



pour

Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée



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

**ESTACADE DU PONT CHAMPLAIN
 Services de Consultant**

**Inspections sous-marines
 (2013)**

RAPPORT D'INSPECTION

ESTACADE DU PONT CHAMPLAIN : PILES 17 & 18

RAPPORT FINAL

V. Réf. : 61663
 N. Réf. : 13-12043-I-ES

Novembre 2016

Préparé par :

SPG HYDRO INTERNATIONAL INC.

Consultant en travaux sous-marins
 Ingénierie, expertise, environnement, construction, photogrammétrie numérique
 2161 Léonard-de Vinci,
 Sainte-Julie (Québec)
 J3E 1Z3
 (450) 922-3515, télécopieur: (450) 922-3510
info@spghydro.com www.spghydro.com



Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée



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

Canada

ESTACADE DU PONT CHAMPLAIN Services de Consultant

Inspections sous-marines
(2013)

RAPPORT D'INSPECTION

ESTACADE DU PONT CHAMPLAIN : PILES 17 & 18

RAPPORT FINAL

V. Réf. : 61663
N. Réf. : 13-12043-I-ES

Préparé par :

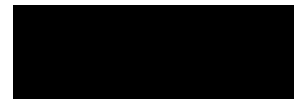


À Sainte-Julie,
le 10 / 05 / 2016

Vérifié et approuvé par :

Bruno Larose, ing.

OIQ : 137032



À Brossard,
le 17./11./2014

TABLE DES MATIÈRES

1. AVANT-PROPOS	9
2. SOMMAIRE DES INSPECTIONS ET RECOMMANDATIONS	10
2.1. SOMMAIRE EXECUTIF.....	10
2.1.1. <i>État général des structures inspectées</i>	<i>10</i>
2.2. OBJECTIFS DE L'INSPECTION	11
2.3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	14
2.3.1. <i>Estacade du Pont Champlain (ES).....</i>	<i>14</i>
2.4. PORTEE DES INSPECTIONS ET METHODES UTILISEES	16
2.4.1. <i>Type et étendue des inspections réalisées.....</i>	<i>16</i>
2.4.1.1. Inspection.....	16
2.4.1.2. Essais	17
2.4.1.3. Observations	17
2.4.1.4. Prises de vues photographiques.....	17
2.4.1.5. Enregistrements audio et vidéo	18
2.4.2. <i>Références.....</i>	<i>18</i>
2.4.3. <i>Dates et conditions d'intervention.....</i>	<i>19</i>
2.4.4. <i>Personnel affecté</i>	<i>20</i>
2.4.5. <i>Ensemble des équipements mobilisés.....</i>	<i>20</i>
2.4.6. <i>Normes et système utilisés pour l'inspection et la cotation des éléments</i>	<i>21</i>
2.4.7. <i>Terminologie</i>	<i>21</i>
2.4.8. <i>Abréviations et symboles utilisés.....</i>	<i>22</i>
2.5. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS	24
2.5.1. <i>État physique général et principales observations</i>	<i>24</i>
2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS.....	24
2.5.1.2. PILE 17	26
2.5.1.3. PILE 18	31
2.5.2. <i>Recommandations.....</i>	<i>38</i>
3. NOTES D'INSPECTION ET ANNEXES ASSOCIEES.....	41

RAPPORT FINAL

3.1.	COURS D'EAU	41
3.2.	NOTES D'INSPECTION	42
3.3.	FICHES D'INSPECTION STANDARDISÉES	52
4.	PHOTOGRAPHIES	57
4.1.	PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS	57
4.2.	PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES	99
5.	RAPPORT DE CAROTTAGE.....	104

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 :	DIMENSIONS DE LA FONDATION DE LA PILE DE L'ESTACADE INSPECTÉE SELON LES PLANS DE CONSTRUCTION.....	15
TABLEAU 2 :	DATES ET CONDITIONS D'INTERVENTION.	19
TABLEAU 3 :	TAUX LINÉAIRE DE FISSURE ET LONGUEUR TOTALE DE FISSURE DES JOINTS DE SOUDURE VERTICAUX VISIBLES SUR LES PILES DE L'ESTACADE.....	24
TABLEAU 4 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 17.....	26
TABLEAU 5 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 17.....	28
TABLEAU 6 :	SUPERFICIE DE CHAQUE TYPE DE DÉFAUT DE MATÉRIAU ET LONGUEURS DE FISSURATION ÉQUIVALENTES DE LA PILE 17.....	30
TABLEAU 7 :	COTES D'ÉTAT DU MATÉRIAU ET COTE DE COMPORTEMENT DE LA PILE 17.....	30
TABLEAU 8 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 18.....	32
TABLEAU 9 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 18.....	34
TABLEAU 10 :	SUPERFICIE DE CHAQUE TYPE DE DÉFAUT DE MATÉRIAU ET LONGUEURS DE FISSURATION ÉQUIVALENTES DE LA PILE 18.....	36
TABLEAU 11 :	COTES D'ÉTAT DU MATÉRIAU ET COTE DE COMPORTEMENT DE LA PILE 18.....	38
TABLEAU 12 :	RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX.....	39
TABLEAU 13 :	COTE DE COMPORTEMENT POUR LE COURS D'EAU.....	41

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	ES17-01	58
FIGURE 2 :	ES17-02	58
FIGURE 3 :	ES17-03	59
FIGURE 4 :	ES17-04	59
FIGURE 5 :	ES17-05	60
FIGURE 6 :	ES17-06	60
FIGURE 7 :	ES17-07	61
FIGURE 8 :	ES17-08	61
FIGURE 9 :	ES17-09	62
FIGURE 10 :	ES17-10	62
FIGURE 11 :	ES17-11	63
FIGURE 12 :	ES17-12	63
FIGURE 13 :	ES17-13	64
FIGURE 14 :	ES17-14	64
FIGURE 15 :	ES17-15	65
FIGURE 16 :	ES17-16	65
FIGURE 17 :	ES17-17	66
FIGURE 18 :	ES17-18	66
FIGURE 19 :	ES18-01	67
FIGURE 20 :	ES18-02	67
FIGURE 21 :	ES18-03	68
FIGURE 22 :	ES18-04	68
FIGURE 23 :	ES18-05	69
FIGURE 24 :	ES18-06	69
FIGURE 25 :	ES18-07	70
FIGURE 26 :	ES18-08	70
FIGURE 27 :	ES18-09	71
FIGURE 28 :	ES18-10	71
FIGURE 29 :	ES18-11	72
FIGURE 30 :	ES18-12	72

RAPPORT FINAL

FIGURE 31 :	ES18-13.....	73
FIGURE 32 :	ES18-14.....	73
FIGURE 33 :	ES18-15.....	74
FIGURE 34 :	ES18-16.....	74
FIGURE 35 :	ES18-17.....	75
FIGURE 36 :	ES18-18.....	75
FIGURE 37 :	ES18-19.....	76
FIGURE 38 :	ES18-20.....	76
FIGURE 39 :	ES18-21.....	77
FIGURE 40 :	ES18-22.....	77
FIGURE 41 :	ES18-23.....	78
FIGURE 42 :	ES18-24.....	78
FIGURE 43 :	ES18-25.....	79
FIGURE 44 :	ES18-26.....	79
FIGURE 45 :	ES18-27.....	80
FIGURE 46 :	ES18-28.....	80
FIGURE 47 :	ES18-29.....	81
FIGURE 48 :	ES18-30.....	81
FIGURE 49 :	ES18-31.....	82
FIGURE 50 :	ES18-32.....	82
FIGURE 51 :	ES18-33.....	83
FIGURE 52 :	ES18-34.....	83
FIGURE 53 :	ES18-35.....	84
FIGURE 54 :	ES18-36.....	84
FIGURE 55 :	ES18-37.....	85
FIGURE 56 :	ES18-38.....	85
FIGURE 57 :	ES18-39.....	86
FIGURE 58 :	ES18-40.....	86
FIGURE 59 :	ES18-41.....	87
FIGURE 60 :	ES18-42.....	87
FIGURE 61 :	ES18-43.....	88
FIGURE 62 :	ES18-44.....	88
FIGURE 63 :	ES18-45.....	89
FIGURE 64 :	ES18-46.....	89
FIGURE 65 :	ES18-47.....	90

RAPPORT FINAL

FIGURE 66 :	ES18-48.....	90
FIGURE 67 :	ES18-49.....	91
FIGURE 68 :	ES18-50.....	91
FIGURE 69 :	ES18-51.....	92
FIGURE 70 :	ES18-52.....	92
FIGURE 71 :	ES18-53.....	93
FIGURE 72 :	ES18-54.....	93
FIGURE 73 :	ES18-55.....	94
FIGURE 74 :	ES18-56.....	94
FIGURE 75 :	ES18-57.....	95
FIGURE 76 :	ES18-58.....	95
FIGURE 77 :	ES18-59.....	96
FIGURE 78 :	ES18-60.....	96
FIGURE 79 :	ES18-61.....	97
FIGURE 80 :	ES18-62.....	97
FIGURE 81 :	ES18-63.....	98
FIGURE 82 :	PAROI AMONT / PILE 17 (ES17-AM).....	100
FIGURE 83 :	PAROI GAUCHE / PILE 17 (ES17-PG).....	100
FIGURE 84 :	PAROI AVAL / PILE 17 (ES17-AV).....	101
FIGURE 85 :	PAROI DROITE / PILE 17 (ES17-PD).....	101
FIGURE 86 :	PAROI AMONT / PILE 18 (ES18-AM).....	102
FIGURE 87 :	PAROI GAUCHE / PILE 18 (ES18-PG).....	102
FIGURE 88 :	PAROI AVAL / PILE 18 (ES18-AV).....	103
FIGURE 89 :	PAROI DROITE / PILE 18 (ES18-PD).....	103

1. AVANT-PROPOS

Comparaison avec les études antérieures

Il faut considérer les résultats de la présente inspection comme un état actuel détaillé des lieux observés. Les interprétations de l'évolution des défauts seront limitées à des faits marquants et portants sur des défauts ayant des dimensions significatives. La constatation du niveau de fissuration actuel doit être considérée comme l'information la plus pertinente dans ce rapport.

Communication des données numériques

Deux types de DVD-ROM sont fournis en annexe au présent rapport :

- DVD-ROM général avec copie des différents fichiers numériques autres que vidéo (rapport complet au format .PDF, fichiers texte au format .DOC, photos brutes au format .JPG, dessins au format .DWG). Les fichiers seront classés dans le DVD-ROM suivant une arborescence simple et explicite (dossiers texte, photos et dessins = niveau 1, sous-dossiers en fonction des numéros d'identification des éléments inspectés = niveau 2...) permettant d'accéder rapidement aux différentes informations.
- DVDs-ROM audio-vidéo qui contiennent les copies des enregistrements audio-vidéo réalisés lors des inspections sous-marines.

2. SOMMAIRE DES INSPECTIONS ET RECOMMANDATIONS

2.1. SOMMAIRE EXECUTIF

2.1.1. ÉTAT GÉNÉRAL DES STRUCTURES INSPECTÉES

Le rapport d'inspection couvre l'inspection des piles 17 et 18 de l'Estacade du pont Champlain. Les défauts observés, des piles 17 et 18, sont généralement négligeables à l'exception de défauts ponctuels plus importants.

Les principaux défauts des piles inspectées concernent la semelle. Ils sont constitués de différentes fissures du béton, de dislocation et déformation du blindage en acier.

Des fissures de dimensions très importantes (0-60 mm ouv. x 0-850 mm P) sont visibles principalement sur le dessus de la semelle de la pile. Ces fissures représentent une problématique potentielle vue l'absence d'armature. Nous avons recommandé d'effectuer du carottage afin d'établir s'il s'agit de fissure importante ou d'épaufrure dû à l'abrasion causée par l'eau. Ces fissures favorisent le décollement de blocs de béton qui restent accrochés aux parois du blindage en acier. Le rapport de carottage, présenté à la section 5 du rapport, confirme une évolution d'épaufrure. Il confirme également la présence de cornière faisant office de tirant au blindage.

Les joints de soudure verticaux du blindage d'acier des piles sont fracturés sur une forte proportion et l'ouverture est décroissante à partir du dessus de la semelle des piles vers le fond marin. Les ouvertures des joints varient de 30-150 mm ouv. x 5100-6500 mm H. Nous portons à votre attention que le blindage d'acier semble faire office d'armature. Sa discontinuité devrait donc faire l'objet d'une évaluation théorique détaillé.

Peu d'informations sont disponibles sur le concept structural de la semelle de la pile et son renforcement en acier. Il reste donc difficile de prévoir l'évolution future de ces défauts et leur impact réel sur la résistance générale de la pile.

Les relevés bathymétriques effectués à proximité des piles 17 et 18 ont mis en évidence des variations topographiques locales significatives liées aux perturbations de l'écoulement par les fûts des piles et leurs semelles. Toutefois, les variations du niveau de fond constatées ne risquent pas de réduire la stabilité de la fondation car les profondeurs maximales d'érosion du lit du cours d'eau sont toujours inférieures à la profondeur d'implantation de la semelle. Une cote de comportement de 2 a été attribuée au cours d'eau situé à proximité des piles 17 et 18 de l'Estacade du Pont Champlain. Une surveillance de l'affouillement reste à prévoir en raison de la proximité actuelle du niveau du fond marin avec le niveau inférieur amont de la semelle des piles 17 et 18.

2.2. OBJECTIFS DE L'INSPECTION

Au début de l'été 2014, la société Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée a mandaté SPG Hydro International Inc. pour fournir des services de Consultant qui consistent à réaliser une inspection de la zone immergée des piles 17 et 18 (inspection sous-marine), ainsi qu'une inspection de la zone émergée des piles (zone de marnage sur 1.5 m au-dessus du niveau d'eau) a été réalisée.

L'ensemble des services professionnels à fournir dans le cadre de cette inspection consiste à :

- Examiner en détail la surface de la pile afin de vérifier l'existence de fissures, d'éclatements, zones de délaminage, érosions ou de détachement de morceau de béton ;
- Relever toutes les données quantitatives relatives aux défauts constatés (longueur, largeur, profondeur, orientation, surface affectée, localisation exacte) ;
- Réaliser des essais mécaniques à l'aide d'un marteau piqueur afin de déceler le délaminage du béton aux endroits choisis par l'ingénieur ;
- Exécuter un relevé bathymétrique autour de la pile ;

RAPPORT FINAL

-
- Inspecter le fond marin au contact de la pile pour déterminer s'il y a affouillement ou déchaussement de la pile ou si une accumulation de matériaux est présente ;
 - Prendre au moins quatre photos de l'élément inspecté, des photos des dommages étant également requis ;
 - Fournir des enregistrements vidéo et audio des inspections (DVD ROM) ;
 - Produire des fiches d'inspection pour la pile inspectée ;
 - Émettre le rapport d'inspection incluant les photos, croquis et dessins (3 exemplaires papiers + 1 DVD ROM avec copie des fichiers numériques).

La méthodologie d'inspection doit respecter les différents critères énoncés dans le contrat qui lie PJCCI et SPG Hydro International. Ces critères sont présentés dans le chapitre « Portée des inspections et méthodes utilisées » du présent rapport.

Les piles à inspecter, ajouté au programme 2013-2014 sont les suivante :

- Pile 17 de l'Estacade du pont Champlain.
- Pile 18 de l'Estacade du pont Champlain.

2.3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2.3.1. ESTACADE DU PONT CHAMPLAIN (ES)

L'Estacade du pont Champlain comporte 72 piles et deux culées. La forme générale des piles reste semblable, mais des différences de longueurs et de largeurs sont observées d'une pile à l'autre. D'autre part, les piles présentent 4 types de formes qui sont décrit dans la figure ci-dessous.

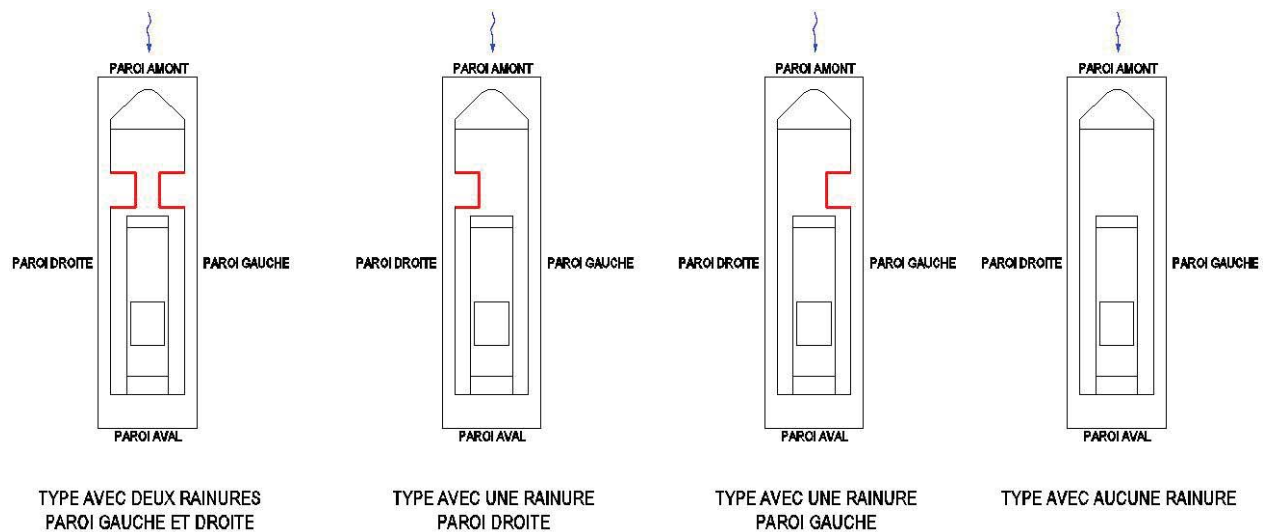


Figure 2 : Orientation des faces des éléments en fonction du sens de l'écoulement.

Dans le cadre de cette inspection, le type de pile observé est celui composé de deux rainures.

Quelques informations dimensionnelles concernant le type de pile inspecté sont fournies à titre informatif dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Dimensions de la fondation de la pile de l'Estacade inspectée selon les plans de construction.

Type de pile	Dimensions
Longueur des semelles	17.37 – 17.68 m
Largeur des semelles	4.88 m
Longueur maximale des fûts	15,08 m
Largeur maximale des fûts	3,66 m

La semelle de la pile est constituée de béton recouvert, par un blindage d'acier aux 4 faces verticales.

Le nez amont du fût de la pile est arrondi et n'est pas protégé par une plaque d'avant-bec en acier.

2.4. PORTEE DES INSPECTIONS ET METHODES UTILISEES

2.4.1. TYPE ET ÉTENDUE DES INSPECTIONS RÉALISÉES

L'inspection sous-marines s'est déroulée à une profondeur d'eau comprise entre 0 et 10m et ce, dans le respect des tables de plongée de la DCIEM¹. L'inspection en surface s'est déroulée à partir du niveau d'eau jusqu'à l'élévation 11.5 mètre au-dessus du niveau d'eau.

2.4.1.1. Inspection

L'inspection détaillée est réalisée par un scaphandrier expérimenté et sous la direction d'un ingénieur. Le scaphandrier réalise dans un premier temps son inspection de l'amont vers l'aval le long de chaque face du fût de la pile. Des allers et retours verticaux sont régulièrement effectués (tous les 2 mètres environ) de manière à couvrir l'ensemble de la surface à inspecter. Ensuite, la semelle est inspectée au niveau de sa face supérieure, de ses faces verticales et de son contact avec le fond marin. Ces observations sont généralement réalisées de l'aval vers l'amont, sauf conditions particulières défavorables (courant de retour provoquant une réduction de la visibilité).

Les défauts du béton (fissures, éclatements, écaillages, désagréments, délaminages, érosions...), et les défauts de l'acier (corrosions, fissures, déformations, joints de soudure fissurés...) ont été recherchés sur la surface du fût et de la fondation (semelle), dans une zone d'inspection qui s'étend à partir de l'élévation 11.5 mètres au-dessus du niveau d'eau jusqu'au contact du fond marin.

Toutes les données quantitatives relatives à ces défauts ont été relevées (longueur, largeur, profondeur, orientation, surface affectée, localisation exacte).

¹ Defence and Civil Institute of Environmental Medicine (Table de plongée développé par l'armée Canadienne). Cette table est obligatoire selon les règlements de la CSST pour des travaux de plongée.

2.4.1.2. Essais

Des essais mécaniques et acoustiques à l'aide d'un marteau de géologue ont été mis en œuvre afin de déceler des défauts de délaminage du béton. L'essai mécanique se veut un indice qualitatif permettant d'apprécier la qualité du béton en surface (friabilité). L'essai acoustique consiste à déterminer l'étendue d'une zone de délaminage du béton ou du mauvais contact d'une pièce attachée.

Des essais mécaniques au marteau piqueur, compresseur thermique 100 lb, durée 3-5 sec / essai) ont également été utilisés dans des zones où le test du marteau de géologue pouvait ne pas être suffisant pour déceler des défauts de délaminage. Un nombre moyen de 3 à 4 essais par pile ont été réalisés. Lorsque le plongeur avait un doute sur l'état du béton, il consultait l'ingénieur qui déterminait si un essai était nécessaire à partir du visuel qu'il avait de la caméra du casque du plongeur.

2.4.1.3. Observations

Observations du fond marin

Le fond marin du fleuve au contact avec les semelles de la pile a été examiné pour déterminer :

- s'il y a affouillement ou déchaussement de la pile ;
- si une accumulation de matériaux est présente.

2.4.1.4. Prises de vues photographiques

Pour chaque face de la pile, des prises de vues photographiques des surfaces de cette structure a été réalisée.

Des prises de vues photographiques sous-marines des dommages ont également été prises. Les dimensions minimales des clichés correspondent à une résolution de 300 dpi pour un affichage de 2 photos par page format 8 ½ x 11".

Les clichés sont identifiés en fonction du nom de la structure inspectée (ES : Estacade), du numéro de pile et du numéro de photo dans la série (ex. : ES17-01).

Ces différents clichés sont présentés dans le chapitre 4 Photographies.

2.4.1.5. Enregistrements audio et vidéo

Des enregistrements audio-vidéo ont été réalisés au cours de l'inspection sous-marines de la structure. A l'aide d'un logiciel spécialisé, la date, le site et le numéro d'élément est inscrit sur l'image vidéo.

1 DVD a été produit (DVD 2 / 13-12043-I-CH-ES) à partir des enregistrements de l'inspection de la pile prévue par le mandat.

Chaque inspection de pile fait l'objet d'un chapitre particulier directement accessible à partir du DVD.

2.4.2. RÉFÉRENCES

Les élévations indiquées aux fiches d'inspection standardisées correspondent aux valeurs montrées aux plans de construction que nous avons converties en référence au système IGLD 85 (International Great Lakes Datum de 1985).

2.4.3. DATES ET CONDITIONS D'INTERVENTION

Les interventions ont été réalisées aux dates suivantes :

Tableau 2 : Dates et conditions d'intervention.

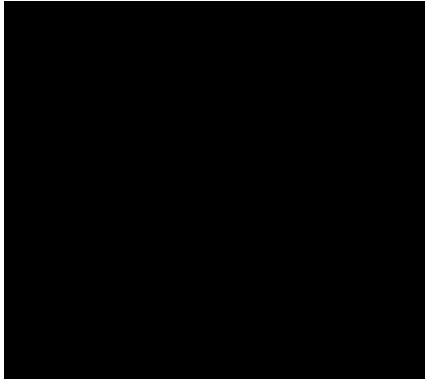
Date	Travaux	Élément	Conditions en immersion		Élévation du niveau d'eau IGLD85 (m)
			T (°C)	Visibilité (m)	
2014/07/24	Inspection détaillé ssm et de la zone émergée	Pile 17	26	1 - 4	+10.12 m
2014/08/18	Inspection détaillé ssm et de la zone émergée	Pile 18	25	1 - 4	+10.03 m

Note : ssm. = sous-marine.

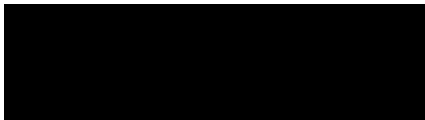
Les niveaux d'eaux de chaque jour ont été mesurés par rapport à des points situés sur les chasses-roues aval de l'estacade.

Dans l'ensemble, les conditions de visibilité en immersion étaient bonnes et les observations ont pu se réaliser.

2.4.4. PERSONNEL AFFECTÉ



- Bruno Larose



Chargé de projet
Chef de plongée, Technicien-scapandrier, formation inspection des structures (MTQ 2010)
Technicien-scapandrier
Technicien-scapandrier
Responsable de l'inspection, technicienne DAO, formation inspection des structures (MTQ 2012)
Chef d'équipe d'inspection,
Ingénieur pou [REDACTED] (OIQ : 137032)
Ingénieur [REDACTED]
Surveillance des travaux d'inspections

2.4.5. ENSEMBLE DES ÉQUIPEMENTS MOBILISÉS

Les équipements suivants ont été mobilisés pour ce mandat :

- équipements de plongée de semelle avec systèmes de communication bidirectionnels, systèmes d'alimentation en air, etc. ;
- profondimètre électronique, règles, rubans à mesurer, niveaux, etc. ;
- marteau de géologue ;
- marteau piqueur ;
- compresseur thermique 100 lb;
- système audio et vidéo couleur sous-marin avec écran en surface ;
- 1 embarcation motorisée : Espadon 180 de 8' x 18' ou Zodiac ;
- Barge de travail ;
- groupe électrogène,

Tous les équipements et méthodes d'intervention sont conformes aux normes et règlements de sécurité en vigueur au Québec (CSST S-2.1, r.6 chap. 3.17 2006 et ACNOR CAN/CSA-Z275.2-04, CAN3-Z180-1-00, CAN/CSA-Z275.4-02, CAN/CSA-Z275.3-m86 (C2004) nov. 2004).

2.4.6. NORMES ET SYSTÈME UTILISÉS POUR L'INSPECTION ET LA COTATION DES ÉLÉMENTS

Le système de cotation employé dans le cadre de ce rapport se réfère, autant que possible, aux directives du "Manuel d'inspection des structures", édité en Janvier 2012 (incluant la mise à jour 2014-01) par le Ministère des Transports du Gouvernement du Québec.

À la demande de la société Les ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée, SPG Hydro International Inc. a considéré la semelle, ceinturée d'un blindage d'acier, comme étant l'élément de fondation et évalué en cote d'état du matériau (CEM) ainsi qu'en cote d'état du comportement (CEC). Pour le calcul du pourcentage de la cote d'état du matériau (CEM), la totalité de la surface, de béton et d'acier, a été considérée pour chaque élément inspecté (fût et fondation). Le résultat du pourcentage de la cote d'état du matériau (CEM) de chaque fût inspecté, considère uniquement les défauts qui ont une cote de B, C ou D dans la zone d'inspection.

2.4.7. TERMINOLOGIE

Dans le texte qui suit, nous avons conservé les conventions établies lors des inspections précédentes quant à l'identification et au système d'orientation.

L'orientation générale de l'ouvrage est Est-Ouest (Est vers Brossard et Ouest vers Montréal). Donc, la paroi gauche des piles 17 et 18 est vers l'Ouest et la paroi droite des piles 17 et 18 est vers l'Est. Se référer à la figure qui suit.

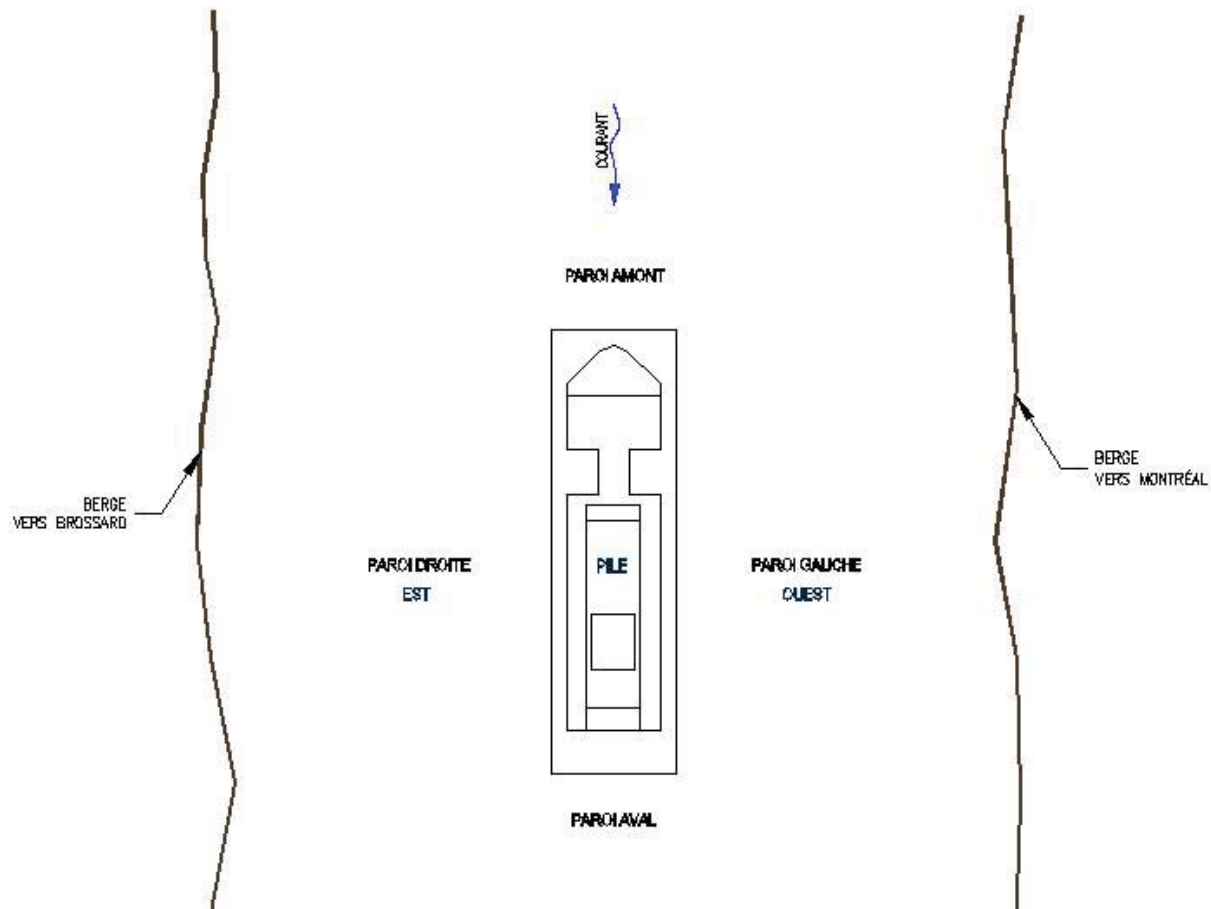


Figure 1 : Convention d'orientation des piles.

2.4.8. ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES UTILISÉS

Afin d'alléger le texte et si applicable, les abréviations et symboles suivants ont été utilisés :

CH. : chaînage

max. : maximum

H : hauteur

ouv. : ouverture

diam. ou Ø : diamètre

m : mètre

RAPPORT FINAL

ml (ou) m. lin. : mètre linéaire

P : profondeur

él. : élévation

mm : millimètre

L : largeur ou longueur

ép. : épaisseur

FM : Fond marin

FA : Fissure aléatoire

FV : Fissure verticale

FH : Fissure horizontale

FO : Fissure oblique

RFP : Réseau de fissures polygonales

RFC : Réseau de fissures croisées

RFA : Réseau de fissures aléatoires

JCH : Joint de construction horizontal

JCV : Joint de construction vertical

NE : niveau d'eau

G : gauche

D : droit(e)

FG : Face gauche

FD : Face droite

AVL : aval

AMT : amont

SEM : semelle

2.5. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS

2.5.1. ÉTAT PHYSIQUE GÉNÉRAL ET PRINCIPALES OBSERVATIONS

2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS

Les défauts sur les piles 17 et 18 de l'Estacade du Pont Champlain sont principalement localisés dans la partie supérieure de la semelle de chaque pile. Ils concernent le blindage en acier et le béton de remplissage de ces semelles.

Les piles 17 & 18 sur l'Estacade du Pont Champlain présentent des fissures dans les joints de soudures verticaux situés aux coins des semelles de chaque pile. Les taux linéaires de fissures sont élevés et varient entre 77.7% et 100 % des longueurs visibles des joints, ce qui correspond à des longueurs de joints fracturés comprises entre 17.8 et 22.4 m lin. par pile (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 3 : Taux linéaire de fissure et longueur totale de fissure des joints de soudure verticaux visibles sur les piles de l'Estacade.

# Pile	Taux linéaire de fissure (%)	Longueur totale de fissure (m lin.)
17	77.7	17.8
18	100	22.4

Les ouvertures des joints de soudure sont toujours plus importantes en partie supérieure et elles diminuent au fur et à mesure que l'on se rapproche du fond. Ces ouvertures varient entre 30 et 150 mm sur une hauteur de 5100 à 6500 mm par joint à l'exception d'un joint de soudure situé au coin paroi droite et aval de la pile 17 qui ne présente pas de fissure sur toute sa hauteur.

Ces ouvertures de joints s'accompagnent de décollements des plaques de blindage en acier par rapport à la paroi de béton de la semelle.

En ce qui concerne la partie béton de la semelle de la pile, on rencontre un schéma type de fissuration sur chaque semelle inspectée. En effet, sur le dessus des semelles des piles, on retrouve systématiquement des fissures d'ouverture importante (0,8 à 3 mm ouv.) à très importante (plus de 3 mm ouv.).

Ces fissures se développent ;

- De chaque grand côté de la semelle (côté droite et gauche) en suivant la zone de contact du fût avec la semelle de la pile ou de la semelle de la pile avec le blindage d'acier ;
- Dans des réseaux plus ou moins ramifiés qui relient les coins des semelles des piles aux nez amont ou aux coins aval des fûts.

RAPPORT FINAL

2.5.1.2. PILE 17

Fût

Le détail des défauts de matériaux constatés est présenté dans les tableaux ci-dessous et dans les fiches d'inspection standardisées.

Tableau 4 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 17

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
DES	800	300	10	NEZ AMONT	-0.7	-0.4
DES	2428	1200	30	NEZ AMONT	-0.4	+0.8
DES	2428	400	10 À 20	NEZ AMONT	-0.4	0.0
ER	9070	400	10	FG	-0.4	0.0
DES	2440	400	10 À 20	FD	-0.4	0.0
DES	9070	400	10 À 20	FD	-0.4	0.0

RAPPORT FINAL

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AMONT	-0.4	+0.8
FV	1	2380		NEZ AVAL	-1.0	+1.4
FV	2	3270		NEZ AVAL	-1.9	+1.4
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0	0		NEZ AVAL	-1.9	+1.4
FH	1	300		NEZ AVAL	-1.2	-1.2
FH	1	350		NEZ AVAL	-1.5	-1.5
FV	1	500		FG	-1.3	-0.8
FV	1	1500		FG	-1.8	-0.3
FO	1	900		FG	-1.4	-1.2
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0	0		FG	-0.4	+1.4
FO AVEC EFF	0	1140		FG	-1.9	-0.9
FV	2	600	5	FG	-1.9	-1.3
FV	1	1000		FG	-1.9	-0.9
FV	1	600	100	FG	-1.5	-0.9
FV	1	200		FG	-0.9	-0.7
FV	1	1250		FG	-1.9	-0.6
FV	1	1780		FG	-0.4	+1.4
FO	2	1200		FG	-1.6	-0.8
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0	0		FG	-0.4	+1.4
FV	1	1300		NEZ AMONT	-1.3	0.0
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0	0		FD	-0.4	+1.4
FV	1	500	10	FD	-1.2	-0.7
FV	1	750		FD	-1.1	-0.4
FV	1	450		FD	-1.2	-0.7
FO	3	1000		FD	-1.6	-1.0
FO	1	600		FD	-1.7	-1.3
FV	1	400	1	FD	-0.9	-0.5
FV	1	1500		FD	-1.9	-0.4
FV	1	1000		FD	-0.9	+1.0
FV	1	400		FD	-0.9	-0.5
FV	1	400		FD	-1.1	-0.7
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			FD	0.0	+1.4

- Corrosion moyenne de la rainure d'acier avec une perte de section inférieure à 10% (B) (25 à 100% de la surface) sur la paroi droite et gauche ;

RAPPORT FINAL

- Une déformation (600 mm L x 150 mm H x 20 mm P), située du côté de la paroi gauche du fût, a été observée sur la face amont de la rainure d'acier. Ce défaut est situé à plus ou moins 1200 mm sous le niveau d'eau du jour.

Semelle

Le détail des défauts de matériaux constatés est présenté dans les tableaux ci-dessous et dans les fiches d'inspection standardisées.

Tableau 5 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 17

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
F AVEC EFF	2	1200	5	TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	2 À 10	10500	10 À 30	TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	1	400		TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	0.5	1700		TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	5 À 10	7900	20	TOP SEM	-1.9	-1.9
F	3	500		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	1	500		TOP SEM	-1.9	-1.9
RÉSEAU DE FA AVEC EFF	0			TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	0	180		TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.9	-1.9
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	4	350		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	2	1200		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	10	1200		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	10	2200		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	0	500		TOP SEM	-1.9	-1.9
F	0	500		TOP SEM	-1.9	-1.9

- Blindage d'acier légèrement déformé (± 100 mm L x ± 150 mm H x ± 30 mm P) sur le dessus de la semelle au contact du coin de la paroi amont et droite.
- Une accumulation de débris de construction (100 mm H) a été observée sur le dessus de la semelle du côté de la paroi aval de la pile ;

RAPPORT FINAL

- 17.8 m lin. de joint de soudure vertical fissuré sur tous les coins du blindage en acier sauf le coin de la paroi droite et aval;
- Corrosion moyenne généralisée du blindage d'acier avec une perte de section inférieure à 10% (B) (100% de la surface).

Fond Marin

- Pierres 50 à 500 mm Ø le long de la paroi amont de la semelle ;
- Pierres 50 à 500 mm Ø le long de la paroi gauche de la semelle ;
- Pierres 100 à 300 mm Ø le long de la paroi aval de la semelle ;
- Pierres 50 à 500 mm Ø le long de la paroi droite de la semelle.

Relevés bathymétriques

- Le dessus de la semelle est toujours plus haut que le niveau du fond marin ;
- Les faces verticales de la semelle sont dégagées de manière plus ou moins égale sur tous les côtés ;
- La hauteur maximale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 8,4 m de haut (coin amont droit). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 1,7 m ;
- La profondeur minimale observée au niveau du contact entre le fond marin et la semelle s'élève à -7,0 m de profondeur (coin aval gauche et droit) qui correspond à une élévation de 3,1 m ;

RAPPORT FINAL

- La hauteur minimale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 7,0 m de haut (coin aval droit). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 3,1 m ;

Tableau 6 : Superficie de chaque type de défaut de matériau et longueurs de fissuration équivalentes de la pile 17

Pile 17	FÛT				SEMELLE			
	État du matériau				État du matériau			
Totaux	A (m ²)	B (m ²)	C (m ²)	D (m ²)	A (m ²)	B (m ²)	C (m ²)	D (m ²)
Général	412.54	65.40	22.19	0.00	20.00	255.82	0.83	5.66
1- ER / DES	3.87	8.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2- DEL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3- ECL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4- COR. Arm.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5- COR. Acier	0.00	17.63	0.00	0.00	0.00	252.71	0.00	0.00
6- Fissuration	0.00	39.28	22.19	0.00	0.00	3.11	0.83	5.66

Tableau 7 : Cotes d'état du matériau et cote de comportement de la pile 17

RAPPORT FINAL

Élément	État du matériau (A, B, C et D) Matériau				Comportement (1, 2, 3 et 4) CEC
	A	B	C	D	
Fût, Pile 17	82 %	13 %	5 %	0 %	4
Commentaires :	Désagrégation du béton 25 à 50 mm (8.49 m ² - 2% en B) Fissures de 0.8 à 3 mm (88.7 m lin. - 5% en C) Fissures inférieures à 0.8 mm (157.1 m lin. - 8% en B) Corrosion moyenne de l'acier (17.63 m ² - 3% en B)				
Fondation (superficielle), Pile 17	6 %	91 %	1 %	2 %	4
Commentaires :	Fissures de 0.8 à 3 mm (3.3 m lin. - 1% en C) Fissures inférieures à 0.8 mm (12.4 m lin. - 1% en B) Fissures supérieures à 3 mm (22.7 m lin. - 2% en D) Corrosion moyenne de l'acier (252.71 m ² - 90% en B)				

2.5.1.3. PILE 18

Fût

RAPPORT FINAL

Le détail des défauts de matériaux constatés est présenté dans les tableaux ci-dessous et dans les fiches d'inspection standardisées.

Tableau 8 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 18

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
DES	9070	420	30	FG	-0.2	+0.2
ER	9070	320	5 À 10	FG	-0.3	-0.2
NC	220	220	20	FG	-1.8	-1.6
DES	2440	500	25	FG	-0.5	0,0
DES AVEC ARM. EXPOSÉE	4857	1500	10 À 60	NEZ AMONT	-0,5	+1,0
DES	2440	800 À 1500	10 À 60	FD	-0,5	+1,0
ECL	1200	270	30	FD	-1,5	-1,2
ECL	80	110	40	FD	-1,8	-1,7
ZONE DE DES	500	550	30	FD	-0,4	+0,2
NC	720	180	40	NEZ AMONT	-1,8	-1,6
ER	9070	500	10	FD	-0,5	0,0
DES	9070	250	30	FD	0,0	+0,3
ZONE DE DES	3658	1200	70	NEZ AVAL	-0,7	+0,5

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			FG	0.0	+1.5
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			FG	0.0	+1.5

RAPPORT FINAL

FV	1	1470		FG	0,0	+1,5
FV AVEC EFF	0	750		FG	-1,8	-1,1
FV AVEC EFF	0	250		FG	-0,3	-0,6
FV AVEC EFF	0	250		FG	-0,3	-0,6
FV	0	2430		FG	-1,8	-0,3
FV AVEC EFF	0	1250		FG	-1,8	-0,6
FO AVEC EFF	0	420		FG	-0,7	-0,4
FO AVEC EFF	0	180		FG	-1,6	-1,5
FO AVEC EFF	0	180		FG	-1,2	-1,1
FO AVEC EFF	0	450		FG	-0,9	-0,6
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			FG	-1,2	0,0
FV AVEC EFF	0	1500		FG	-1,8	-0,3
FV AVEC EFF	0	1500		FG	-1,8	-0,3
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0	2770		FD	-1,3	+1,5
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AMONT	+1,0	+1,5
FO AVEC EFF	3	1000		FD	-1,6	-0,9
FV	3	580		FD	-1,8	-1,2
FH AVEC EFF	0	2500		FD	-0,8	-0,8
FV AVEC EFF	0	1800		FD	-1,8	0,0
FV AVEC EFF	0	2000		FD	-1,8	+0,2
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			FD	0,0	+1,0
FV	2	1470		FD	0,0	+1,5
RÉSEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AVAL	-1,8	+1,5
FH AVEC EFF	0.5	3658		NEZ AVAL	-0,8	-0,8

- Corrosion moyenne de la rainure d'acier avec une perte de section inférieure à 10% (B) (15 à 100% de la surface) sur la paroi droite et gauche ;

Semelle

RAPPORT FINAL

Le détail des défauts de matériaux constatés est présenté dans les tableaux ci-dessous et dans les fiches d'inspection standardisées.

Tableau 9 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 18

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
ECL	350	350	90	TOP SEM	-1,8	-1,8
ECL	150	180	450	TOP SEM	-1,8	-1,8

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
F	5	460	50	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	2 À 8	2500		TOP SEM	-1,8	-1,8

RAPPORT FINAL

F	20 À 30	2400	60	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	360		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	700	200	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	500	100	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	1000		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	900	30	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	60	2200	200	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	2	200		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	1050	30	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	2 À 20	2620	40	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5 À 20	8455	2 À 200	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	280		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	330	200	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	1	400		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5 À 20	2000	60	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	1900	120	TOP SEM	-1,8	-1,8
RÉSEAU DE FA	2			TOP SEM	-1,8	-1,8
F	30 À 40	500	60	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	1495		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	10 À 40	6300	160 À 850	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	1760		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	0.8	320		TOP SEM	-1,8	-1,8
F AVEC EFF	5 À 10	4040		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	20	900	50	TOP SEM	-1,8	-1,8
F	2	400		TOP SEM	-1,8	-1,8
F	5	1500	40	TOP SEM	-1,8	-1,8
F AVEC EFF	0	300		TOP SEM	-1,8	-1,8

- Une zone de béton non coulée à l'origine (500 mm L x 250 mm L x 100 mm P) a été constatée sur le dessus de la semelle du côté de la paroi gauche;
- Une zone de béton non coulée à l'origine (1000 mm L x 1000 mm L x 180 mm P) a été constatée sur le dessus de la semelle du côté de la paroi aval ;
- Une structure d'acier a été observée sur le dessus de la semelle à la base de la rainure de la paroi droite. Sur cette même plaque d'acier une chaîne y est attachée;

RAPPORT FINAL

- Une structure d'acier a été observée sur le dessus de la semelle à la base de la rainure de la paroi gauche;
- 22,4 m lin. de joint de soudure vertical fissuré sur tous les coins du blindage en acier;
- Corrosion moyenne généralisée du blindage d'acier avec une perte de section inférieure à 10% (B) (100% de la surface).

Fond Marin

- Pierres 50-500 mm Ø le long de la paroi amont de la semelle ;
- pierres 50-500 mm Ø le long de la paroi gauche de la semelle ;
- pierres 100-500 mm Ø le long de la paroi aval de la semelle;
- pierres 100-500 mm Ø béton le long de la paroi droite de la semelle.

Relevés bathymétriques

- Le dessus de la semelle est toujours plus haut que le niveau du fond marin ;
- Les faces verticales de la semelle sont dégagées de manière plus importante du côté amont ;
- La hauteur maximale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 7,72 m de haut (coin amont gauche). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 2,3 m ;
- La hauteur minimale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 7,06 m de haut (coin aval droit). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 3,7 m .

Tableau 10 : Superficie de chaque type de défaut de matériau et longueurs de fissuration équivalentes de la pile 18

RAPPORT FINAL

Pile 18	FÛT				SEMELLE			
	État du matériau				État du matériau			
Totaux	A (m ²)	B (m ²)	C (m ²)	D (m ²)	A (m ²)	B (m ²)	C (m ²)	D (m ²)
Général	408.74	75.44	15.95	0.00	16.62	240.54	1.79	11.04
1- ER / DES	7.44	7.58	14.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2- DEL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3- ECL	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
4- COR. Arm.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5- COR. Acier	0.00	17.63	0.00	0.00	0.00	240.38	0.00	0.00
6- Fissuration	0.00	50.24	1.13	0.00	0.00	0.16	1.64	11.04

RAPPORT FINAL

Tableau 11 : Cotes d'état du matériau et cote de comportement de la pile 18

Élément	État du matériau (A, B, C et D) Matériau				Comportement (1, 2, 3 et 4) CEC
	A	B	C	D	
Fût, Pile 18	81 %	15 %	4 %	0 %	4
Commentaires :	Désagrégation du béton 25 à 50 mm (7.58 m ² - 2% en B) Désagrégation du béton 50 à 100 mm (14.49 m ² - 2% en C) Fissures de 0.8 à 3 mm (4.5 m lin. - 1% en C) Fissures inférieures à 0.8 mm (201 m lin. - 10% en B) Éclatements du béton de recouvrement (0.33 m ² - 1% en C) Corrosion moyenne de l'acier (17.63 m ² - 3% en B)				
Fondation (superficielle), Pile 18	6 %	89 %	1 %	4 %	4
Commentaires :	Fissures de 0.8 à 3 mm (6.6 m lin. - 0.5% en C) Fissures supérieures à 3 mm (44.2 m lin. - 4% en D) Éclatement du béton de recouvrement (0.15 m ² - 0.5% en C) Corrosion moyenne de l'acier (240.38 m ² - 89% en B)				

2.5.2. RECOMMANDATIONS

Compte-tenu des observations présentées, plusieurs recommandations sont formulées par ordre de priorité :

1. Réaliser une étude spécifique pour définir le processus de dégradation des semelles, des piles, des conséquences structurales de ces dégradations et des méthodes de réfection adaptées. L'étude devrait comprendre le carottage des fissures afin d'établir un programme de suivi ;
2. Pose d'ancrages horizontaux destinés à bloquer l'évolution du processus de fissuration des semelles des piles et limiter la déformation des plaques de blindage en acier ;

RAPPORT FINAL

3. Injection des fissures importantes (0,8-3 mm ouv.) et très importantes (> 3 mm ouv.) ouvertes sur le dessus des semelles de toutes les piles inspectées;
4. Réparation des zones d'érosion, d'éclatement de niveau C sur les piles 17 et 18;

Les coûts associés à ces recommandations ont été estimés dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Recommandations de travaux

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
1	Tous	Étude spécifique	1	Forfait	1		---
2	Tous	Stabilisation de fondation	2	Pile	2		3035
2	Pile 18 (fondation)	Réparation de semelle	0.15	m ²	2		3034

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
3	Pile 17 (fût)	Répar. fissure unité fond. en bét.	88.7	m lin.	3		3115
3	Pile 18 (fût)	Répar. fissure unité fond. en bét.	4.5	m lin.	3		3115

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
3	Pile 17 (fondation)	Répar. fissure unité fond. en bét.	26	m lin.	3		3115
3	Pile 18 (fondation)	Répar. fissure unité fond. en bét.	50.8	m lin.	3		3115

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
4	Pile 17	Réparation de la pile (resurfaçage)	26.12	m ²	4		3112
4	Pile 18	Réparation de la pile (resurfaçage)	40.02	m ²	4		3112

RAPPORT FINAL

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
5	Pile 17	Nettoyage d'une unité de fondation	1	unité	5		1017
5	Pile 18	Nettoyage d'une unité de fondation	1	unité	5		1017

On notera que les estimations des coûts de réparation ont été effectuées sur la base des coûts unitaires suivants :

- Réparation de fissure : [REDACTED] / m lin.
- Resurfaçage en zone immergée : [REDACTED] / m².

L'estimation 2013 des dépenses associées à la mise en place d'ancrages pour limiter le développement de la fissuration dans les semelles des piles a été définie sur la base de 5 ancrages transversaux par pile et en supposant que la surépaisseur de la semelle ne présentait pas de renforcement d'acier autre que son blindage externe. **L'utilisation d'un déflecteur pour réaliser ces travaux n'est pas incluse dans cette estimation.**

3. NOTES D'INSPECTION ET ANNEXES ASSOCIEES

3.1. COURS D'EAU

Tableau 13 : Cote de comportement pour le cours d'eau

Défaut de comportement observé	Comportement (1, 2, 3 et 4) CEC
Affouillement ou dégradation du lit jusqu'à un niveau inférieure au dessus de la semelle de fondation	2

Les variations topographiques du fond marin n'affectent pas la circulation de l'eau de manière importante et elles se situent au-dessus du niveau inférieur des fondations.

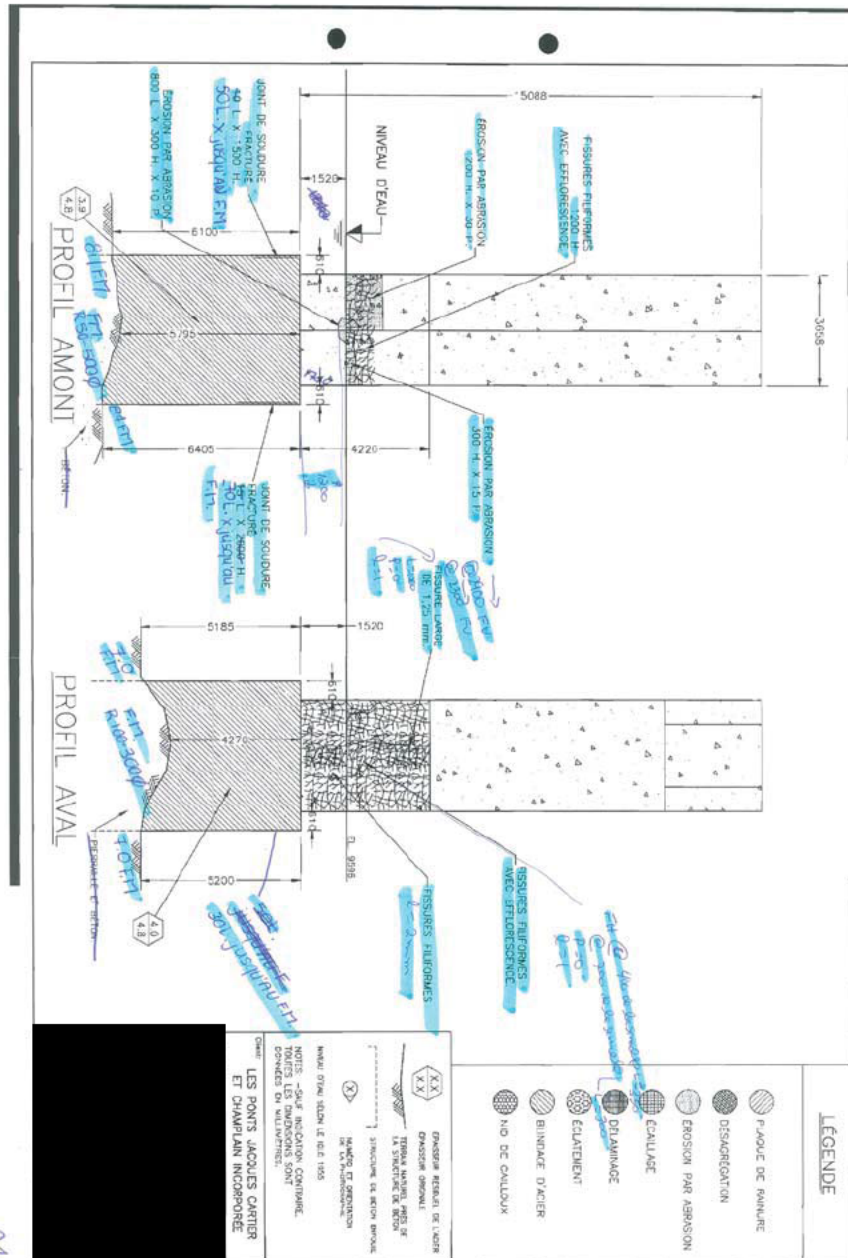
3.2. NOTES D'INSPECTION

Les notes d'inspection correspondent aux feuilles de notes réalisées sur chantier durant l'inspection sous-marine.

La localisation des observations est définie par une mesure verticale relevée par rapport au niveau d'eau et un chaînage (distance horizontale mesurée côté droit D ou gauche G de la structure, par rapport à un point de référence²) ou un intervalle de chaînages.

² Extrémité du nez amont des piles

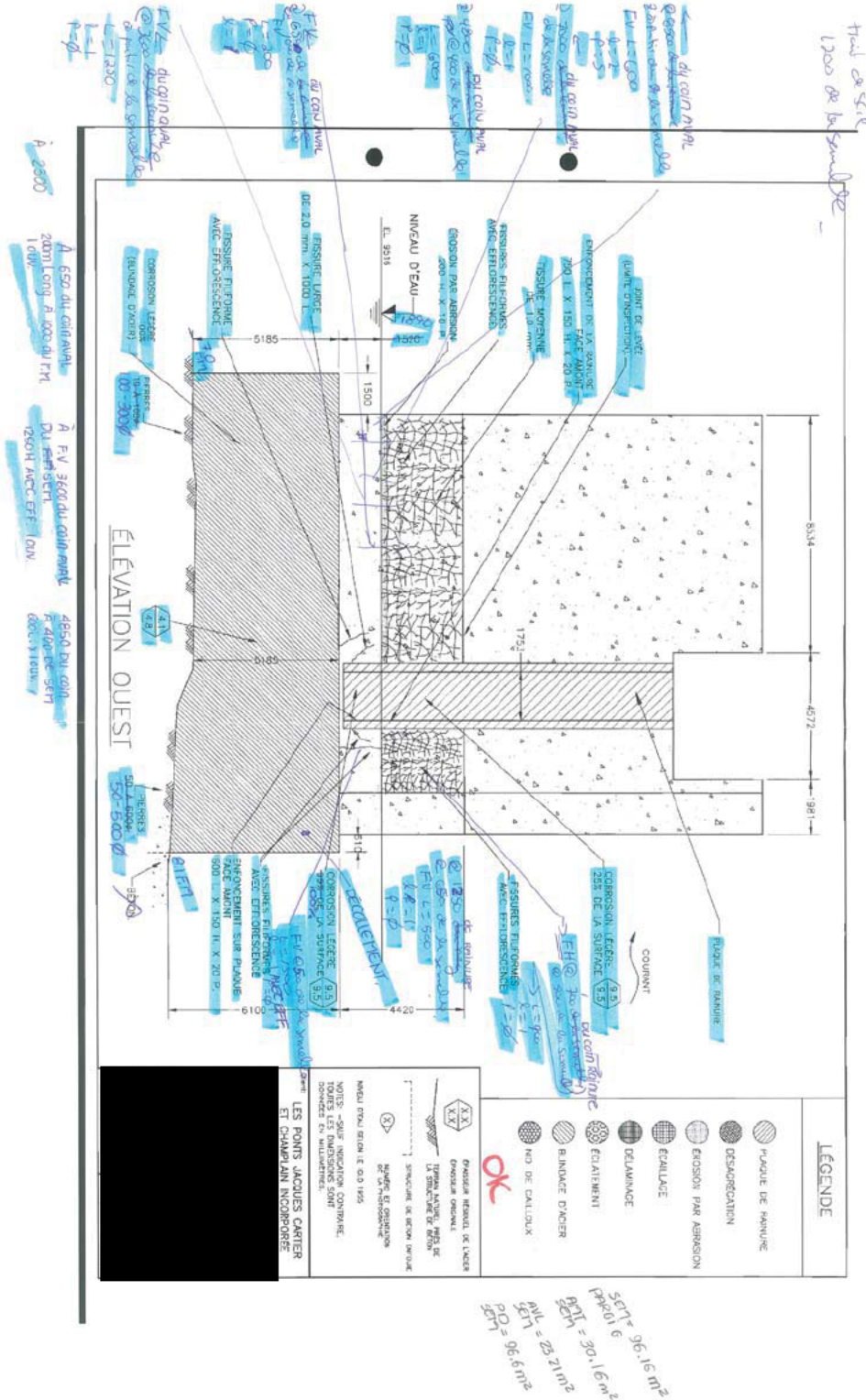
RAPPORT FINAL



04/08/2014

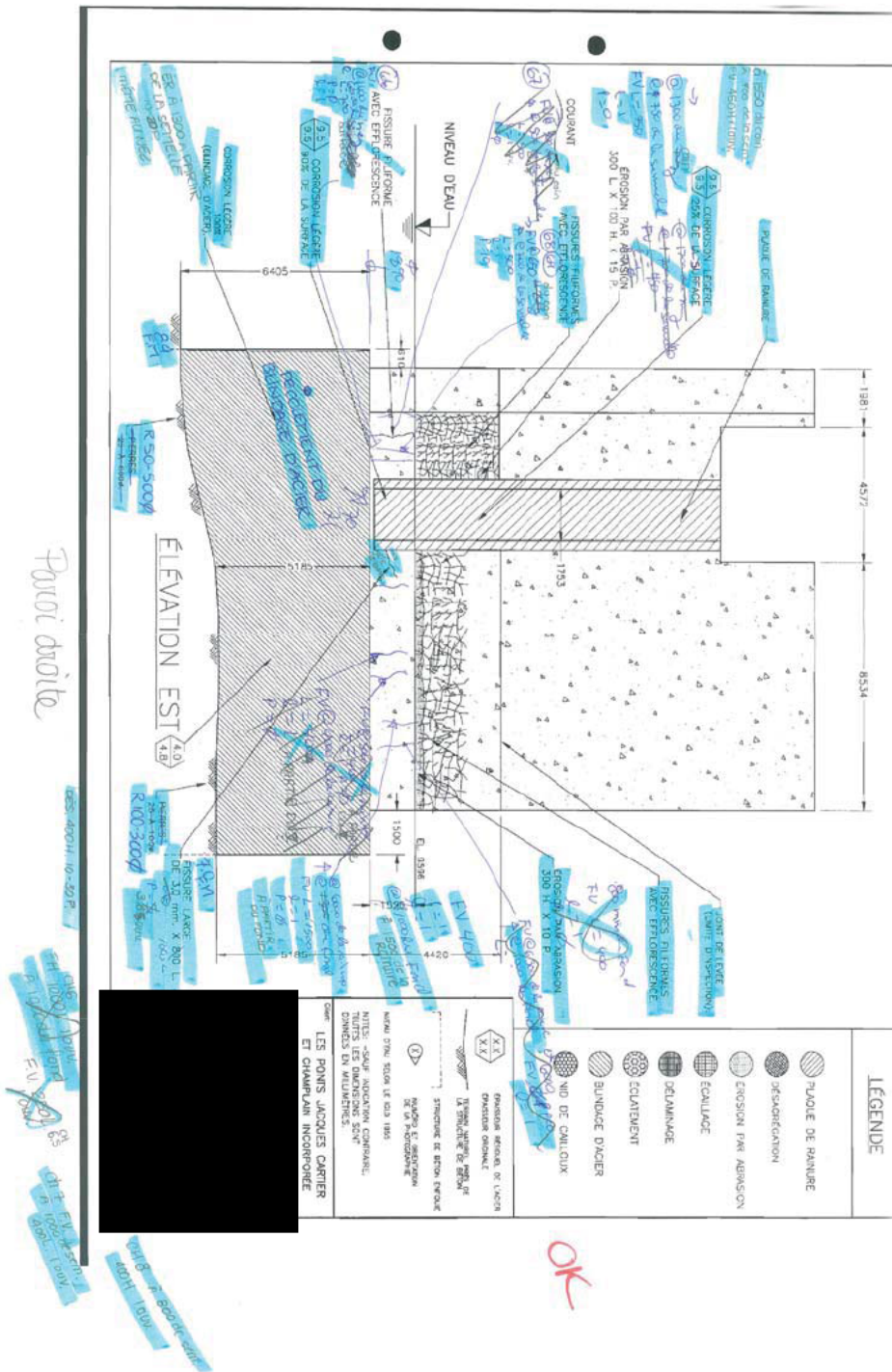
OK

RAPPORT FINAL

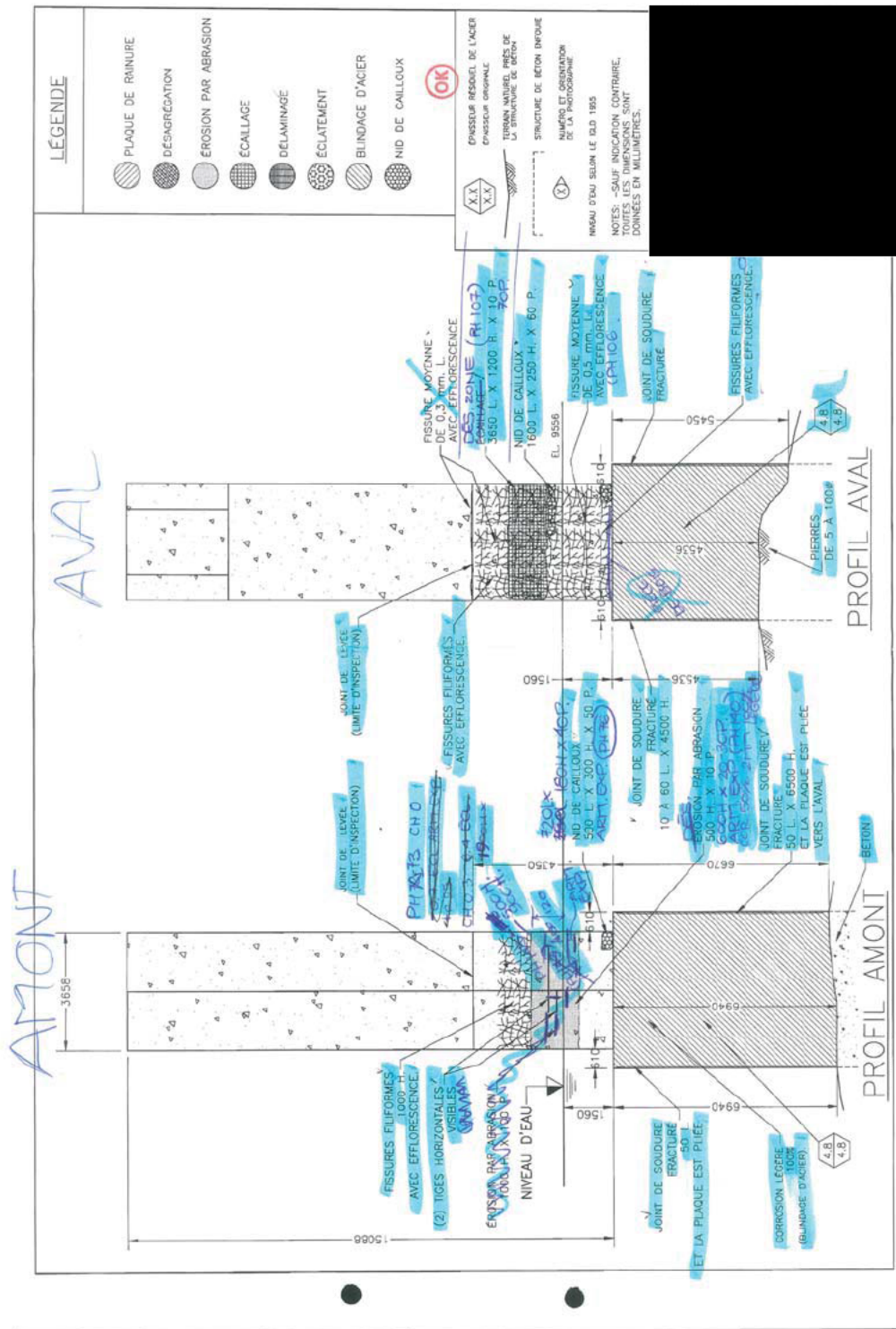


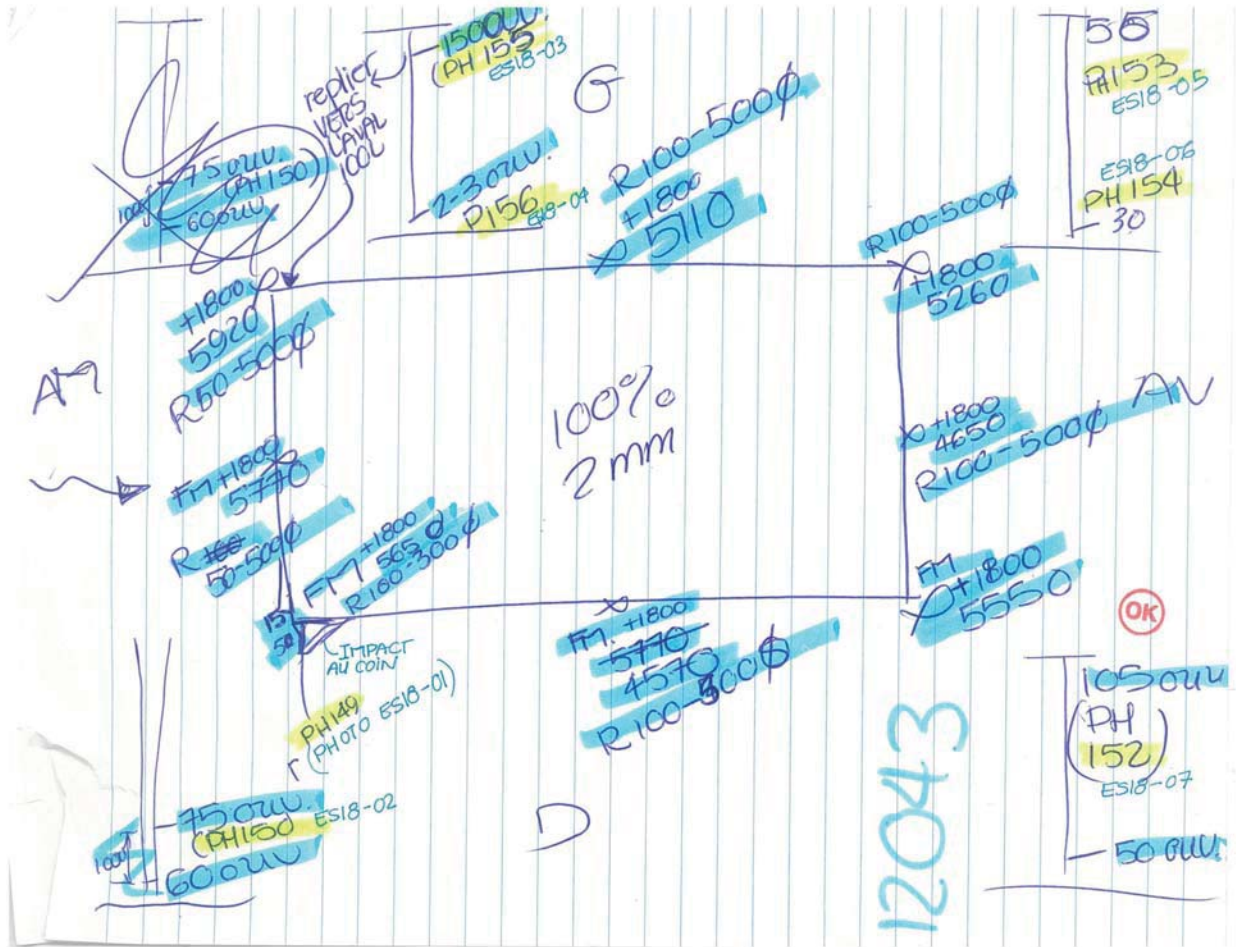
571 = 96.16 m²
 3401.6
 241 = 30.16 m²
 11 = 22.21 m²
 571 = 96.16 m²

RAPPORT FINAL



RAPPORT FINAL





3.3. FICHES D'INSPECTION STANDARDISÉES

4. PHOTOGRAPHIES

4.1. PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS



Figure 1 : ES17-01



Figure 2 : ES17-02



Figure 3 : ES17-03



Figure 4 : ES17-04



Figure 5 : ES17-05



Figure 6 : ES17-06



Figure 7 : ES17-07



Figure 8 : ES17-08



Figure 9 : ES17-09



Figure 10 : ES17-10



Figure 11 : ES17-11



Figure 12 : ES17-12



Figure 13 : ES17-13



Figure 14 : ES17-14



Figure 15 : ES17-15



Figure 16 : ES17-16



Figure 17 : ES17-17



Figure 18 : ES17-18



Figure 19 : ES18-01



Figure 20 : ES18-02

RAPPORT FINAL



Figure 21 : ES18-03



Figure 22 : ES18-04



Figure 23 : ES18-05



Figure 24 : ES18-06



Figure 25 : ES18-07



Figure 26 : ES18-08



Figure 27 : ES18-09



Figure 28 : ES18-10



Figure 29 : ES18-11



Figure 30 : ES18-12



Figure 31 : ES18-13



Figure 32 : ES18-14

RAPPORT FINAL



Figure 33 : ES18-15



Figure 34 : ES18-16

RAPPORT FINAL



Figure 35 : ES18-17



Figure 36 : ES18-18

RAPPORT FINAL



Figure 37 : ES18-19



Figure 38 : ES18-20



Figure 39 : ES18-21



Figure 40 : ES18-22

RAPPORT FINAL



Figure 41 : ES18-23



Figure 42 : ES18-24



Figure 43 : ES18-25



Figure 44 : ES18-26



Figure 45 : ES18-27



Figure 46 : ES18-28



Figure 47 : ES18-29



Figure 48 : ES18-30



Figure 49 : ES18-31



Figure 50 : ES18-32



Figure 51 : ES18-33



Figure 52 : ES18-34

RAPPORT FINAL



Figure 53 : ES18-35



Figure 54 : ES18-36

RAPPORT FINAL



Figure 55 : ES18-37



Figure 56 : ES18-38



Figure 57 : ES18-39



Figure 58 : ES18-40



Figure 59 : ES18-41



Figure 60 : ES18-42

RAPPORT FINAL



Figure 61 : ES18-43



Figure 62 : ES18-44



Figure 63 : ES18-45



Figure 64 : ES18-46

RAPPORT FINAL



Figure 65 : ES18-47



Figure 66 : ES18-48



Figure 67 : ES18-49

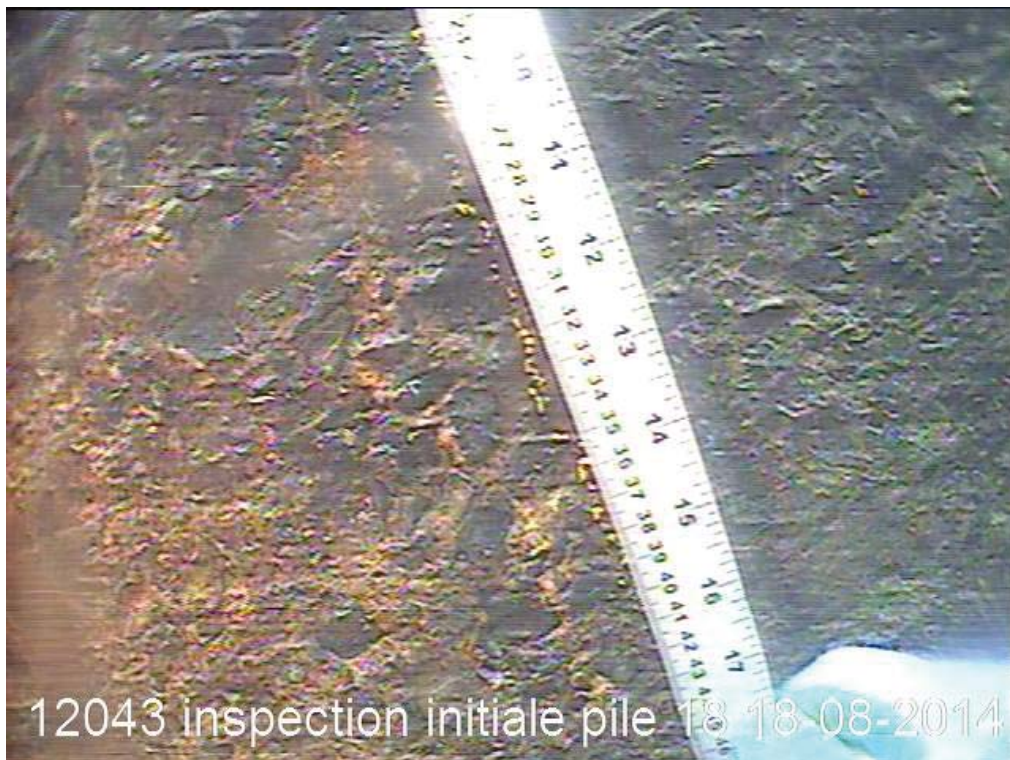


Figure 68 : ES18-50

RAPPORT FINAL



Figure 69 : ES18-51



Figure 70 : ES18-52



Figure 71 : ES18-53



Figure 72 : ES18-54

RAPPORT FINAL



Figure 73 : ES18-55



Figure 74 : ES18-56



Figure 75 : ES18-57



Figure 76 : ES18-58



Figure 77 : ES18-59



Figure 78 : ES18-60

RAPPORT FINAL



Figure 79 : ES18-61



Figure 80 : ES18-62



Figure 81 : ES18-63

4.2. PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES

RAPPORT FINAL



Figure 82 : Paroi amont / Pile 17 (ES17-AM)



Figure 83 : Paroi gauche / Pile 17 (ES17-PG)

RAPPORT FINAL



Figure 84 : Paroi aval / Pile 17 (ES17-AV)



Figure 85 : Paroi droite / Pile 17 (ES17-PD)

RAPPORT FINAL



Figure 86 : Paroi amont / Pile 18 (ES18-AM)



Figure 87 : Paroi gauche / Pile 18 (ES18-PG)

RAPPORT FINAL



Figure 88 : Paroi aval / Pile 18 (ES18-AV)



Figure 89 : Paroi droite / Pile 18 (ES18-PD)

5. RAPPORT DE CAROTTAGE

RAPPORT DE FORAGE DES OUVRAGES EN BÉTON

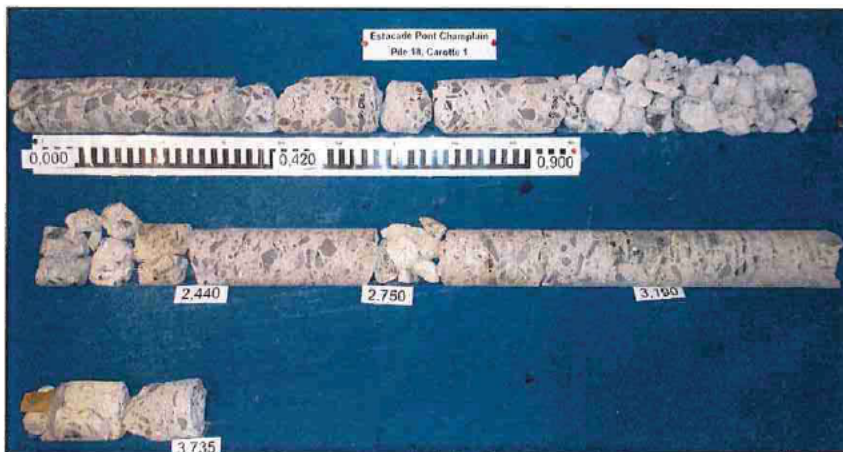
Client : [REDACTED] V/Réf : [REDACTED]
 Entrepreneur : [REDACTED] Dossier n° : 125484
 Projet : Travaux de carottage sur les semelles de l'estacade du pont Champlain Date : 2014-09-10 Page 1/2
 Endroit : Pont Champlain

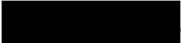

Forage n° : C1 Profondeur : 3,735 m. Numéro de la pile : 18 Diamètre de carotte : 100
 Nombre de boîtes : 3 Direction : Vertical Emplacement : Coté sud Contact béton / rocher : -
 Entreprise de forage : [REDACTED] Date du forage : du 2 au 4-09-2014 Diamètre gros granulat : 40

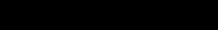
LÉGENDE

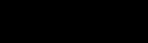
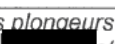
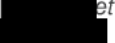






— : Limite de course	[Pattern] : Béton de ciment	Relevé par : [REDACTED] Date : 2014-09-11
- - - : Fracture mécanique	[Pattern] : Coulis d'injection	Vérifié par : [REDACTED] Date : 2014-09-12
[Pattern] : Joint de construction	[Pattern] : Béton dégradé	Observations : Forage réalisé par l'équipe des plongeurs de [REDACTED] avec la présence d'un foreur de forage [REDACTED] et des représentants du laboratoire [REDACTED] et de [REDACTED]. Les trous ont été filmés après les travaux de carottage.
[Pattern] : Fissure avec oxydation	[Pattern] : Béton fracturée	
[Pattern] : Fissure fermée	[Pattern] : Plaque d'acier	





















PROFONDEUR		STRATI- GRAPHIE	RÉCUP. (%)	CAMÉRA	DESCRIPTION VISUELLE DES CAROTTES DE BÉTON OU DE ROC
PIED	MÈTRE				
	0,00				
	0,20	[Red lines]	100		De 0,00 à 3,375 : Béton de ciment avec des gros granulats de type calcaire ayant un diamètre maximal de 40 mm avec présence des fissures ouvertes et des passages dégradés et fissurés :
	0,40				- De 0,000 à 0,360 : fissure verticale ayant une ouverture de 10 à 20 mm et des dépôts d'oxydation sur ses parois.
	0,60				- De 0,200 à 0,250 : fissure ouverte inclinée avec des traces d'oxydation sur ces parois. La fissure arrête au milieu de la carotte.
	0,80				- De 0,900 à 2,240 : béton fragmenté en plusieurs morceaux probablement sous l'effet du carottage ou à cause de la mauvais consolidation du béton.
	1	[Blue pattern]	50		- De 2,700 à 2,770 : couche du coulis d'injection.
	1,20				- Béton fracturé sous l'effet du carottage entre 2,280 et 2,350, entre 2,280 et 2,287 m.
	1,40				- Présence d'une cornière d'acier de 5 mm d'épaisseur à 3,500 m. de profondeur
	1,60				- Présence des fissures fermées inclinées au dessus de la cornière d'acier.
	1,80				- Présence d'une fissure verticale ouverte avec des traces d'altération au dessous de la cornière.
	2				- Aucune traces de réaction alcalis granulats n'a été observée à l'exception des dépôts blanchâtres sur quelques granulats et dans des vides d'air.
	2,20				- Arrêt du forage à 3,735 m de profondeur.
	2,40	[Red line]	100		
	2,60	[Blue pattern]	100		
	2,80	[Blue pattern]	100		
	3		100		
	3,20				
	3,40	[Green lines]	95		
	3,60				
	3,80				
	4	FIN			



Client :		V/Réf :	
Entrepreneur :		Dossier n° :	125484
Projet :	Travaux de carottage sur les semelles de l'estacade du pont Champlain		Date : 2014-09-10 Page 1/2
Endroit :	Pont Champlain		

Forage n° : C2	Profondeur : 3,660 m.	Numéro de la pile : 18	Diamètre de carotte : 100
Nombre de boîtes : 3	Direction : Horizontale	Emplacement : coté sud	Contact béton / rocher : -
Entreprise de forage 		Date du forage : 05 au 10 -09-2014	Diamètre gros granulats : 40

LÉGENDE		Relevé par :	Date : 2014-09-16
—	Limite de course		
- - -	Fracture mécanique	Vérifié par :	Date :
— — —	Joint de construction	Observations : Forage réalisé par l'équipe des plongeurs de  avec la présence d'un foreur de forage  et des représentants du laboratoire 	
— — —	Fissure avec oxydation	Les trous ont été filmés après les travaux de carottage.	
— — —	Fissure fermée		
	Béton de ciment		
	Coulis d'injection		
	Béton dégradé		
	Béton fracturée		
	Plaque d'acier		

PROFONDEUR		STRATI- GRAPHIE	RÉCUP. (%)	CAMÉRA	DESCRIPTION VISUELLE DES CAROTTES DE BÉTON OU DE ROC
PIED	MÈTRE				
	0,00				<p>De 0,00 à 3,660 : Béton de ciment avec des gros granulats de type calcaire ayant un diamètre maximal de 40 mm avec présence des fissures ouvertes et des passages dégradés et fissurés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De 0,000 à 0,100 : fissure verticale fermée et béton mal consolidé - De 0,370 à 0,470 : trou de la carotte C1 vertical intercepté par la crotte C2 horizontale - De 0,420 à 0,470 : fissure ouverte inclinée avec des traces d'oxydation sur ces parois - De 0,920 à 0,925 : fissure ouverte inclinée avec des traces d'oxydation sur ces parois - De 0,970 à 1,360 : béton fragmenté en plusieurs morceaux probablement sous l'effet du carottage ou à cause de la mauvais consolidation du béton. - Béton fracturé sous l'effet du carottage entre 2,241 et 2,700 m. de profondeur. - Aucune traces de réaction alcalis granulats n'a été observée à l'exception des dépôts blanchâtres sur quelques granulats. - Arrêt du forage à 3,660 m de profondeur.
	0,20		100		
	0,40		100		
	0,60				
	0,80		100		
	1				
	1,20		42		
	1,40				
	1,60				
	1,80				
	2		100		
	2,20				
	2,40				
	2,60		100		
	2,80				
	3				
	3,20		98		
	3,40				
	3,60				
	3,80				
	4	FIN			





**RAPPORT DE FORAGE
DES OUVRAGES EN BÉTON**

Client : [REDACTED] V/Réf : _____
 Entrepreneur : [REDACTED] Dossier n° : 125484
 Projet : Travaux de carottage sur les semelles du pont Champlain Date : _____ Page 1/2
 Endroit : Pont Champlain

Forage n° : C-3 Profondeur : _____ Numéro de la pile : 18 Diamètre de carotte : 92
 Nombre de boîtes : _____ Direction : vertical Emplacement : OUVRT Contact béton / rocher : _____
 Entreprise de forage : _____ Date du forage : 9/09/2014 Diamètre gros granulats : _____

LÉGENDE

- : Limite de course
- : Fracture mécanique
- : Joint de construction
- : Fissure avec oxydation
- : Fissure existante sans oxydation
- : Vides de consolidation
- : Ségrégation
- : Dégradation
- : Zone fracturée

Relevé par : [REDACTED] Date : 9/09/2014
 Vérifié par : [REDACTED] Date : _____
 Observations :
 Forage réalisé le 9/09/2014 jusqu'à 0.51m
 le 10/09/2014 jusqu'à 0.68m
 le 11/09/2014 jusqu'à 1.51m
 le 12/09/2014 jusqu'à _____

PROFONDEUR		STRATI- GRAPHIE	RÉCUP. (%)	RDQ (%)	DESCRIPTION VISUELLE DES CAROTTES DE BÉTON OU DE ROC
PIED	MÈTRE				
	0,00				<u>0.00 à 0.51 m</u>
	0,20	47/51 " 92%			0.00 à 0.18 béton avec Fissure oxydée 0.18 à 0.25 zone dégradée : granulats seulement 0.25-0.32 béton avec Fissure oxydée 0.32-0.47 béton avec Fissure oxydée
	0,40				Fracture à 0.32 m présente des signes d'usure mécanique
	0,60		0%		<u>0.51 à 0.68</u> aucune récupération, Fond bien mesuré à 0.68m
	0,80				<u>0.68-1.51m</u> * Course très difficile à ressortir des carottes béton très fracturé lors du retrait (voir photo) zone complètement fracturée mécaniquement de 0.68 à 0.78 et de 1.03 à 1.19m béton probablement probablement gain physique très difficile à casser lors du retrait.
	1		51/83 " 61%		
	1,20				
	1,40				
	1,60				
	1,80		108/109 " 99%		<u>1.51-2.60 m</u> 1.51 à 1.71m béton sain 1 Fracture avec oxydation à 1.61m 2 Fracture mécanique avec beaucoup d'usure mécanique à 1.66 et 1.71m 1.71 à 2.04m béton sain, agrégats bien dispersés Ømax 40 mm 2.04 à 2.13m zone avec plusieurs (3 ou 4) Fractures avec oxydation et plusieurs fractures mécaniques 2.13 à 2.59m béton sain, agrégats bien dispersés Ømax 56 mm présence d'une Fracture oxydée de 2.50m à 2.59m
	2				
	2,20				
	2,40				
	2,60		12/17		
	2,80				<u>2.60-2.77m</u> Béton sain
	3		26/27		2.77 à 2.87 béton fracturé par usure, 2.87 à 3.210 : béton sain 2.100 à 2.518 : béton sain Fissure fermée ↓ 3.210 à 3.340 Année de la carotte à 3.500
	3,20		16/12		
	3,40		1/27 27/27		
	3,60				
	3,80		3,500		
	4				



**RAPPORT DE FORAGE
DES OUVRAGES EN BÉTON**

Client : [REDACTED] V/Réf : _____
 Entrepreneur : [REDACTED] Dossier n° : 125484
 Projet : Travaux de carottage sur les semelles du pont Champlain Date : _____ Page 1/2
 Endroit : Pont Champlain

Forage n° : C4 Profondeur : 1.625 Numéro de la pile : 18 Diamètre de carotte : 100
 Nombre de boîtes : 2 Direction : horizontal Emplacement : 10.75 md Contact béton / rocher : -
 Entreprise de forage : _____ Date du forage : _____ Diamètre gros granulat : 60

LÉGENDE

	Limite de course		Vides de consolidation
	Fracture mécanique		Ségrégation
	Joint de construction		Dégradation
	Fissure avec oxydation		Zone fracturée
	Fissure existante sans oxydation		

Relevé par [REDACTED] Date : _____
 Vérifié par [REDACTED] Date : _____
 Observations : _____

PROFONDEUR		STRATI- GRAPHIE	RÉCUP. (%)	RDQ (%)	DESCRIPTION VISUELLE DES CAROTTES DE BÉTON OU DE ROC
PIED	MÈTRE				
	0,00				<p>de 0 à 0,300 boîtes de sursurveillance Fissure avec oxydation de 0,20/0,30 au de, moyen diam.</p> <p>trous de la carotte C1 plaques d'acier avec une barre d'armature 15 m.</p>
	0,20		95%		
	0,40				
	0,535				
	0,60				
	0,80		80%		
	1,20				
	1,375				
	1,40		60%		
	1,60				
	1,625				
	1,80				
	2				
	2,20				
	2,40				
	2,60				
	2,80				
	3				
	3,20				
	3,40				
	3,60				
	3,80				
	8				