflation 4%/an)		
TOTAL	103.3	140.1

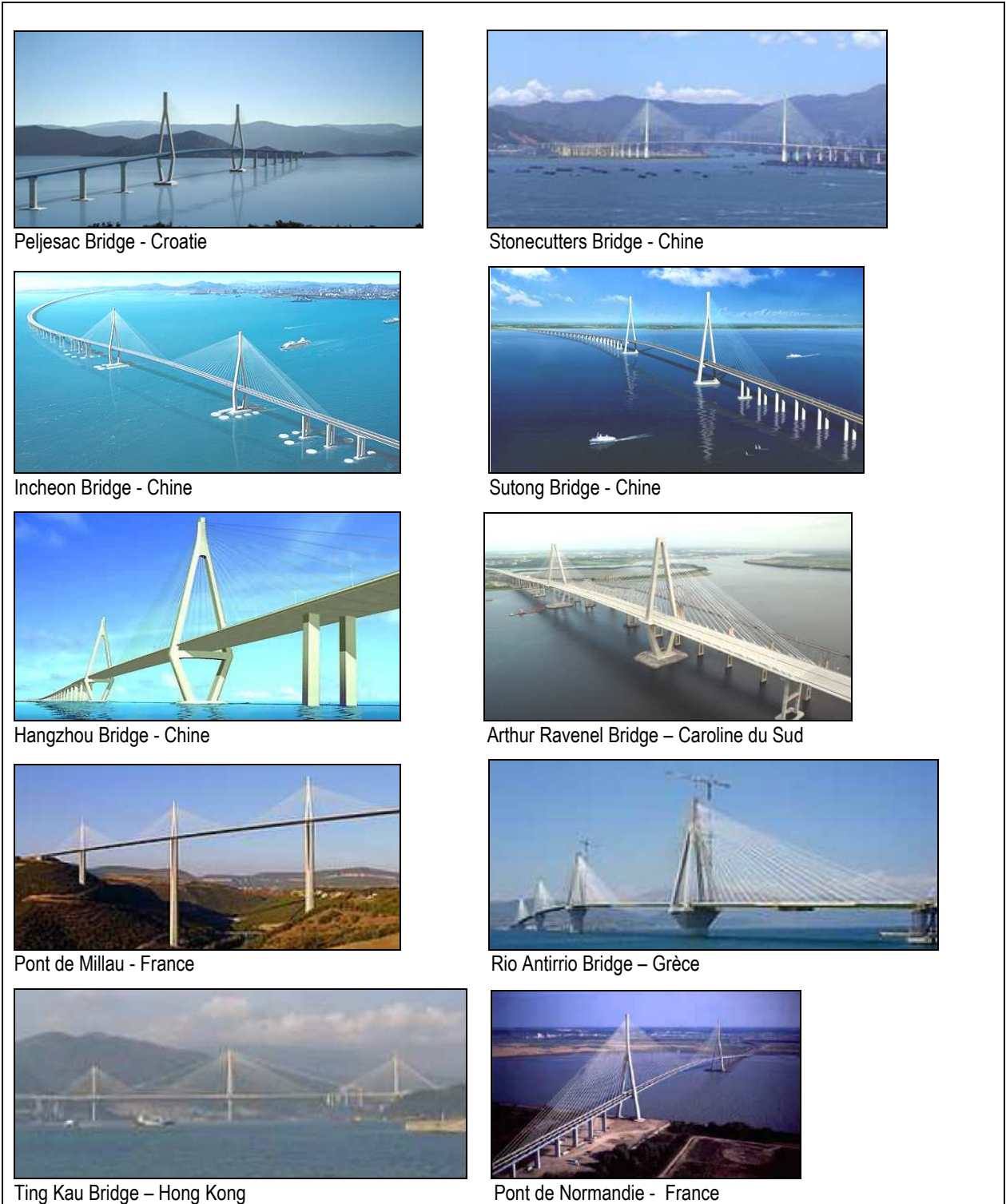
Incluant les coûts de réparations des piles de ± 4,8 M \$, le coût total direct selon l'étude de 2004 serait d'environ 108 M \$.

1.1.3.3 Réf. Ponts à haubans - Exemples

Un écart important entre les coûts établis à partir des études 1999 (56 M \$) et 2004 (108 M \$) même en considérant une différence du poids des infrastructures (celle d'un monorail est plus légère), a orientés le consortium BCDE vers une évaluation indépendante des coûts impliqués dans une réalisation d'un pont à haubans pour traverser la voie maritime. Cette évaluation était basée sur des coûts de réalisation de quelques ponts haubanés construits les dernières années et elle a eu pour but d'essayer d'établir un coût unitaire qui pourrait servir dans le cas d'Estacade.

Dans cette évaluation on a tenu compte de différentes caractéristiques des ponts analysés, comme; dimensions, nombre des voies, portée maximale et gabarit; et ces caractéristiques font partie du tableau de compilation pour calculer les coûts unitaires des ponts référés. Le tableau se trouve après les images de ponts considérés et reproduites sur la page suivante et les données proviennent des sites-web « Wikipedia » consacrés à ces ponts.

Figure 14 – Exemples de ponts haubanés considérés dans l'estimation des coûts



CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Tableau 6 – Exemples des ponts haubanés similaires : coûts unitaires actualisés (en dollars 2010)

PONTES HAUBANÉS - EXEMPLES										
Nom / Année de complétion / Pays			Coûts M USD	Long. m	Large m	Voies nombre	Portée max. m	Gabarit m	Coût unit. USD/m ²	Coût unit. 2010 USD 4% par an
Peljesac Br.	2012	Croatie	440	2 374	21.0	4	568	55	8 826	9 179
Stonecutters Br.	2009	Hong Kong	360	1 596	27.2	6	1 018	74	8 293	8 625
Incheon Br.	2009	Corée	1 400	18 384	33.4	6	800	74	2 280	2 371
Sutong Br.	2008	Chine	1 700	8 206	17.6	6	1 088	62	11 771	12 731
Hangzhou Br.	2008	Chine	1 900	36 000	17.6	6	448		2 999	3 243
Arthur Ravenel Br.	2005	Caroline Sud	700	4 000	29.6	8	471	57	5 912	7 193
Millau	2004	France	550	2 460	32.0	4	342	270	6 987	8 841
Rio Antirrio Br.	2004	Grèce	860	2 880	27.2	6	560		10 978	13 891
Ting Kau Br.	1998	Hong Kong	250	1 177	27.2	6	475		7 809	12 502
Pont de Normandie	1995	France	465	2 143	23.6	6	856		9 194	16 558

Considérant la largeur limitée du pont (deux (2) voies ferrées seulement) ainsi qu'une certaine difficulté de réalisation découlant de l'intégration de la structure existante de l'Estacade, on a jugé qu'un coût de l'ordre de 14,000 \$/m² pourrait être utilisé aux fins d'estimation des coûts. Basé donc sur un coût unitaire de 14,000 \$/m² pour un pont à haubans et en utilisant un coût de 5,500 \$/m² jugé représentatif pour la partie conventionnelle du pont, les coûts de réalisation, comme montrés dans le tableau qui suit, seraient de 103 M \$, soit similaires aux coûts de 108 M \$ obtenus à partir de l'étude de 2004. Le train SLR n'est pas inclus dans les coûts de transformation considérés.

Tableau 7 – Coûts de transformations-constructions de l'Estacade selon les exemples des ponts similaires

ESTACADE - COÛTS EN \$ 2010 SELON LES PONTES SIMILAIRES			
Item	Surface m ²	Coût unit. 2010 \$/ m ²	Coûts 2010 \$
Estacade - Modifications selon l'étude 1999			5 500 000
Pont d'approche à la voie maritime	9 400	5 500	51 700 000
Pont haubané selon exemples	3 100	14 000	41 300 000
Réparations des piles (x72) selon l'inspection sous-marine 2008			4 800 000
Σ Estacade :			103 300 000

1.1.4 Recommandations

Une transformation de l'Estacade actuelle en pont d'un train SLR qui traverserait la voie maritime pourrait être réalisée au coût d'environ 110 M \$ en dollars 2010 avant taxes; en ajoutant une contingence de 25 %, le coût des travaux serait d'environ 140 M \$. À ce coût s'ajouteraient les frais des services professionnels et les assurances qui seraient de l'ordre de 20 %; le coût total de réalisation s'élèverait alors à environ 170 M \$; les approches et les travaux sur l'île-des-Sœurs sont exclus de ce montant.

L'investissement de 170 M\$ permettrait d'apporter à l'Estacade les modifications nécessaires en vue de recevoir un SLR. Il faudra considérer cependant, dans une telle éventualité, l'ampleur des travaux à effectuer qui seraient concomitants à ceux de l'ouvrage de remplacement de l'actuel pont Champlain. Il faudra aussi solutionner la problématique de la traversée de l'île des Sœurs et de l'aménagement d'une

station, étant donné les aménagements récents et futurs et les modifications qui seront réalisées aux infrastructures routières entre le nouveau pont Champlain et le nouveau pont de l'île des Sœurs. Il faudra également tenir compte du vieillissement de la structure de l'Estacade; les études réalisées jusqu'à présent datent de 1999 et de 2004 et elles ne reflètent pas nécessairement l'état de la structure d'aujourd'hui ni de celle qui sera considérée au moment de la réalisation de travaux.

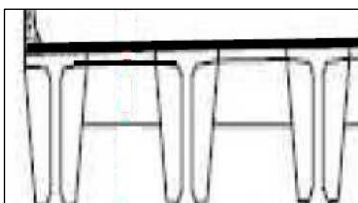
1.2 PONT CHAMPLAIN ACTUEL

L'état du Pont Champlain après presque 50 ans d'exploitation de même que sa fonctionnalité, est à l'origine de l'étude de préaisabilité visant son éventuel remplacement. Des sommes assez importantes sont engagées depuis des années pour son entretien afin d'assurer sa fonctionnalité et les prévisions de dépenses pour les années à venir pour maintenir le niveau de sécurité du pont et assurer sa pérennité en attendant qu'il soit remplacé par un autre ouvrage, sont à l'origine du mandat dans le cadre duquel s'inscrit ce rapport. L'avenir de la structure actuelle du Pont Champlain après la construction d'un nouveau lien (pont ou tunnel) entre Montréal et la Rive-Sud, et son éventuelle utilisation, considérant son état actuel, font l'objet du présent chapitre.

1.2.1 Entretien

La photo des surfaces des piles du secteur du côté de la Rive-Sud dans la Figure 15, donne un aperçu de la portée des réparations déjà réalisées. Ces piles peuvent servir de référence pour l'ensemble des piles du pont qui sont nombreuses. Il est à souligner qu'il s'agit ici des parties au dessus de l'eau et que selon les résultats de la dernière inspection sous-marine, des travaux sous le niveau de l'eau devront être entrepris sur la majorité des piles pour réparer des dommages observés. La qualité des travées laisse également à désirer et le degré de dommages dans certains cas a atteint un tel niveau que des interventions majeures devaient être réalisées, comme celle de parer au problème d'intégrité des poutres, montrée sur la photo à droite, dans la Figure 15.

Figure 15 – Exemples de la détérioration : Piliers du côté de la Rive-Sud et renforcement des poutres d'extrémité



Le tablier des travées en béton n'est pas non plus dans son meilleur état et il constitue probablement l'un des problèmes majeurs de la structure du pont. La structure de béton du Pont Champlain qui représente presque 80 % de la longueur totale du pont a cette particularité que la dalle du tablier ne peut pas être remplacée car les

Figure 16 – Tablier

semelles supérieures des poutres en font partie intégrante. Le schéma dans la Figure 16 montre ces conditions. L'état de la structure du pont à l'heure actuelle demande donc sur une base régulière de travaux de réparations et les réparations du béton constituent les coûts les plus importants engagés jusqu'à présent dans le maintien du pont. Par ailleurs, plusieurs composantes en béton ont fait l'objet de multiples cycles d'intervention et dans certains cas la post-tension extérieure installée dans les années antérieures a du être remplacée. Le tableau de compilation et le graphique préparés à partir des données fournies par la Société, donnent un aperçu de la situation.

Tableau 8 – Compilation des coûts de travaux de réparations du béton réalisés jusqu'à 2010 par Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Inc.

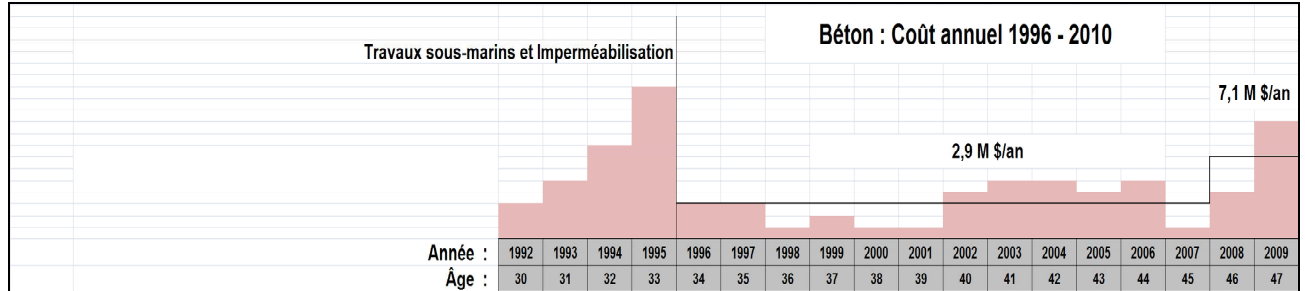
Contrat		Description du contrat		Année																			
				1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
		Sections 5 et 7, réparation de poutres précontraintes																					
		Section 5, réfection de chevêtres, poutres, appuis et néoprènes																					
		Section 5, réfection de chevêtres, poutres, appuis et néoprènes																					
		Sections 5 et 7, réfection de poutres précontraintes																					
		Section 5, réfection de piles, chevêtres, appuis et poutres																					
		Sections 5 et 7, réfection de piles, chevêtres, appuis et poutres																					
		Sections 5 et 7, ajout de post-tension extérieure aux poutres précontraintes																					
		Section 5, réfection de piles, chevêtre, poutres et joints de tablier																					
		Sections 5 et 6, réfection des piles et des chevêtres (90% du contrat)																					
		Sections 5 et 7, réfection de piles, chevêtres, appuis et poutres (90 % du contrat)																					
		Section 5, ajout de post-tension extérieure aux poutres précontraintes																					
		Sections 5, réfection de piles, chevêtres, appuis et poutres, incluant un joint de tablier																					
		Section 5, réfection de piles, chevêtre, poutres et joints de tablier																					
		Section 5, réfection de piles, chevêtres, poutres et joints de tablier (projet spécial)																					
		Sections 5 et 7, réparation du dessus des piles et des extrémités des poutres																					
		Sections 5 et 7, réfection de piles et de poutres en béton précontraint																					
		Section 5, réparations sous marine de piles																					
		Section 5, réparation sous-marine - option B																					
		Sections 5 et 7, réfection de piles et de poutres en béton précontraint																					
		Sections 5 et 7, imperméabilisation sous la médiane																					
		Sections 5 et 7, réparation de poutres précontraintes																					
		Section 5, réparations sous marines des piles																					
		Section 5 et 7, réfection de piles et de poutres en béton précontraint																					
		Sections 5 et 7, drainage, bordure et membrane																					
		Section 5, réparations et injection sous-marines des piles																					
		Sections 5 et 7, réparation de poutres précontraintes																					
		Sections 5, 6 et 7, réparations des piles																					
		Section 5, réparation sous-marines																					
		Sections 5 et 6, réfection des piles 2E, 4E et 4W																					
		Section 5, réparation de poutres																					
		Sections 5 et 7, réfection de 8 poutres de béton																					
Travaux de béton																							
		Imperméabilisation			548	2 007	6 319																
		Réparations et injection sous marine de piles		800	987	1 033	827	595	-2														
		Sections 5 et 7 - Réfection de piles, chevêtre, poutres et joints de tablier		547				959	1 711	495			993	2 541	3 641	4 006	3 106	3 274	1 045	3 184	8 796		
		Sections 5 et 7 / Poutres précontr. - Réfection et ajout de post-tension			1 100	1 295	-7		261			1 103	460		554			648		856	751		
Total		Travaux de béton - \$ 2010 (4% par an)																					
16 207		Imperméabilisation			1067	3759	11380																
7 994		Réparations et injection sous marine de piles		1621	1923	1935	1489	1030	-3														
42 537		Sections 5 et 7 - Réfection de piles, chevêtre, poutres et joints de tablier		1108				1661	2849	793			1413	3478	4791	5069	3779	3830	1175	3444	9148		
10 592		Sections 5 et 7 / Poutres précontr. - Réfection et ajout de post-tension			2143	2426	-13		435			1698	681		758			758		926	781		
Coûts en \$ 2010 (4% par an) :				2729	5133	8119	12857	2691	3280	793	1698	681	1413	4236	4791	5069	3779	4588	1175	4370	9929		
Coûts annuels en \$ 2010 :				7 209					2 850										7 149				
Année :				1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
Âge :				30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47		

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 - L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Figure 17 – Graphique des coûts de travaux de réparations du béton réalisés jusqu'à 2010 par Les Ponts Jacques-Cartier et Champlain Inc.



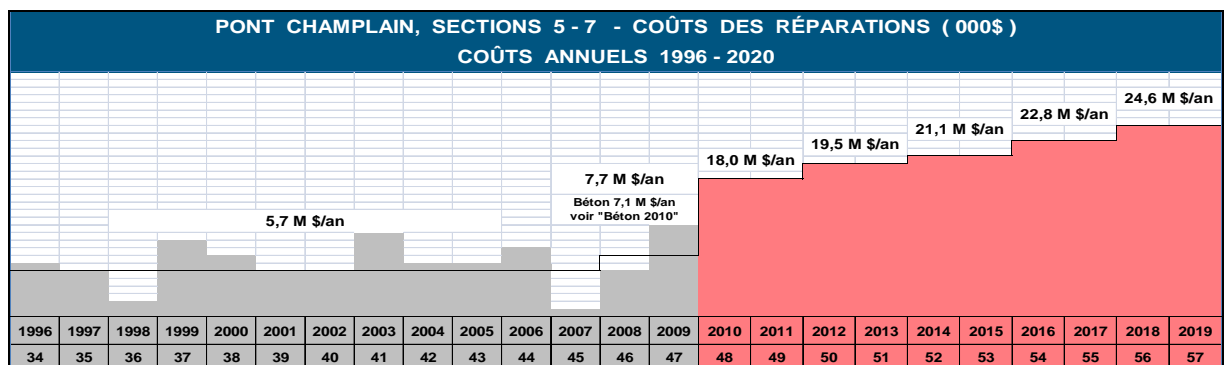
En moyenne, les coûts de réparation du béton dans le tableau sur la page précédente (souligné en jaune et en orange) ont presque triplé depuis les deux (2) dernière années et ils représentent à l'heure actuelle plus de 90 % de tous les coûts dépensés pour l'entretien du pont. Selon les prévisions budgétaires de la Société pour les dix (10) prochaines années, les travaux de réparation demeureront importants (plus de 210 M \$) et selon nos évaluations, ils vont croître dans une proportion reflétée dans le tableau qui suit.

Tableau 9 – Dépenses annuelles anticipées dans la période 2010 - 2019.

PRÉVISIONS BUDGÉTAIRES 2010 - 2020 (M \$)										
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Âge du pont	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
Dépenses par an	17.7	18.4	19.1	19.9	20.7	21.5	22.3	23.2	24.1	25.1
Moyenne de dépenses par an	18.1		19.5		21.1		22.8		24.6	

Dans une représentation graphique du tableau plus haut, on a montré également à titre de comparaison, les dépenses encourues jusqu'à 2010. L'image des coûts engagés jusqu'à présent par rapport aux perspectives de dépenses qui attendent la Société est assez claire; les dépenses seront de plus en plus importantes pour un pont dont la qualité laisse à désirer et dont certaines parties à réparer, comme le tablier par exemple, représenteront des défis techniques assez difficiles à surmonter.

Figure 18 – Graphique des dépenses annuelles dans la période 1996 - 2020.



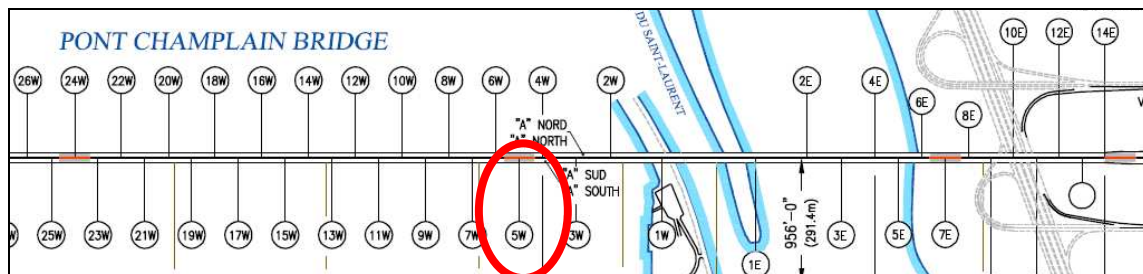
Les perspectives de dépenses s’inscrivent également dans un contexte de problèmes de capacité de ce pont, conçu il y a 50 ans; il ne peut pas résister aux charges de tremblement de terre, préconisées présentement. Le chapitre qui suit est consacré à cet aspect du dossier.

Une espérance de vie du Pont Champlain actuel a ses limitations compte tenu de son état actuel et du fait que le béton d’origine est contaminé d’ions de chlorure favorisant la corrosion des aciers d’armature et des aciers de précontraints. Dans ces circonstances, une prolongation de la durée de vie au delà de 15 à 20 ans est impossible à assurer. L’exploitation du pont demande des sommes de plus en plus importantes et les défis techniques rencontrés jusqu’à présent, lors de la réalisation des travaux de renforcements requis, prendront une autre dimension quand le tablier aura atteint un niveau de détérioration avancé. La résistance limitée aux charges de tremblement de terre rend le pont encore plus vulnérable et des dommages subis suite un tremblement de terre d’envergure dont le niveau d’intensité est défini dans le code canadien des ponts routiers, pourrait signifier sa fermeture pendant une longue période de temps.

1.2.2 Résistance sismique du pont actuel

Pour évaluer la capacité des piles existantes à résister aux charges de tremblement de terre, on a choisi la pile 5W, soit la première du secteur de la structure de béton à partir de la section du Pont au-dessus de la voie maritime. Il s’agit de la pile la plus haute dans la série des piles du secteur où les effets de charges sismiques seraient les plus importants. La localisation de cette pile est montrée sur l’extrait de la vue en plan du pont, reproduit ci-après dans la Figure 192 qui montre cette pile également sur une photo.

Figure 19 – Localisation de la pile 5W choisie pour l’analyse sismique.



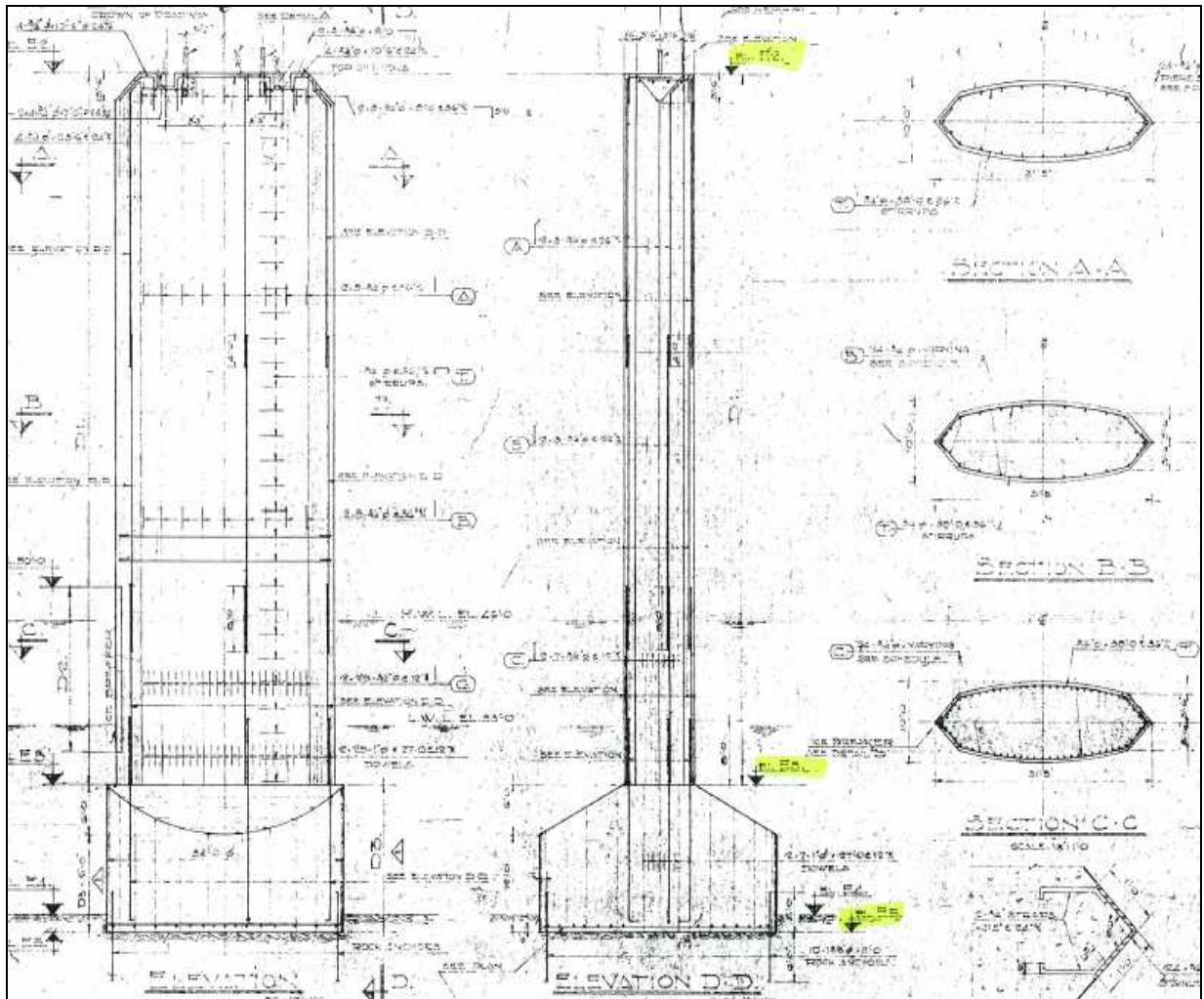
Bien que la pile choisie ait permis d'obtenir les chargés de tremblement de terre les plus élevés pour les travées en béton, les résultats obtenus pouvaient quand même être considérés comme représentatifs pour la majorité des piles compte tenu d'une relativement faible pente du pont (voir la photo dans la Figure 20).



Figure 20 – Série des piles du Pont Champlain

Les informations relatives à la géométrie et aux aciers d'armatures qui ont été considérés dans notre évaluation, ont été trouvées sur les plans du Pont et elles sont montrées par un extrait d'un dessin de la pile, reproduit ci-dessous.

Figure 21 – Aciers d'armatures de la pile 5W considérée dans l'évaluation sismique



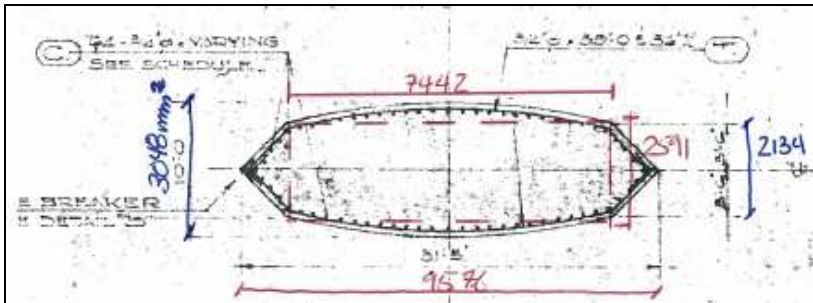
CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

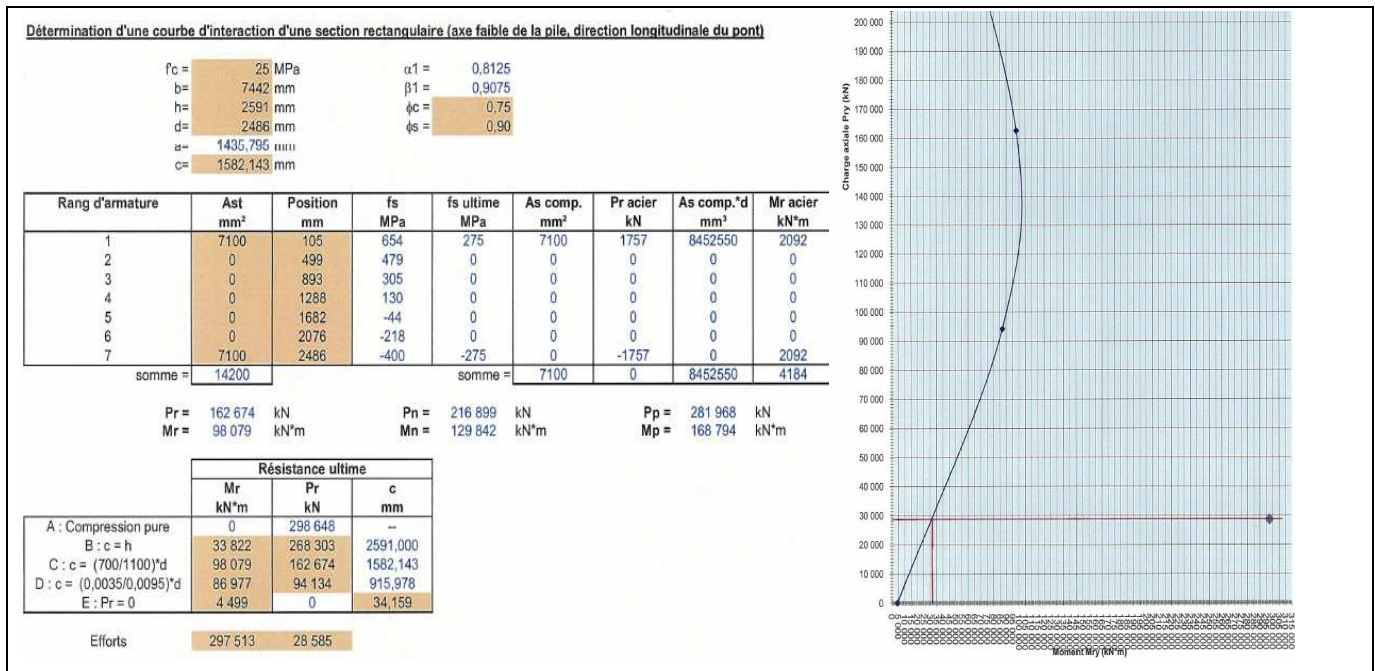
La forme géométrique complexe de la pile, utilisée dans notre analyse, a été approximée par un rectangle correspondant aux dimensions moyennes de la section de la pile, comme montré au croquis dans la Figure 22 ci-dessous. Les charges sismiques utilisées dans l'évaluation étaient basées sur les valeurs du code de pont pour un ouvrage d'art de catégorie correspondant à un pont de secours. Une compilation des résultats d'analyse au point « d'encastrement » de la pile dans la semelle (dessus de la semelle dans la figure ci-haut) est présentée aux pages suivantes.

Figure 22 – Pile considérées dans l'évaluation sismique



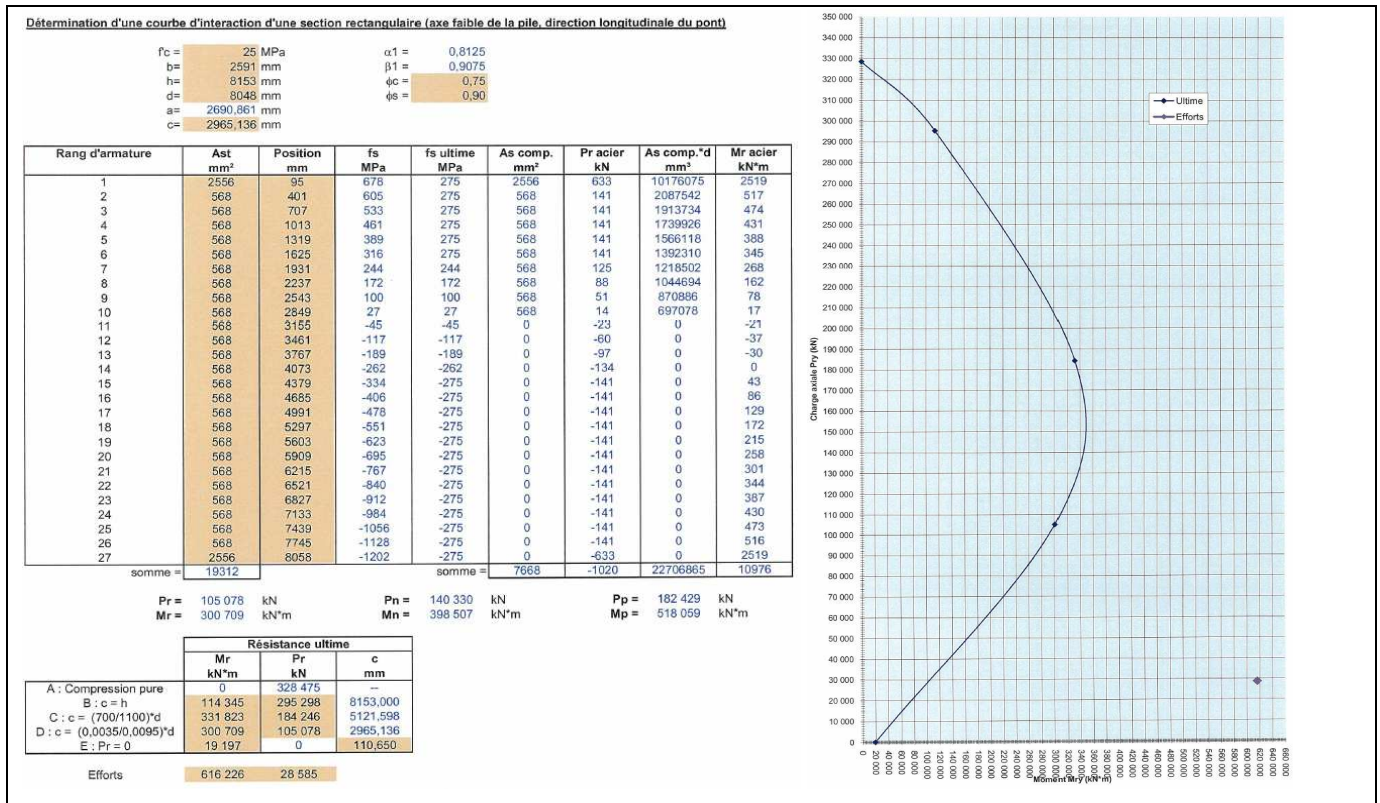
• Résistance selon l'axe faible de la pile.

Figure 23 – Résultats d'analyse sismique de la pile 5W : Force dans l'axe faible de la pile



• Résistance selon l'axe fort de la pile.

Figure 24 – Résultats d'analyse sismique de la pile 5W : Force dans l'axe fort de la pile



Les diagrammes montrés plus haut, représentent la courbe de résistance de la pile (moment de flexion vs force de compression) pour les charges de tremblement réalisées selon les deux (2) axes principaux des piles.

Les points à l'extrémité droite sur la ligne horizontale en bas des diagrammes correspondent aux valeurs de moments et de forces de compression dans les piles sous la charge sismique. Les points se trouvent très loin par rapport aux plages de résistance des piles, délimitées par la courbe, ce qui démontre un manque substantiel de capacité à résister aux charges de séismes.

Parallèlement à un important déficit de résistance de la pile aux moments de flexion dans les deux (2) directions, les piles n'ont pratiquement pas d'acier d'armature pour résister aux forces de cisaillement; cette condition les rend particulièrement vulnérables aux charges sismiques.

Basé sur « la qualité » des résultats obtenus, on a pu conclure que non seulement la pile analysée (5W) mais également toute la série des piles suivantes n'ont pas la capacité de résister aux charges de tremblement de terre générées par la structure du tablier si le Pont devait être préservé « tel quel » et utilisé à d'autres fins.

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

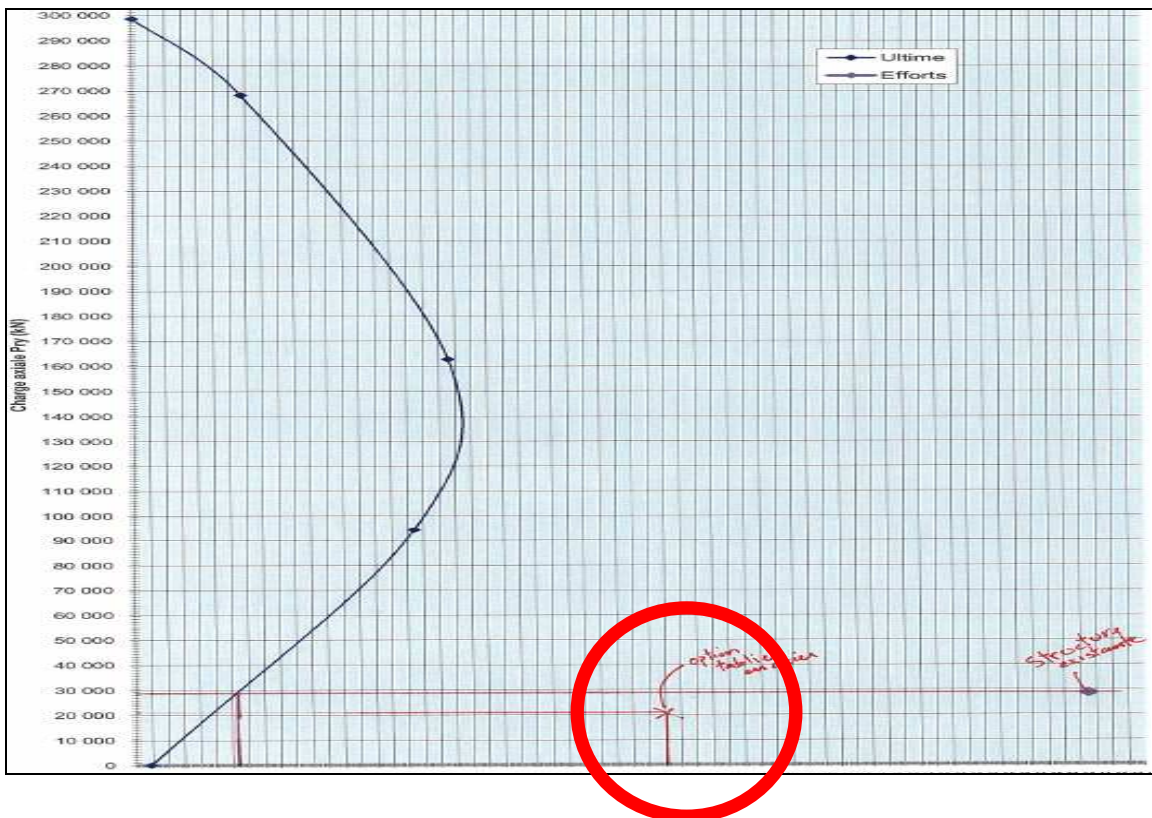
6 - L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Il convient de souligner que l'évaluation n'a pas tenu compte du degré de détérioration observé d'une façon générale sur l'ensemble des piles du Pont; si on tient compte des conclusions de la dernière inspection sous-marine et des prévisions de dépenses budgétaires associées aux réparations de béton, l'état actuel de ces piles aurait sans doute un impact négatif sur les résultats présentés ici. Il faudrait mentionner également que l'armature en flexion/compression est inférieure aux prescriptions des normes modernes ce qui peut se traduire en résistances encore plus faibles que celles calculées. Considérant la capacité de résister aux charges sismique des piles du secteur de béton comme une condition « sine qua non » pour l'ensemble de la structure du pont, on s'est limité à l'évaluation discutée dans le présent rapport.

1.2.3 Résistance sismique du pont avec des travées d'acier adaptées à un train SLR

Des considérations par rapport à l'emplacement d'un train SLR se sont vues reflétées dans l'option d'utiliser les piles du pont actuel et de remplacer des travées actuelles en béton, lourdes et très détériorées, par de nouvelles travées en structure d'acier plus légères. Une nouvelle analyse sismique a été effectuée par cette option basée sur un poids réduit à 25% du poids des travées actuelles; cette réduction refléterait une réduction de la largeur des nouvelles travées à 13,5 m et un changement d'une structure de béton en structure d'acier. Le graphique qui suit montre le résultat obtenu.

Figure 25 – Résultats d'analyse sismique de la pile 5W : Force dans l'axe faible de la pile



CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Un bref aperçu du graphique montré dans la Figure 25 permet de constater que même avec des travées d'acier plus légères que les travées actuelles en béton, les piles auraient toujours un important déficit par rapport aux exigences actuelles quant à la résistance sismique. Le point correspondant aux valeurs de moments et de forces de compression sous la charge sismique dans les piles (croix sur le graphique encerclé en rouge) serait toujours très loin par rapport à la plage de résistance des piles, délimitée par la courbe de résistance.

Sans donner des résultats espérés, un remplacement des travées représenterait un important investissement dans la démolition des travées existantes et dans une construction des nouvelles travées en acier. Selon les coûts de démolition estimés dans le chapitre suivant, la démolition des travées en béton représenterait un montant de l'ordre de 40 M \$. Quant à la construction des nouvelles travées en acier un coût de l'ordre de 170 M \$ serait requis pour réaliser cette option; il est basé sur un coût unitaire de 5,000 \$/m² et une largeur du tablier réduite à 13,5 m. Dans l'ensemble, un investissement global de plus de 200 M \$ serait impliqué dans la réalisation de cette option.

1.2.4 Démolition

La structure du Pont Champlain se divise en deux (2) secteurs; la structure d'acier dans le secteur de grande portée au-dessus de la voie maritime ainsi que des travées adjacentes (Section 6) et la structure « conventionnelle », construite en poutres préfabriquées de béton précontraint sur plus de quarante (40) travées traversant le fleuve St-Laurent du côté Montréal (Section 5) et dix (10) travées dans la zone entre la Voie maritime et la Rive-Sud (Section 7).

Compte tenu de la complexité des travaux et de son impact sur la durée ainsi que de l'interface des travaux de deux (2) secteurs « Acier » et « Béton », notre approche a pris un caractère holistique intégrant tous les aspects liés à la démolition dans un seul scénario d'ensemble.

On a effectué un exhaustif tour des sites internet relatifs à la problématique de démolition des ponts en général et des ponts de grandes portées en particulier. Des méthodes de démolition, des équipements de démolition, des moyens de transport, des contraintes et des problèmes rencontrés dans le cadre de projets d'envergure et/ou de caractère similaire, ont été mis en perspective des particularités du Pont Champlain actuel incluant des restrictions relativement à l'environnement, à l'opération de la voie maritime et à une présence d'un nouveau Pont Champlain construit en aval du pont actuel.

Dans nos considérations par rapport à la réalisation pratique de différentes étapes de travaux, nous avons tenu compte d'impact des conditions d'hiver sur la faisabilité de leur exécution.

À la fin de notre travail sur ce volet du dossier, on a consulté MM. Jean-Claude Garneau et Jacques Lemieux de la firme EXCOTECH, experts chevronnés dans le domaine de construction. M. Garneau est expert du Ministère des Transports et il a participé à ce titre pour le Ministère dans les dossiers d'un haut degré de complexité; récemment il faisait partie du comité « Ouvrages d'art majeurs » pour

évaluer les propositions du projet de l'autoroute 30. Les méthodes de démolition, les contraintes de réalisation considérées dans les scénarios, la nature des différentes étapes de travaux, des méthodes de calculs des coûts et d'autres aspects, ont fait l'objet des échanges avec M Garneau et M Lemieux avant de compléter le rapport.

Deux (2) méthodes de démolition ont fait l'objet de notre évaluation; une méthode systématique par un démantèlement successif et une méthode rapide par dynamitage. Cette deuxième a été considérée avant tout du point de vue de la structure en acier au dessus de la voie maritime où cette méthode apporterait un certain avantage compte tenu de l'envergure de l'ouvrage dans ce secteur du pont.

Parmi les projets de réalisation-démolition similaires au cas qui nous concerne, le « Sunshine Skyway Bridge » de Tampa Bay en Floride a retenu en particulier notre attention; le nouveau pont a été construit dans la proximité du pont existant en 1982-1987 et l'ancien pont a été démolé par la suite en 1993. Les photos qui suivent donnent un aperçu des travaux de démolition réalisés sur le pont en question.

Figure 26 – « Sunshine Skyway Bridge » de Tampa Bay en Floride



1.2.4.1 Méthode de démolition systématique par démantèlement successif

D'une façon générale, pour déterminer les phases et les séquences d'une démolition systématique par un démantèlement successif, nous avons tenu compte des critères suivants :

- ▶ L'envergure de l'ouvrage à démolir, un des plus grands de ce genre sur la planète. Il y a environ 165,000 tonnes de béton et 13,300 tonnes d'acier (6,500 de structure + 6,800 de tablier) à démolir
- ▶ Élévation des structures des travées par rapport au niveau d'eau



Figure 27 – Vue d'ensemble du Pont Champlain

- ▶ Accès aux secteurs à démolir via la voie terrestre (pont) et par l'eau
- ▶ Poids et transport des éléments démolis
- ▶ Opération de la voie maritime
- ▶ Période d'interdiction des travaux dans l'eau
- ▶ Rendement des opérations de démolition
- ▶ Fiabilité des opérations et contrôle des risques associés
- ▶ Durée d'ensemble des travaux
- ▶ Conditions d'hiver
- ▶ Transport et disposition des débris de démolition
- ▶ Impact environnemental

Il est à noter que la hauteur des piles sur lesquelles s'appuient les travées du pont excluait dès le départ, une possibilité d'utiliser des méthodes de démolition utilisées habituellement au Québec; on a considéré que la distance entre le niveau de barges et le tablier ainsi que les risques associés à la chute des débris, éliminent cette avenue. La méthode de démolition devait s'inscrire dans le contexte des exigences-recommandations de la publication de Pêches et Océans Canada intitulée « Construction et démolition des ponts » dont l'extrait est reproduit ci-après.

Figure 28 – Extrait de la publication de Pêches et Océans Canada « Construction et démolition des ponts »

<ul style="list-style-type: none"> • Lorsqu'il faut démolir ou enlever un pont, il faut éviter que le pont tombe dans le cours d'eau. On peut « scier » des sections du pont et utiliser des grues pour les déplacer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque la seule possibilité consiste à abattre le pont, il faudra construire une plate-forme pour recevoir le pont si sa chute risque de perturber l'habitat du poisson.
--	---

L'approche holistique, soit une considération « en parallèle » de tous les critères énumérés plus haut, nous a orientés vers un principe de démolition en étapes subséquentes.

Travées du pont en acier :

- ▶ Découpage du tablier orthotrope en panneaux et le transfert hors site par la voie routière
- ▶ Démontage des travées entières du pont et le dépôt des travées sur des barges
- ▶ Démontage des travées en éléments simples sur des barges
- ▶ Transport des éléments simples vers une usine pour nettoyage et récupération

Travées du pont en béton :

- ▶ Sectionnement du tablier et des piles avec des câbles diamantés en grandes pièces transportables par barges
- ▶ Transport des grandes pièces vers le site localisé sur la jetée de la voie maritime
- ▶ Sciage sur le site de la jetée des grandes pièces en morceaux transportables par camions

- ▶ Transport des morceaux par camions vers une usine de démolition située quelque part sur la Rive Sud
- ▶ Démolition définitive du béton avec une récupération des aciers d'armatures en vue d'une réutilisation du béton concassé comme remblai, selon la classification environnementale.

Les principes énoncés plus haut permettraient de contenir les travaux de démolition dans le secteur du fleuve et de limiter l'impact des travaux sur l'environnement; les détails d'exécution des différents travaux sont discutés plus loin dans le rapport.

Le choix de la Rive Sud comme localisation des usines de concassage du béton et de récupération des éléments de la structure d'acier avait pour but de ne pas envoyer les camions chargés des éléments de démolition sur l'Île de Montréal mais plutôt de se servir du nouveau pont, plus large, pour permettre d'envoyer jusqu'à trente (30) voyages par jour de camions de 20 tonnes vers les sites de démolition définitive sur la Rive Sud.

Le trafic des camions serait acheminé vers le nouveau pont via l'Estacade et l'accès au pont se ferait à partir de l'emprise du pont actuel à l'extrémité Sud de l'Île-des-Sœurs.

Les deux (2) figures qui suivent, reflètent d'une façon schématique le principe des phases de démolition et de transport décrites plus haut; nous avons montré sur ces schémas ce qui suit :

- ▶ Secteurs de démolition avec les fermes de lancement au-dessus des travées sciées en blocs et les barges pour transporter les blocs vers le site de sciage sur la jetée
- ▶ Transport des blocs vers le site de sciage
- ▶ Site de sciage sur la jetée pour scier les blocs en morceaux transportables par camions
- ▶ Transport par camions sur l'Estacade et sur le nouveau pont

Figure 29 – Schéma du transport des éléments sciés : Côté Rive-Sud

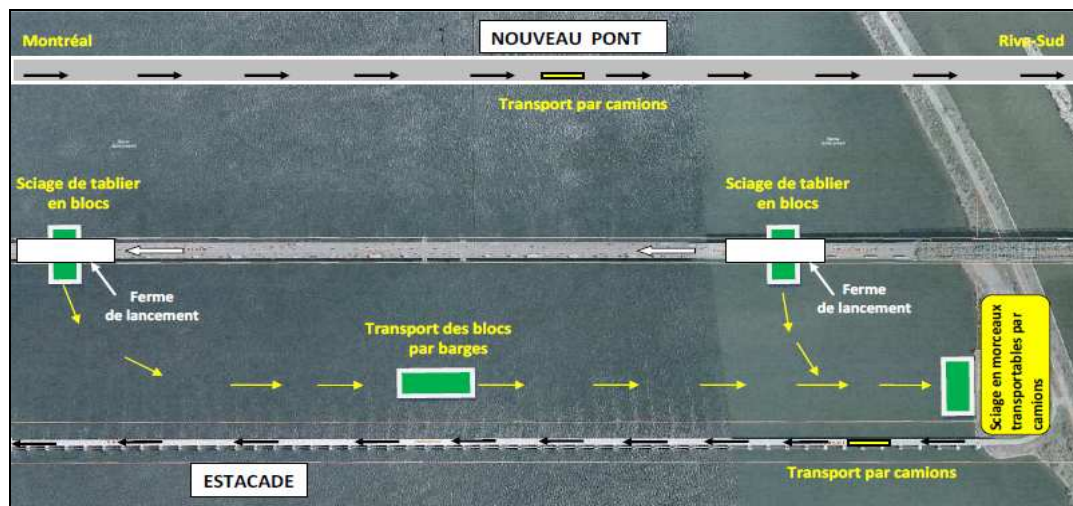
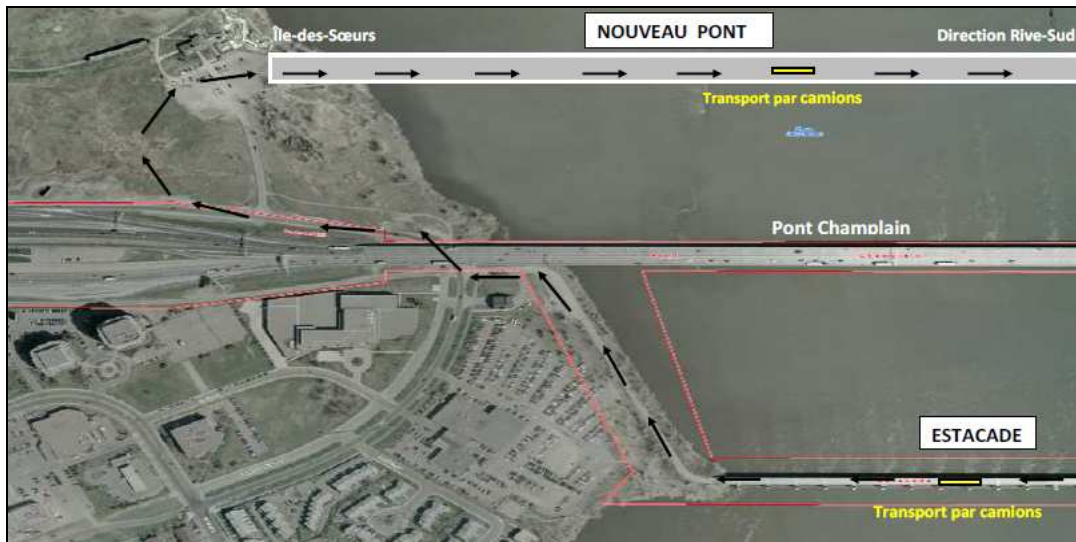


Figure 30 – Schéma du transport des éléments sciés : Côté Île-des-Sœurs



1.2.4.1.1 Organisation-Planification des travaux

L'organisation-planification des travaux serait une étape importante considérant le caractère exceptionnel de travaux et elle inclurait, non seulement une organisation d'un chantier sur la jetée de la voie maritime, mais également des travaux d'ingénierie relatifs aux structures à démolir et aux équipements utilisés pour la démolition : comme des fermes de lancement, des supports des travées en acier, des dispositifs de levage ou autres, dont on va parler dans les chapitres qui suivent. On considère que l'étape d'organisation-planification pourrait débuter en janvier pour permettre de débuter les travaux de démolition au printemps de l'Année 1 du calendrier de travaux. Un extrait du tableau « Calendrier-Coûts » qui se trouve à la fin du chapitre 1.2.3.2.5 « Calendrier et coûts des travaux », montre les travaux réalisés à cette étape; les périodes d'interdiction des travaux dans l'eau et les mois d'hiver sont indiqués dans le tableau.

Tableau 10 – Extrait du tableau « Calendrier-Coûts » : Organisation des travaux

			ANNÉE 1											
			Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DÉMOLITION DU PONT			TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION											
			HIVER											
ORGANISATION DES TRAVAUX	5 M\$	5 mois												
Organisation des travaux	1 mois				Organisation									
	2 mois				Planification									
	2 mois				Ingénierie ¹									
	3 mois				Équipement ²									
	3 mois							Berges ³						

Jetée de la voie maritime – Site du chantier

La jetée de la voie maritime est un site naturel pour l’installation d’un chantier de démolition tout comme d’ailleurs pour la construction du nouveau pont. La jetée appartient à la Société et elle possède déjà un quai; elle est facilement accessible par des barges ainsi que par des camions via l’Estacade. La photo aérienne du secteur reproduite à côté, donne un aperçu de la localisation de la jetée par rapport au pont.

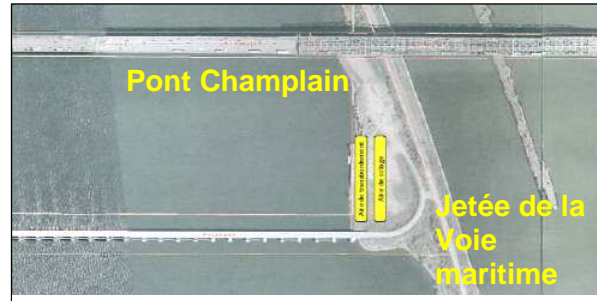


Figure 31 – Jetée de la voie maritime : Localisation

Les deux (2) photos de la jetée reproduites ci-après et prises à partir de l’Estacade lors d’une visite qui a été effectuée au mois de mai 2010, montrent le potentiel du site de la jetée qui était occupé au moment de notre visite par un chantier de réparations des piles.

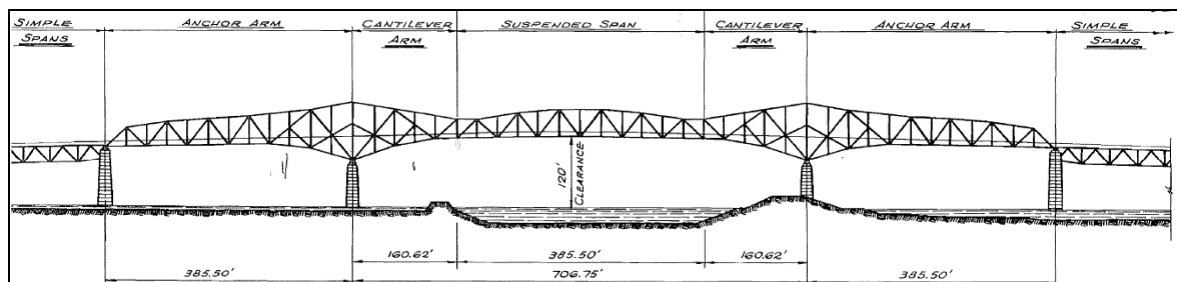
Figure 32 – Jetée de la voie maritime : Vues d’ensemble



1.2.4.1.2 Démolition des travées en acier (Section 6)

La démolition des travées en acier inclut un démantèlement du secteur au-dessus de la voie maritime montré sur un dessin reproduit ci-après plus quatre (4) travées d’approche simples de 78 m (256 pi) de portées adjacentes.

Figure 33 – Schéma des travées en acier au-dessus de la Voie maritime



Les portées de ± 117 m (385 pi) et le poids des structures à démolir ainsi que l'intégrité des systèmes aux différentes étapes de démolition nous ont orientés, comme ça déjà a été mentionné, vers un démantèlement des travées au complet. Le calcul du poids des structures dans toutes les travées, fut la première activité qui a été réalisée dans le cadre de définition du scénario de démolition.

Le choix des grues flottantes qui pourraient être employées pour le transport vertical des travées étaient limité par le gabarit de la voie maritime, et l'utilisation des grues-géants employées sur les chantiers de cette envergure ailleurs dans le monde, comme l'exemple de SVANEN reproduit ci-après, ne rentrait pas en ligne de compte.

Figure 34 – Exemple d'une grue-géant SVANEN



Le démontage devrait se faire essentiellement selon une séquence « renversée » de la méthode utilisée pour la construction du pont et le système du pont au dessus de la voie maritime qui est isostatique (partie centrale suspendue sur deux (2) porte-à-faux), comme figuré dans ce schéma humoristique, facile à comprendre, se prêtait bien à la méthode.

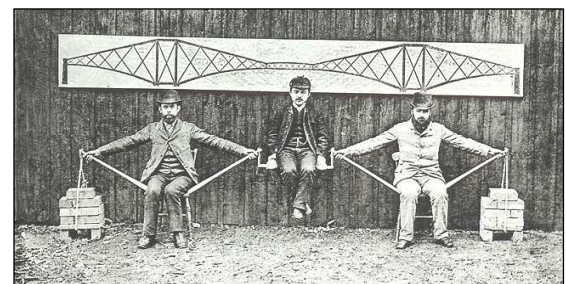


Figure 35 – Schéma humoristique de la partie centrale

Dans la description des méthodes de démolition utilisées, nous allons nous appuyer sur les photos des démolitions d'envergure et du caractère similaire ainsi que les schémas et les dessins que nous avons préparés pour faciliter la lecture et le suivi du texte. Les travaux de « dégarnissage » des tabliers incluant l'enlèvement du revêtement bitumineux, des glissières, des lampadaires, des services, de l'asphalte et du tablier orthotrope, etc., qui précèdent la démolition des structures ont été exclus de cette forme de présentation. Ils font cependant partie du tableau « calendrier-coûts ».

ÉTAPES DE DÉMOLITION

TRAVÉE CENTRALE SUSPENDUE (1,050 tonnes)

- ▶ Installation du système de support-levage de type « strand jacks »

Figure 36 – Exemple d'installation de support-levage de type « strand jacks »



- ▶ Fermeture de la voie maritime (durée 1 journée)
- ▶ Détachement de la travée et descente de la travée sur des barges (55 m x 16 m)
- ▶ Transport sur barges à l'extérieur de la voie navigable, vers le « bassin » du côté Rive Sud

Figure 37 – Exemple d'opération de démontage et de transport d'une travée



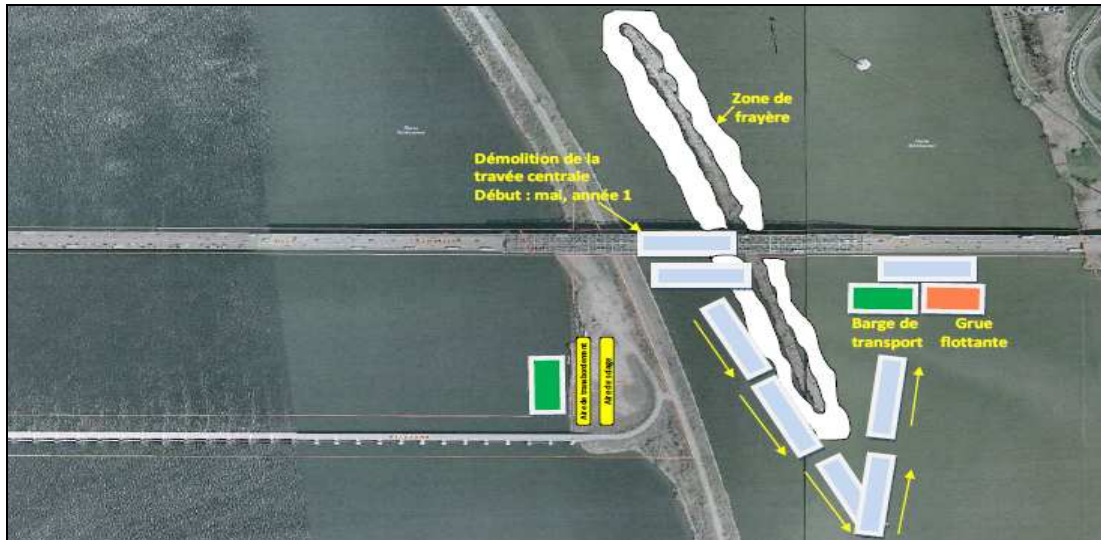
- ▶ Stabilisation du système de barges à l'aide d'ancre ou de pieux de stabilisation
- ▶ Réouverture de la voie maritime (le lendemain)
- ▶ Démontage de la travée sur la barge et chargement des éléments plus simples avec une grue de type LIEBHERR LHM 600 S (cap : 208 tonnes à 21 m) sur une barge de transport
- ▶ Transport par barge sur le site de la jetée
- ▶ Chargement sur des camions et transport vers l'usine de recyclage
- ▶ Nettoyage selon les restrictions environnementales (présence de plomb)

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

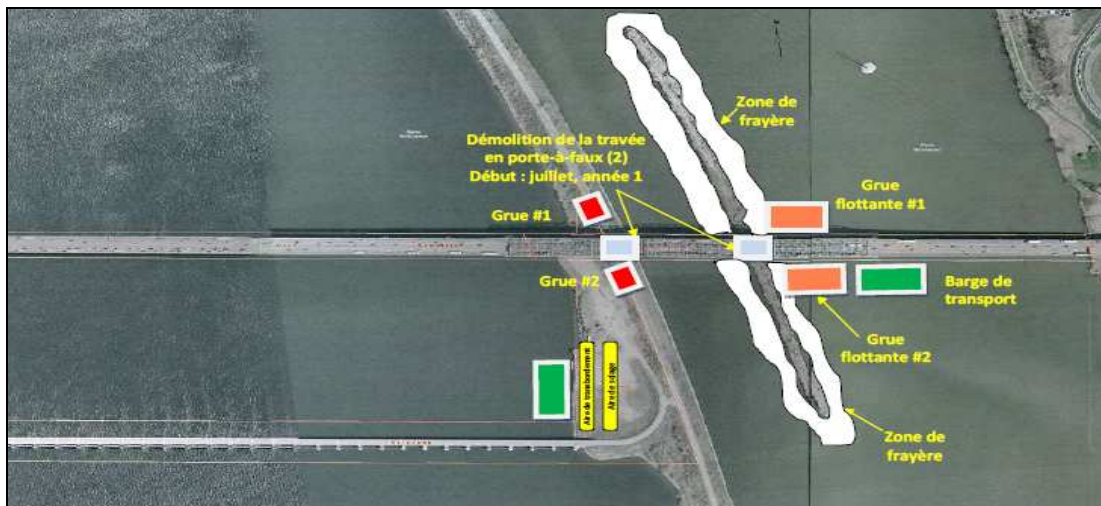
Figure 38 – Schéma des travaux dans le secteur au dessus de la voie maritime : Partie centrale



TRAVÉES en PORTE-À-FAUX (2 x 390 tonnes)

- ▶ Démontage successif par petits éléments descendus à l'aide de deux (2) grues
- ▶ Transport par barge (côté Rive-Sud) vers le site de la jetée, ou par camions (côté Montréal) directement vers une usine de recyclage
- ▶ Déchargement de la barge (travée côté Rive-Sud) sur le site de la jetée, chargement sur des camions et transport vers l'usine de recyclage
- ▶ Nettoyage selon les restrictions environnementales

Figure 39 – Schéma des travaux dans le secteur au dessus de la voie maritime : Parties en porte-à-faux



CT 61100

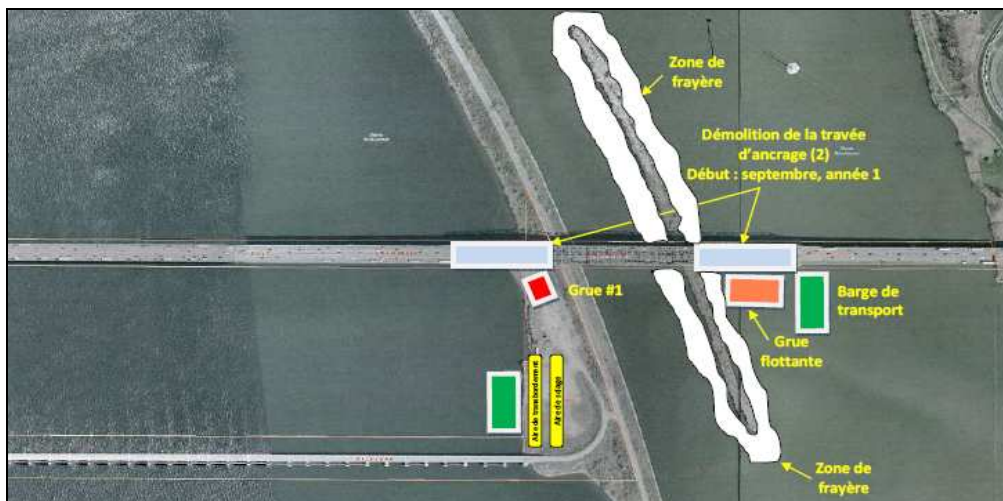
ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

TRAVÉES d'ANCORAGE (2 x 1,280 tonnes)

- ▶ Installation sur le sol (jetée et digue) et dans l'eau des systèmes de support aux extrémités des travées (près des piliers), en respectant la période de restriction pour les travaux dans l'eau et la zone de frayère autour de l'îlot.
- ▶ Détachement de la travée et dépôt de la travée sur des barges et sur le sol (jetée et digue)
- ▶ Démontage des travées en petits éléments
- ▶ Transport par barges vers le site de la jetée ou par camions (jetée) directement vers une usine de recyclage
- ▶ Déchargement de la barge et chargement sur des camions
- ▶ Transport vers l'usine de recyclage
- ▶ Nettoyage selon les restrictions environnementales

Figure 40 – Schéma des travaux dans le secteur au dessus de la voie maritime : Travées d'ancrage



TRAVÉES d'APPROCHES (4 x 520 tonnes)

- ▶ Installation des systèmes de support aux extrémités des travées (près des piliers) dans l'eau
- ▶ Détachement de la travée et dépôt sur une barge
- ▶ Démontage des travées en petits éléments
- ▶ Transport par barge vers le site de la jetée
- ▶ Chargement sur des camions

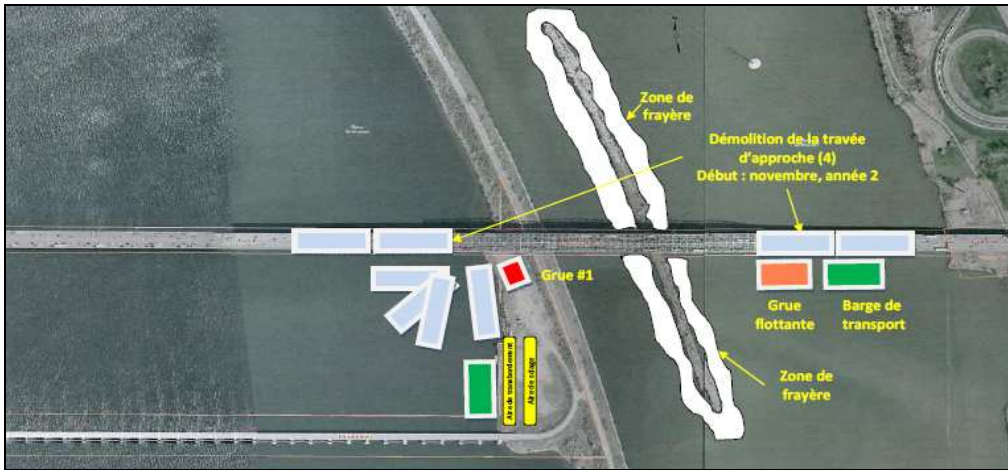
CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

- Transport vers l'usine de recyclage et nettoyage selon les restrictions environnementales

Figure 41 – Schéma des travaux dans le secteur au dessus de la voie maritime : Travées d'approche



PILES (8 piles à 3 colonnes)

La démolition des piles des travées en acier serait effectuée selon le même principe que la démolition des piles des travées en béton décrite dans le chapitre qui suit, ces travaux seraient réalisés vers la fin de la période de démolition préconisée.

DURÉE DES TRAVAUX

Un extrait du tableau « Calendrier-Coûts » qui se trouve plus loin dans le rapport, montre les travaux de démolition des travées d'acier, ces travaux débuteraient immédiatement après l'étape de planification-organisation des travaux.

Tableau 11 – Extrait du tableau « Calendrier-Coûts » : Démolition des travées d'acier

DÉMOLITION DU PONT	30 M\$	31 mois	ANNÉE 1												ANNÉE 2												ANNÉE 3																	
			Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov.	Déc.																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
			TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER												TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER												TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER																	
SECTION 6 - TRAVÉES EN ACIER (VOIE MARITIME)	30 M\$	31 mois																																										
Enlèvement tablier, glissières, etc..	7 mois																																											
Travée centrale suspendue	1 mois		2 équipes		- 1 camion 20t / jour																																							
	1 jour		Poutre et système de levage		Détachement et transport par barges																																							
	3 mois		Démantèlement au sol		Transport routier à 30 km																																							
Travées (x2) en porte-à-faux	3 mois		Transport routier à 30 km		- 1 camion 20t/jour																																							
	2 mois		Démantèlement																																									
Travées (x2) d'ancrage	1 mois		Transport routier à 30 km		- 2 camions 20t/ jour																																							
	1 mois		Structure de support		Poutre et système de levage																																							
	2 jours		Détachement et transport par barges																																									
Travées (x4) d'approche	2 mois		Démantèlement au sol																																									
	2 mois		Transport routier à 30 km		- 3 camions 20t/ jour																																							
	3 mois		Structure de support		Poutre et système de levage																																							
Piles (x8) à trois colonnes	4 jours		Détachement et transport par barges																																									
	2 mois		Démantèlement au sol																																									
	2 mois		Transport routier à 30 km		- 3 camions 20t/ jour																																							
	4 mois		Sciage au-dessus de l'eau et transport par barges		2 équipes																																							
	2 mois		Sciage sous l'eau et transport par barges																																									
	4 mois		Tronçonnage																																									
	4 mois		Transport routier à 30 km		4 camions 20t/jour																																							

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

1.2.4.1.3 Démolition des travées en béton (Section 5 et 7)

Le pont compte 40 travées d'environ 54 m du côté Montréal et 10 travées (de ± 51 à ± 54 m) du côté Rive-Sud et les quantités de béton à démolir représentent plus de 160,000 tonnes. Les quantités de béton à démolir nous ont orientés vers un sciage des structures sur place en grand blocs transportables par barges vers le site sur la jetée. Cette méthode implique l'utilisation d'une ferme de lancement pour soutenir les sections du tablier en cours de démolition et pour descendre les grandes pièces sur barges. Comme dans le cas des travées en acier, nous allons nous appuyer sur des photos et des schémas pour faciliter la lecture et le suivi du texte. L'enlèvement du revêtement bitumineux, des glissières de sécurité, lampadaires, feux des voies, utilités publiques, etcéteras..., précèdent la démolition des structures décrit dans ce chapitre.



Figure 42 – Ferme de lancement

schémas pour faciliter la lecture et le suivi du texte. L'enlèvement du revêtement bitumineux, des glissières de sécurité, lampadaires, feux des voies, utilités publiques, etcéteras..., précèdent la démolition des structures décrit dans ce chapitre.

ÉTAPES DE DÉMOLITION - TABLIER

- ▶ Installation de la ferme de lancement (± 120 m de longueur) avec trois (3) systèmes de levage et quatre (4) sciés à câble au diamant
- ▶ Forage des 18 trous dans les lignes de sciage longitudinal (6 trous par sciage)
- ▶ Mise en place d'un système de levage pour soutenir les éléments sectionnés

Figure 43 – Exemple d'opération d'une ferme de lancement



- ▶ Amarrage de la barge sous la travée
- ▶ Installation d'un système pour récupérer les eaux de sciage (boues de sciage)

- ▶ Sciage longitudinal du tablier
- ▶ Sciage transversal en blocs ± 60 ou ± 150 T
- ▶ Descente successive et pose des blocs sur la barge; les parties du tablier « en attente » restent en place supportées par des poutres suspendues aux fermes de lancement

Figure 44 – Exemple de sciage d'une section du tablier



- ▶ Transport par barge vers le site de la jetée

ÉTAPES DE DÉMOLITION - CHEVÊTRES (100 T et 125 T)

- ▶ Installation au bas de la pile d'un système de captation des eaux de sciage
- ▶ Amarrage d'une barge de transport et d'une grue flottante
- ▶ Installation d'un dispositif de levage pour supporter la partie sciée
- ▶ Sciage près des extrémités de la pile
- ▶ Levage et pose des blocs sur une barge de transport vers le site de la jetée

Figure 45 – Exemple de sciage des chevêtres



CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

ÉTAPES DE DÉMOLITION - PILES (par blocs de 2 m de hauteur de 110 T)

Sciage au-dessus de l'eau

- ▶ Amarrage d'une barge de transport
- ▶ Installation du dispositif de sciage
- ▶ Amarrage d'une grue flottante
- ▶ Sciage partiel précédant l'installation du dispositif de levage
- ▶ Ancrage du dispositif de levage de la grue pour supporter la partie sciée
- ▶ Levage et pose des blocs sur une barge de transport des blocs
- ▶ Sciage transversal du chevêtre près des extrémités de la pile
- ▶ Levage et pose des blocs sur la barge
- ▶ Installation du dispositif de sciage pour le tronçon suivant
- ▶ Etc. (séquence répétitive)
- ▶ Démantèlement du système de captation des eaux de sciage

Figure 46 – Exemple de sciage des piles



Sciage dans l'eau

- ▶ Installation du dispositif de sciage dans l'eau
- ▶ Installation dans l'eau d'un système d'aspiration des eaux de sciage et des filets (écrans) pour confiner les particules en suspension
- ▶ Levage et pose des blocs sur une barge de transport vers le site de la jetée
- ▶ Etc. (séquence répétitive)

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

- ▶ Arrêt de sciage 300 mm au-dessus de la semelle de la pile

Note : Les semelles des piles pourront être conservées pour ne pas perturber le fond du fleuve. Ce choix a cependant un léger impact sur la voie navigable et il devra être autorisé par les instances responsables. Une démolition complète des semelles représenterait un coût additionnel de l'ordre de 20 M\$.

SCIAGE DES BLOCS SUR LE SITE DE LA JETÉE

- ▶ Déchargement sur le quai en lignes de sciage (voir schéma)
- ▶ Sciage en morceaux transportables ($\pm 20T$) par camions
- ▶ Transport vers une usine de concassage pour réutilisation comme remblai selon la classification environnementale

Figure 47 – Exemple de sciage et de transport des blocs de béton



La durée des opérations de démolition des travées causée par les restrictions relativement aux travaux dans l'eau et un arrêt des opérations de démolition en hiver, nous ont orientés vers une considération de deux (2) fronts de travaux qui seraient réalisés en parallèle, ces fronts sont montrés sur un schéma en bas. L'aspect d'arrêt des opérations de démolition en hiver est abordé plus loin.

Figure 48 – Schéma illustrant deux (2) fronts de travaux de démolition des travées de béton



- ▶ Une réalisation des travaux en absence des barges demanderait une installation des plateformes autoportantes de protection appuyées sur les piles pour assurer le degré de protection de l'environnement requis.
- ▶ L'installation et déplacement de ces plateformes à partir du pont et en évitant les glaces formées sur le fleuve serait une opération difficile, pour ne pas dire impossible, et les pertes de temps occasionnés par l'absence ou inefficacité d'une protection s'ajouteraient à une réduction du rendement.
- ▶ Le sciage des piles seraient exclus pour des raisons évidentes.

Les pertes de productivités dues aux problèmes mentionnés plus haut plus les pertes associées habituellement aux conditions d'hiver (vents, accumulation de neige, formation de glace, journées plus courtes), nous ont incités à mettre à l'écart l'idée de poursuivre les travaux dans la période hivernale. Cette décision a fait l'objet d'échanges lors de notre rencontre avec des représentants d'EXCOTECH qui étaient du même avis.

1.2.4.2 Coûts

Pour pouvoir déterminer les coûts d'une réalisation d'une telle envergure et d'un tel caractère, on a quantifié toutes les opérations impliquées dans tous les travaux de démolition. Ces quantités ont été par la suite « traduites » en durées, basé sur les rendements des équipements qui ont été établis à partir de nos recherches sur internet, et basé sur certains coût unitaires connus; ces derniers, relativement aux coûts de transport, de location d'équipements (barges, grues, etc.) ou de concassage du béton. En fonction des durées et des quantités obtenues, on a attribué aux travaux des équipes et des frais associés; les tableaux qui suivent pour différentes parties des travaux, constituent une compilation des éléments impliqués dans les calculs de coûts.

1.2.4.2.1 Travées en acier (Section 6)

Les poids de la charpente du Pont à démolir sont considérables et ils constituent le principal élément de considération au niveau de coûts. Nous avons considéré également les quantités d'autres matériaux et les activités « connexes » à une démolition « sensu stricto » pour traduire les volumes à démolir en durées des opérations et en besoins des équipes impliquées. Les tableaux avec les détails d'activités pour la partie centrale au dessus de la voie maritime et le secteur de porte-à-faux, sont reproduits ci-après à titre d'exemple d'exercice que nous avons effectué pour chaque secteur dans le cadre d'évaluation des durées et des coûts. Les coûts pour l'ensemble de secteurs du pont font partie du tableau « Calendrier-Coûts ». Le tableau en bas de l'image des travées au-dessus de la voie maritime, donne le poids par secteur.

Figure 49 – Vue des travées au-dessus de la Voie maritime



Tableau 13 – Poids des travées d'acier

EST	TRAVÉES D'APPROCHE EST				TRAVÉE D'ANCRAGE EST		TRAVÉE EN PORTE-À-FAUX EST		TRAVÉE SUSPENDUE		TRAVÉE EN PORTE-À-FAUX OUEST		TRAVÉE D'ANCRAGE OUEST		TRAVÉES D'APPROCHE OUEST			
	1		2		m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	1		2	
Dimensions	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi	m	pi
Longueur	78	256	78.5	257.5	117.5	385.5	49	160.62	117.5	385.5	49	160.62	117.5	385.5	78.5	257.5	78	256
Largeur	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5	25.8	84.5
Poids	t		t		t		t		t		t		t		t			
Tablier	535		535		800		350		800		350		800		1070			
Structure	520		520		1280		385		1050		385		1280		520			
Total	1500		1500		2550		915		2300		915		2550		1500			

Tableau 14 – Exemple de calcul : Partie centrale au-dessus de la voie maritime

#	TRAVÉE SUSPENDUE (L = 117.5 m)	DURÉE	COÛTS
1	Enlever les utilités publiques	1 semaine	15 000 \$
2	Enlever les glissières de sécurité en acier	2 semaines	25 000 \$
3	Enlever le tablier orthotrope avec l'enrobé bitumineux	8 semaines	1 120 000 \$
4	Transport au centre de recyclage à 30 km	8 semaines	25 000 \$
5	Installer le système de soutènement et de levage de type MAMMOET	4 semaines	90 000 \$
6	Fermer la voie maritime	24 heures	370 000 \$
7	Déplacer et positionner les grues flottantes		
8	Déplacer et positionner des barges		
9	Détacher la travée suspendue des deux côtés simultanément		
10	Descendre et déposer la structure suspendue sur les barges		
11	Stabiliser et attacher la structure sur les barges		
12	Transport par barges		
13	Démobiliser les grues flottantes		
14	Ouvrir la voie maritime		
15	Enlever le système de soutènement	2 semaines	30 000 \$
16	Démantèlement sur barge	12 semaines	770 000
17	Transport acier par barge	12 semaines	33 000
18	Transport au centre de recyclage à 30 km (x2)	12 semaines	22 000
TOTAL		20 SEMAINES	2 500 000 \$

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

Tableau 15 – Exemple de calcul : Partie en-porte-à-faux au-dessus de la voie maritime

#	TRAVÉE EN PORTE-À-FAUX (L = 49 m)	DURÉE	CÔÛTS
1	Enlèvement des utilités publiques	1 semaine	20 000 \$
2	Enlèvement des glissières de sécurité en acier	1 semaine	20 000 \$
3	Enlèvement du tablier avec l'enrobé bitumineux	4 semaines	960 000 \$
4	Transport au centre de recyclage à 30 km	4 semaines	25 000 \$
5	Déplacer et positionner les barges, grues flottantes	8 semaines	1 060 000 \$
6	Démolition mécanique de la structure en acier		
7	Descendre et déposer les éléments démolis sur les barges		
8	Transport par barges		
9	Transport au centre de recyclage à 30 km (x2)		
TOTAL		12 SEMAINES	2 085 000 \$

L'ensemble des résultats des calculs détaillés a été regroupé en un seul tableau de ressources mensuelles requises, lequel est reproduit plus bas.

Tableau 16 – Exemple de calcul de ressources mensuelles

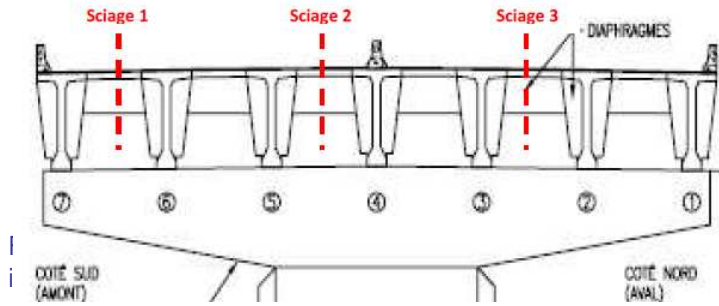
ESTIMATION DES RESSOURCES MENSUELLES ÉQUIPEMENT														
PÉRIODE		SECTION 6 (TONNES)									CAMIONS			
Année	Mois	TABLIER ORTHOTROPIQUE				AUTRES					TOTAL	Camions 20t / jour	Délai entre deux camions consécutifs (minutes)	Nombre des camions nécessaire par jour
		Travée suspendue	Travées (2x) en porte-à- faux	Travées (2x) d'ancrage	Travées (2x) d'approches	Glissières en acier	Lampadaires, panneaux	Glissières en béton	Lampadaires, panneaux	Glissières en béton				
ANNÉE 1	Mars	400	0	0	0	135	15	0			550	1.3	384	1
	Avril	400	0	0	0	135	15	0			550	1.3	384	1
	Mai	0	700	0	0	210	15	0			925	2.1	228	1
	Juin			800		250	30				1 080	2.5	196	1
	Juil.			800		250	30				1 080	2.5	196	1
	Août				1070		40	335			1 445	3.3	146	1
	Sept.				1070		40	335			1 445	3.3	146	1
	Total	800	700	1 600	2 140	980	185	670	0	0	7 075	2.3	209	1
Moyenne par mois											1 011	2.3	209	1

1.2.4.2.2 Travées en béton (Section 5 et 7)

La structure des travées en béton est composée des poutres avec des tabliers supportés par des piles et des culées. La description de la démolition est présentée sur les pages qui suivent et elle est divisée entre tablier, poutres, chevêtres et piles.

TABLIERS DE BÉTON

Figure 50 – Tabliers : Lignes de sciage en coupe et dans une vue en plan



Largeur travée = 24,08 m

		7,44			
		2,74	7,44	6,46	8
Longueur travée = 51,40 m	0,95	3,5 0,21%	8,5 0,57%	8,5 0,57%	8 0,50%
	16,50	60 3,65%	147 9,92%	147 9,92%	133 8,61%
	16,50	60 3,65%	147 9,92%	147 9,92%	133 8,61%
	16,50	60 3,65%	147 9,92%	147 9,92%	133 8,61%

Tableau 17 – Tabliers : Exemple de calcul des durées de sciage

SCIAGE D'UNE TRAVÉE								
SCIAGE	QTÉ	AIRE DE COUPE	RENDEMENT	DURÉE				
	un.	m ²	m ² / h	h				
Sciage longitudinale	3	17	1,5	34				
Sciage transversale	4	12,58	1,5	40				

SCIAGE DES TRAVÉES - SECTION 5								
DURÉE - UNITÉ	1 TRAVÉE				40 TRAVÉES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	74	37	25	19	2970	1485	990	743
Jours (8h / j.)	9	5	3	2	371	186	124	84
Semaines (5 j. / sem.)	1,9	0,93	0,62	0,46	74	37	25	17
Mois (4,33 sem./ mois)	0,43	0,21	0,14	0,11	17	9	6	4
Années (12 mois / année)					1,4	0,7	0,5	0,3
2 quarts de travail								
Heures	37	19	12	9	1485	743	495	371
Jours (8h / j.)	5	2	2	1	186	93	62	46
Semaines (5 j. / sem.)	0,9	0,5	0,3	0,2	37	19	12	9
Mois (4,33 sem./ mois)	0,21	0,11	0,07	0,05	9	4	3	2
Années (12 mois / année)					0,7	0,4	0,2	0,2

SCIAGE DES TRAVÉES - SECTION 7								
DURÉE - UNITÉ	1 TRAVÉE				10 TRAVÉES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	74	37	25	19	743	371	248	186
Jours (8h / j.)	9	5	3	2	93	46	31	23
Semaines (5 j. / sem.)	1,9	0,93	0,62	0,46	19	9	6	5
Mois (4,33 sem./ mois)					4	2	1	1
Années (12 mois / année)						0,2	0,1	0,1
2 quarts de travail								
Heures	37	19	12	9		186	124	93
Jours (8h / j.)	5	2	2	1		23	15	12
Semaines (5 j. / sem.)	0,9	0,5	0,3	0,2		5	3	2
Mois (4,33 sem./ mois)						1	1	1
Années (12 mois / année)						0,1	0,1	0,0

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 - L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

CHEVÊTRES

Figure 51 – Chevêtres : Lignes de sciage en coupe

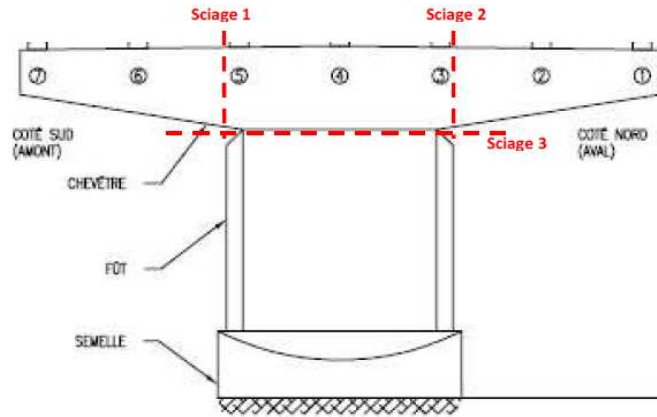


Tableau 18 – Chevêtres : Exemple de calcul des durées de sciage

SCIAGE D'UN CHEVÊTRE								
SCIAGE	QTÉ	AIRE DE COUPE	RENDEMENT	DURÉE				
	un.	m ²	m ² / h	h				
Sciage des ailes	2	6.8	1.5	9				
Sciage au dessus de la pile	1	22.1	1.5	18				

SCIAGE DES CHEVÊTRES - SECTION 5								
DURÉE - UNITÉ	1 CHEVÊTRE				40 CHEVÊTRES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	27	13	9	7	1070	535	357	267
Jours (8h / j)	3.3	1.7	1.1	1	134	67	45	33
Semaines (5 j. / sem.)	0.7	0.33	0.22	0.17	27	13	9	7
Mois (4,33 sem./ mois)	0.15	0.08	0.05	0.04	6.18	3	2	2
Années (12 mois / année)							0.2	0.1
2 quarts de travail								
Heures	13	7	4	3	535	267	178	134
Jours (8h / j)	2	1	1	0	67	33	22	17
Semaines (5 j. / sem.)	0.3	0.2	0.1	0.1	13.4	6.7	4	3
Mois (4,33 sem./ mois)	0.08	0.04	0.03	0.02	3.09	2	1	1
Années (12 mois / année)							0.1	0.1

SCIAGE DES CHEVÊTRES - SECTION 7								
DURÉE - UNITÉ	1 CHEVÊTRE				10 CHEVÊTRES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	27	13	9	7	267	134	89	67
Jours (8h / j)	3.3	1.7	1.1	1	33	17	11	8
Semaines (5 j. / sem.)	0.7	0.33			7	3	2	2
Mois (4,33 sem./ mois)							1	0.4
Années (12 mois / année)								
2 quarts de travail								
Heures	13	7	4	3	134	67	45	33
Jours (8h / j)	2	1	1		17	8	6	4
Semaines (5 j. / sem.)	0.3	0.2	0		3.3	1.7	1	1
Mois (4,33 sem./ mois)								
Années (12 mois / année)								

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

PILES

Figure 52 – Piles : Lignes de sciage en coupe

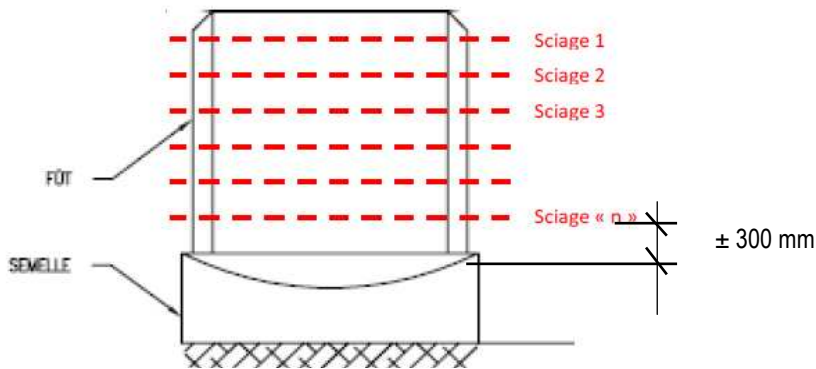


Tableau 19 – Piles : Exemple de calcul des durées de sciage

SCIAGE D'UNE PILE MOYENNE - SECTION 5				
SCIAGE	QTÉ	AIRE DE COUPE	RENDEMENT	DURÉE
	un.	m ²	m ² / h	h
Sciage d'une pile moyenne	9	22.1	1.5	133

DURÉE - UNITÉ	SCIAGE DES PILES - SECTION 5							
	1 PILE				40 PILES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	133	66	44	33	5304	2652	1768	1326
Jours (8h / j)	17	8	6	4	663	332	221	166
Semaines (5 j. / sem.)	3.3	1.66	1.11	0.83	133	66	44	33
Mois (4,33 sem./ mois)					31	15	10	8
Années (12 mois / année)					2.6	1.3	0.9	0.6
2 quarts de travail								
Heures	66	33	22	17	2652	1326	884	663
Jours (8h / j)	8	4	3	2	332	166	111	83
Semaines (5 j. / sem.)	1.7	0.8	0.6	0.4	66	33	22	17
Mois (4,33 sem./ mois)					15	8	5	4
Années (12 mois / année)					1.3	0.6	0.4	0.3

SCIAGE D'UNE PILE MOYENNE - SECTION 7				
Sciage	Qté	Aire de coupe	Rendement	Durée
	un.	m ²	m ² / h	h
Sciage d'une pile moyenne	8	22.1	1.5	118

DURÉE - UNITÉ	SCIAGE DES CHEVÊTRES - SECTION 7							
	1 CHEVÊTRE				10 CHEVÊTRES			
	ÉQUIPES DE TRAVAIL - NOMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 quart de travail								
Heures	27	13	9	7	267	134	89	67
Jours (8h / j)	3.3	1.7	1.1	1	33	17	11	8
Semaines (5 j. / sem.)	0.7	0.33			7	3	2	2
Mois (4,33 sem./ mois)							1	0.4
Années (12 mois / année)								
2 quarts de travail								
Heures	13	7	4	3	134	67	45	33
Jours (8h / j)	2	1	1		17	8	6	4
Semaines (5 j. / sem.)	0.3	0.2	0		3.3	1.7	1	1
Mois (4,33 sem./ mois)								
Années (12 mois / année)								

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

1.2.4.2.3 Travaux sur le site de jetée (Section 5, 6 7)

Tableau 20 – Exemple de calcul d’air de travail requis

AIRE DE TRAVAIL SUR LA JETÉE DE LA VOIE MARITIME TAUX D'OCCUPATION MENSUELLE																	
ANNEE	MOIS	AIRE DE TRAVAIL - JETÉE Organisation de site (m ²)				SECTION 6 Surface occupée par les déchets d'acier (m ²)				SECTION 5 Surface occupée par les déchets de béton (m ²)				TOTAL			
		Site disponible	Grue mobile de levage	Sciage de béton	Chemin d'accès	Travée suspendue	Travées (2x) en porte-à-faux	Travées (2x) d'ancrage	Travées (2x) d'approches	Piles à 3 colonnes	Dalle & poutres	Piles & chevêtres	Dalle & poutres	Piles & chevêtres	Surface occupée (m ²)	Taux d'occupation %	
ANNEE 1	Avril	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 000	38%
	Mai	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 000	38%
	Juin	24 000	2 000	6 000	1 000	3 032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12 032	50%
	Juil.	24 000	2 000	6 000	1 000	2 001	1 265	0	0	0	0	0	0	0	0	12 266	51%
	Août	24 000	2 000	6 000	1 000	1 001	1 265	0	0	0	0	0	0	0	0	11 265	47%
	Sept.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	5 850	0	0	0	0	14 850	62%
	Oct.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	6 063	0	0	5 850	0	0	0	0	20 913	87%
	Nov.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	3 032	0	0	5 850	0	0	0	0	17 882	75%
	ANNEE 2	Avril	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	5 850	1 287	0	0	0	16 137	67%
Mai		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	4 038	5 850	1 287	0	0	0	20 175	84%	
Juin		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	4 038	5 850	1 287	0	0	0	20 175	84%	
Juil.		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	5 850	1 287	0	0	0	16 137	67%	
Août		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	5 850	1 287	0	0	0	16 137	67%	
Sept.		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	5 850	1 287	0	0	0	16 137	67%	
Oct.		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	5 850	0	0	16 137	67%	
Nov.		24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	5 850	0	0	16 137	67%	
ANNEE 3		Avril	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	5 850	0	0	16 137	67%
	Mai	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	5 850	0	0	16 137	67%	
	Juin	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	0	0	0	10 287	43%	
	Juil.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	0	1 287	0	0	0	10 287	43%	
	Août	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	7 722	0	0	0	1 287	18 009	75%	
	Sept.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	7 722	0	0	0	1 287	18 009	75%	
	Oct.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	7 722	0	0	0	1 287	18 009	75%	
	Nov.	24 000	2 000	6 000	1 000	0	0	0	0	7 722	0	0	0	1 287	18 009	75%	

1.2.4.2.4 Ressources mensuelles (Section 5, 6 7)

Tableau 21 – Exemple de calcul des ressources mensuelles

ESTIMATION DES RESSOURCES MENSUELLES ÉQUIPEMENT, ÉQUIPES DE TRAVAIL																
PÉRIODE	SECTION 6 ACIER (TONNES)				SECTION 5 BÉTON (TONNES)				TOTAL Tonnes	RESSOURCES						
	Travée suspendue	Travées en porte-à-faux (x2)	Travées d'ancrage (x2)	Travées d'approches (x4)	Piles à trois colonnes	Dalle & poutres	Piles & chevêtres	Piles & chevêtres		Fermes de lancement	Équipes démolition piles	Barges	Grues flottantes	Camions 20 t / jour	Délai entre deux camions consécutifs (minutes)	Nombre des camions nécessaire par jour
ANNEE 1	Avril															
	Mai															
	Juin	347							347			4	2 (1jr)	0.8	610	1
	Juil.	347	385						732			4	2	1.7	289	1
	Août	357	385						742			4	2	1.7	285	1
	Sept.								0							
	Oct.			1280			6670		7 950	2		2 (+2/1jr)	2	18.1	27	5
	Nov.			1280			6670		7 950	2		2 (+2/1jr)	2	18.1	27	5
	ANNEE 2	Avril					6670	4836		11 506	2	4	6	4	26.2	18
Mai					1040	6670	4836		12 546	2	4	6 (+4/1jr)	4 (+4/1jr)	28.5	17	7
Juin					1040	6670	4836		12 546	2	4	6 (+4/1jr)	4 (+4/1jr)	28.5	17	7
Juil.						6670	4836		11 506	2	4	6	4	26.2	18	7
Août						6670	4836		11 506	2	4	6	4	26.2	18	7
Sept.						6670	4836		11 506	2	4	6	4	26.2	18	7
Oct.						6670	4836	3750	15 256	1	4	5	4	34.7	14	9
Nov.							4836	3750	8 586	1	4	5	4	19.5	25	5
Avril							4836	3750	8 586	1	4	5	4	19.5	25	5
ANNEE 3	Mai						4836	3750	8 586	1	4	5	4	19.5	25	5
	Juin					7362			10 250		4	4	4	23.3	21	6
	Juil.					7362			10 250		4	4	4	23.3	21	6
	Août					7362			10 249		4	5	4	23.3	21	6
	Sept.					7362			10 249		4	4	2	23.3	21	6
Total	1 050	770	2 560	2 080	29 448	60 030	48 360	15 000	11 550	170 848						

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

1.2.4.2.5 Calendrier et coûts des travaux (Section 5, 6, 7)

Les résultats des calculs des quantités de sciage sur les barges et sur le site de la jetée, des besoins en équipements de transport et de grues, des ressources humaines, tous ces éléments étaient compilés dans un seul tableau « Calendrier-Coûts » qui est reproduit sur la page suivante.

Les travaux dans le tableau ont été regroupés selon quatre (4) blocs :

- ▶ Organisation-planification des travaux
- ▶ Section 5 - Travées en béton du côté de Montréal (travaux réalisés en parallèle sur deux (2) fronts avec deux (2) fermes de lancement)
- ▶ Section 6 - Travées en acier au dessus de la voie maritime
- ▶ Section 7 - Travées en béton du côté de la Rive-Sud (travaux réalisés sur un (1) front avec une (1) ferme de lancement)

Des travaux dans chaque bloc ont été divisés essentiellement en trois (3) parties:

- ▶ Enlèvement des éléments comme glissières, lampadaires, asphalte et tablier orthotrope dans le cas des travées en acier, etc.
- ▶ Démolition des tabliers et des poutres dans le cas des travées en béton et des travées entières dans le cas des travées en acier
- ▶ Démolition des piles.

Les travaux dans chaque partie de démolition ont été subdivisés selon les séquences

- ▶ Sciage et transport par barges
- ▶ Sciage en tronçons sur le site de la jetée
- ▶ Transport routier vers l'usine et démolition définitive

On a identifié dans le tableau la période hivernale (décembre-mars) qui correspond à la période de fermeture de la voie maritime et on a indiquée également la période d'interdiction des travaux dans l'eau, soit décembre-juillet. Tous les travaux ont été révisés en fonction de ces deux (2) restrictions majeures.

Comme on peut constater en regardant le tableau, la durée de démolition s'étend sur une période de presque trois (3) et les coûts s'élèvent à environ 110 M \$; incluant 20 % pour les contingences et les frais connexes le coût global de démolition serait de 132 M \$. En ajoutant les frais connexes (documents d'appel d'offre, surveillance, etcéteras....), le coût total serait d'ordre de 155 M \$.

Tableau 22 – Tableau « Calendrier-Coutés »

DÉMOLITION DU PONT		ANNÉE 1												ANNÉE 2												ANNÉE 3																								
		Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Déc.											
		TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER												TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER												TRAVAUX DANS L'EAU - INTERDICTION HIVER																								
TRAVAUX - CÔUTS ET DURÉE	110 M\$	33 mois																																																
ORGANISATION DES TRAVAUX	5 M\$	5 mois																																																
Organisation des travaux	1 mois		Organisation												VOIE												VOIE MARITIME																							
	2 mois		Planification												MARITIME												FERMETURE																							
	2 mois		Ingénierie ¹												FERMETURE												FERMETURE																							
	3 mois		Équipement ²																																															
	3 mois		Berges ³																																															
SECTION 5 - TRAVÉES EN BÉTON (CÔTÉ MONTRÉAL)	60 M\$	25 mois																																																
Enlèvement glissières, lampadaires, services, etc..		5 mois																																																
Tablier & Poutres (40 travées)	9 mois		Sciage et transport par barges												2 fermes																																			
	9 mois		Tronçonnage																																															
	9 mois		Transport routier à 30 km												4 camions 20t / jour																																			
Piles & Chevêtres (x 40)	10 mois		Sciage au-dessus de l'eau et transport par barges												4 équipes																																			
	4 mois		Sciage sous l'eau et transport par barges																																															
	10 mois		Tronçonnage																																															
	10 mois		Transport routier à 30 km												2 camions 20t / jour																																			
SECTION 6 - TRAVÉES EN ACIER (VOIE MARITIME)	30 M\$	31 mois																																																
Enlèvement tablier, glissières, etc..		7 mois																																																
Travée centrale suspendue	1 mois		Poutre et système de levage																																															
	1 jour		Détachement												Transport par barges																																			
	3 mois		Démantèlement au sol																																															
Travées (x 2) en porte-à-faux	3 mois		Transport routier à 30 km												- 1 camion 20t / jour																																			
	2 mois		Démantèlement																																															
Travées (x 2) d'ancrage	1 mois		Transport routier à 30 km												- 2 camions 20t/ jour																																			
	1 mois		Structure de support												Poutre et système de levage																																			
	2 jours		Détachement et transport par barges																																															
Travées (x 4) d'approche	2 mois		Démantèlement au sol																																															
	2 mois		Transport routier à 30 km												- 3 camions 20t/ jour																																			
	3 mois		Structure de support												Poutre et système de levage																																			
Piles (x 8) à trois colonnes	4 jours		Détachement et transport par barges																																															
	2 mois		Démantèlement au sol																																															
	2 mois		Transport routier à 30 km												- 3 camions 20t/ jour																																			
	4 mois		Sciage au-dessus de l'eau et transport par barges												2 équipes																																			
SECTION 7 - TRAVÉES EN BÉTON (CÔTÉ RIVE-SUD)	15 M\$	15 mois																																																
	Enlèvement glissières, lampadaires, services, etc..		2 mois																																															
	Tablier & Poutres (10 travées)	4 mois		Sciage et transport par barges												1 ferme																																		
4 mois			Tronçonnage																																															
4 mois			Transport routier à 30 km																																															
Piles & Chevêtres (x 10)	4 mois		Sciage au-dessus de l'eau et transport par barges												2 équipes																																			
	2 mois		Sciage sous l'eau et transport par barges																																															
	4 mois		Tronçonnage																																															
		4 mois	Transport routier à 30 km												3 camions 20t/ jour																																			

La répartition annuelle des coûts engagés dans les travaux de démolition est compilée dans les deux (2) tableaux plus bas. Le premier contient les travaux de démolition sensu stricto et le second l'ensemble des coûts considérés incluant tous les frais connexes comme documents d'appel d'offre, surveillance, etcétera....

Tableau 23 – Répartition annuelle des coûts de démolition - Coûts directs des travaux

TRAVAUX DE DÉMOLITION - RÉPARTITION ANNUELLE				
TRAVAUX - SECTEUR	ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3	TOTAL
ORGANISATION DES TRAVAUX	6 000 000 \$	0 \$	0 \$	6 000 000 \$
SECTION 5 - TRAVÉES EN BÉTON (CÔTÉ MONTRÉAL)				
Enlèvement glissières, lampadaires, services, etc.	1 320 000 \$	0 \$	0 \$	1 320 000 \$
Tablier & Poutres (40 travées)	7 560 000 \$	30 000 000 \$	0 \$	37 560 000 \$
Piles & Chevêtres (x 40)	0 \$	26 400 000 \$	6 720 000 \$	33 120 000 \$
Sous-total Section 5	8 880 000 \$	56 400 000 \$	6 720 000 \$	72 000 000 \$
SECTION 6 - TRAVÉES EN ACIER				
Enlèvement tablier, glissières, etc.	9 600 000 \$	0 \$	0 \$	9 600 000 \$
Travée centrale suspendue	1 800 000 \$	0 \$	0 \$	1 800 000 \$
Travées (x 2) en porte-à-faux	1 440 000 \$	0 \$	0 \$	1 440 000 \$
Travées (x 2) d'ancrage	3 480 000 \$	0 \$	0 \$	3 480 000 \$
Travées (x 4) d'approche	240 000 \$	2 880 000 \$	0 \$	3 120 000 \$
Piles (x 8) à trois colonnes	0 \$	0 \$	16 560 000 \$	16 560 000 \$
Sous-total Section 6	16 560 000 \$	2 880 000 \$	16 560 000 \$	36 000 000 \$
SECTION 7 - TRAVÉES EN BÉTON (CÔTÉ RIVE-SUD)				
Enlèvement glissières, lampadaires, services, etc.	0 \$	240 000 \$	0 \$	240 000 \$
Tablier & Poutres (10 travées)	0 \$	2 400 000 \$	7 020 000 \$	9 420 000 \$
Piles & Chevêtres (x 10)	0 \$	0 \$	8 340 000 \$	8 340 000 \$
Sous-total Section 7	0 \$	2 640 000 \$	15 360 000 \$	18 000 000 \$
TOTAL	31 440 000 \$	61 920 000 \$	38 640 000 \$	132 000 000 \$
	24%	47%	29%	100%
	31 500 000 \$	62 000 000 \$	38 500 000 \$	132 000 000 \$

Tableau 24 – Répartition annuelle des coûts de démolition - Ensemble des coûts

ENSEMBLE DE COÛTS DES TRAVAUX - RÉPARTITION ANNUELLE					
	ANNÉE 0	ANNÉE 1	ANNÉE 2	ANNÉE 3	TOTAL
Études additionnelles	200 000				200 000
Documents d'appel d'offre	500 000				500 000
Permis, autorisations	100 000		-	-	100 000
Travaux de démolition		31 500 000	62 000 000	38 500 000	132 000 000
Surveillance de travaux		1 200 000	1 100 000	1 000 000	3 300 000
Sous-Total	800 000	32 700 000	63 100 000	39 500 000	136 100 000
Taxes	103 000	4 210 125	8 124 125	5 085 625	17 522 875
TOTAL	903 000	36 910 125	71 224 125	44 585 625	153 622 875
	1 000 000	37 000 000	72 000 000	45 000 000	155 000 000

1.2.4.2.6 Démolition vs Environnement (Section 5, 6 7)

Les considérations par rapport à l'impact des travaux de démolition sur l'environnement étaient un élément important dans la planification des étapes et des séquences des activités ainsi que dans l'évaluation des coûts impliqués.

Le caractère des travaux nous obligeait constamment à nous poser des questions par rapport à ce volet et une pertinence de compiler les travaux avec les conséquences par rapport à l'environnement, fut le fruit de cet exercice. Compte tenu des particularités et des différences entre les travaux de démolition des travées en béton et des travées en acier, l'impact environnemental a été regroupé en deux (2) tableaux.

Tableau 25 – Démolition versus environnement : Travées en béton

DÉMOLITION VS. ENVIRONNEMENT TRAVÉES EN BÉTON					
TRAVAUX	EFFETS - PROTECTION				DÉBRIS
	FLEUVE		AIR		
	EAU CONTAMINÉE	FOND PERTUBÉ	POUSSIÈRE	BRUIT	
Enlèvement des glissières, clôtures, lampadaires, panneaux etc.	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Enlèvement des conduites électriques, utilités publiques, etc.	S/O	S/O	S/O	S/O	Gestion des déchets dangereux
Installation de la ferme de lancement	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
TABLIER (x50)					
Sciage du tablier	Barge sous le pont, système de filtration et récupération d'eau	Barge ancrée après les piles	Eau de sciage	S/O	Barge sous le pont, récupération de débris
Descente des blocs sur les barges	S/O	Barge ancrée après les piles	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Sciage de béton sur la berge	Système de filtration, recyclage d'eau	S/O	Eau de sciage	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage de béton	S/O	S/O	S/O	S/O	Réutilisation réglementée
CHEVÊTRES (x50)					
Sciage du béton	Barge sous le chevêtre, système de filtration et récupération d'eau	Barge ancrée après les piles	Eau de sciage	S/O	Barge sous le chevêtre, récupération de débris
Descente des blocs sur les barges	S/O	Barge ancrée après les piles	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Sciage de béton sur la berge	Système de filtration, recyclage d'eau	S/O	Eau de sciage	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage de béton	S/O	S/O	S/O	S/O	Réutilisation réglementée
PILES (x50)					
Sciage de béton	Système d'aspiration et de filtration d'eau	Barge ancrée après les fondations de piles	Eau de sciage	S/O	Système d'aspiration et de filtration, récupération de débris
Sciage de béton sous-marin	1 août-20 décembre / Enceinte de confinement et système d'aspiration et filtration	1 août-20 décembre / Barge ancrée après les fondations de piles	S/O	S/O	1 août-20 décembre / Enceinte de confinement et système d'aspiration et filtration
Descente des blocs sur les barges	S/O	Barge ancrée après les fondations de piles	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Sciage de béton sur la berge	Système de filtration, recyclage d'eau	S/O	Eau de sciage	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage de béton	S/O	S/O	S/O	S/O	Réutilisation réglementée

Tableau 26 – Démolition versus environnement : Travées en acier

DÉMOLITION VS. ENVIRONNEMENT TRAVÉES EN ACIER					
TRAVAUX	EFFETS - PROTECTION				DÉBRIS
	FLEUVE		AIR		
	EAU CONTAMINÉE	FOND PERTUBÉ	POUSSIÈRE	BRUIT	
Enlèvement des glissières, clôtures, lampadaires, panneaux etc.	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Enlèvement des conduites électriques, utilités publiques, etc.	S/O	S/O	S/O	S/O	Gestion des déchets dangereux
Enlèvement du tablier orthotropique et de l'asphalte	Barge sous le pont	Barge ancrée après les piles	S/O	Toile acoustique	Asphalte
Recyclage d'acier	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
TRAVÉE CENTRALE					
Installation du système de levage de type Mammoet	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Détachement de la travée et la descente sur les barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Stabilisation du système de barges (ancres, pieux)	S/O	Barge ancrée après la berge	S/O	S/O	S/O
Sciage d'acier sur la barge	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage d'acier	S/O	S/O	S/O	S/O	Peinture au plomb- disposition réglementée
TRAVÉES EN PORTE-À-FAUX (x2)					
Démantèlement de la travée par sciage	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges (côté Sud)	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Déchargement et sciage au sol / sur barge	S/O	Barge ancrée après la berge	S/O	S/O	
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage d'acier	S/O	S/O	S/O	S/O	Peinture au plomb- disposition réglementée
TRAVÉES D'ANCRAGE (x2)					
Installation des structures de support dans l'eau	S/O	Travaux 1 août - 20 décembre	S/O	S/O	S/O
Détachement de la travée et la descente sur les barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Stabilisation du système de barges (ancres, pieux)	S/O	Barge ancrée après la berge	S/O	S/O	S/O
Sciage d'acier sur la barge	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage d'acier	S/O	S/O	S/O	S/O	Peinture au plomb- disposition réglementée
TRAVÉES D'APPROCHE (x4)					
Installation des structures de support dans l'eau	S/O	Travaux 1 août - 20 décembre	S/O	S/O	S/O
Détachement de la travée et la descente sur les barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Stabilisation du système de barges (ancres, pieux)	S/O	Barge ancrée après la berge	S/O	S/O	S/O
Sciage d'acier sur la barge	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage d'acier	S/O	S/O	S/O	S/O	Peinture au plomb- disposition réglementée
PILES À TROIS COLONNES (x8)					
Sciage de béton	Système d'aspiration et de filtration d'eau	Barge ancrée après les fondations de piles	Eau de sciage	S/O	Système d'aspiration et de filtration, récupération de débris
Sciage de béton sous-marin	1 août-20 décembre / Enceinte de confinement et système d'aspiration et filtration	1 août-20 décembre / Barge ancrée après les fondations de piles	S/O	S/O	1 août-20 décembre / Enceinte de confinement et système d'aspiration et filtration
Descente des blocs sur les barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Transport par barges	S/O	S/O	S/O	S/O	S/O
Sciage de béton sur la berge	Système de filtration, recyclage d'eau	S/O	Eau de sciage	S/O	S/O
Transport routier à 30 km	S/O	S/O	Abat poussière	S/O	S/O
Recyclage de béton	S/O	S/O	S/O	S/O	Réutilisation réglementée

CT 61100

ÉTUDE DE PRÉFAISABILITÉ PORTANT SUR LE REMPLACEMENT DE L'ACTUEL PONT CHAMPLAIN

6 – L'AVENIR DES STRUCTURES EXISTANTES

1.2.4.3 Méthode de démolition par explosion

Les perspectives d'un long processus de démolition du Pont avec une méthode systématique par démantèlement successif, ont retrouvé leur écho dans la demande de la Société d'évaluer l'utilisation des explosifs comme un moyen de démolition.



Figure 53 – Exemple de démolition par explosion

Cette méthode a été récemment employée dans le cas du pont sur le Lac Champlain entre l'état de New York et le Vermont et notre recherche sur internet nous a permis de trouver d'autres exemples de ponts où cette technique a été utilisée pour démolir des travées en acier; il s'agit des ponts « Cooper River Bridge » à Charleston en Caroline du Sud, « Memorial Bridge » à Bismarck au Dakota du Nord et « Sunshine Skyway Bridge » à Tampa Bay en Floride.

Les photos reproduites ci-après des sites internet donnent un aperçu des conditions qui peuvent s'offrir après une démolition selon les expériences vécues dans les cas des ponts cités plus haut.

Figure 54 – Exemple de démolition par explosion : Lake Champlain Bridge



Figure 55 – Exemple de démolition par explosion : Cooper River Bridge



Figure 56 – Exemple de démolition par explosion : Memorial Bridge



La méthode de démolition par explosion, bien que séduisante surtout à cause d'une perspective de pouvoir consolider des travaux de démolition des travées en acier dans une période relativement courte, comporte des risques environnementaux évidents et une chute libre des éléments comme montré sur des photos, ne serait pas permis au Canada.

Les bénéfices relatifs à une consolidation des travaux de démolition des travées en acier seraient relatifs car, comme ça a été considéré dans le chapitre consacré à la démolition par un démantèlement successif, ils pourront être réalisés en parallèle avec des travaux de démolition des travées en béton.

De nombreuses contraintes devraient être prises en compte dans l'élaboration des scénarios visant la démolition d'actuel Pont Champlain selon cette méthode et évidemment la principale contrainte est liée à la présence de la voie maritime.

Une démolition par explosion et une collecte des débris pourrait être réalisée dans une période de fermeture de la voie maritime qui habituellement est incluse entre le 15 décembre et le 01 avril, soit à l'intérieur d'une durée de quatre (4) mois dans l'année. Il faut cependant mentionner qu'il y avait déjà des périodes de fermeture plus courtes, comme par exemple en 2006 quand la voie maritime est restées ouverte du 23 mars au 30 décembre, soit 283 jours.

La période de fermeture de la voie maritime correspond à celle d'interdiction des travaux dans l'eau qui est du 01 décembre et le 01 août; une démolition par explosion devrait alors être réalisée plutôt vers la fin de la période permise pour s'assurer que l'épaisseur de la glace qui recouvre la voie maritime soit suffisante pour recevoir le choc de débris sans se briser. Le choix de cette période permettrait également une collecte de tous les débris avant une réouverture de la voie maritime.

Dans le contexte décrit plus haut, on pourrait admettre que la période d'un (1) mois, soit mois de février, serait réaliste pour envisager une éventuelle réalisation de démolition selon cette méthode. À titre de comparaison, la durée de collecte de débris dans le cas des ponts réfères sur la page précédente était de trois (3) semaines.

Pour éviter un percement de la glace ou des dommages à la digue qui sépare la voie maritime du fleuve, les débris de démolition devraient être de faibles dimensions et la méthode de contrôle des débris devrait être absolue pour respecter les critères environnementaux; un défi qui nous semble être très difficile et peut-être même impossible à atteindre.

D'autres aspects qui seraient à adresser lors des opérations par explosion seraient liés aux facteurs suivants :

- ▶ L'impact d'explosion (vibrations) sur le nouveau pont, construit dans la proximité

- ▶ Le niveau de bruit d'une détonation « multiple » utilisée pour essayer de faire « exploser » la structure du pont en nombre suffisant pour éviter des percements ou des bris de la glace formée dans le canal de la Voie maritime
- ▶ Nombre de projectiles potentiellement élevé et les risques de dommages et de contaminations associées

L'ensemble des problèmes soulevés et les bénéfices relatifs à démolition par explosion qui serait de toute façon limitée aux travées d'acier, nous ont amené à conclure que cette méthode est peu recommandable si on considère le contexte du projet; pour cette raison on s'est limité à une évaluation générale, sans entrer dans des considérations spécifiques liées aux détails et des coûts. Nos réflexions par rapport à l'utilisation d'une telle méthode du point de vue de l'entrepreneur ont été partagées avec les deux (2) experts d'EXCOTECH qui étaient d'accord avec nos conclusions.

1.2.5 Recommandations

L'âge avancé du Pont Champlain et le niveau de détérioration qu'il a atteint, obligent aujourd'hui la Société d'investir des sommes de plus en plus importantes pour préserver l'intégrité du pont et maintenir le niveau de sécurité requis. Ces investissements restent, cependant, sans influence sur la capacité sismique du pont, inférieure par rapport aux exigences du code de ponts en vigueur, ou sur la performance du tablier des travées en béton, lequel restera « non réparable » à tout jamais en raison de son concept.

Les travaux d'entretien seront de plus en plus étendus et complexes et ils nécessiteront des fermetures des voies plus longues; l'impact de ce genre de travaux sur les usagers se fait sentir déjà aujourd'hui. Il faut penser que les coûts d'entretien au delà de la période de dix (10) ans considérés dans le rapport, vont continuer à croître de façon exponentielle.

Ce contexte nous incite à conclure que le pont est rendu à la fin de sa vie utile et que le pont ne pourrait pas être réutilisé pour d'autres fins à long terme sans faire des travaux de réhabilitation majeurs pour parer aux défauts mentionnés plus haut. Considérant la problématique du tablier, soit l'intégration des semelles des poutres dans le tablier du pont, ainsi que la qualité des piles, ces travaux signifieraient à toutes fins pratiques une reconstruction complète d'ensemble des travées en béton incluant les piles; une telle perspective à elle seule, semble être une condition suffisante pour qu'on puisse considérer que la structure du pont actuel a atteint les limites de sa vie utile.

La démolition du pont, selon notre opinion, devrait se faire avec une méthode systématique de démantèlement successif; cette méthode, à l'opposé d'une démolition par explosion, permettrait d'assurer que l'impact des travaux de démolition sur l'environnement demeure limité

