



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 : PILE 13

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 : PILE 13

RAPPORT FINAL

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

Préparé par :



À Sainte-Julie,
Le 04/05/2016

Vérifié et approuvé par :

Bruno Larose, ing.

OIQ : 137032

À Brossard,
le 17/11/2016

TABLE DES MATIÈRES

1. AVANT-PROPOS	6
2. SOMMAIRE DES INSPECTIONS ET RECOMMANDATIONS	7
2.1. SOMMAIRE EXECUTIF	7
2.1.1. <i>État général de la structure inspectée</i>	7
2.2. OBJECTIFS DE L'INSPECTION	8
2.3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	11
2.3.1. <i>Estacade du Pont Champlain (ES)</i>	11
2.4. PORTEE DES INSPECTIONS ET METHODES UTILISEES	13
2.4.1. <i>Type et étendue des inspections réalisées</i>	13
2.4.1.1. Inspection visuelle.....	13
2.4.1.2. Essais.....	14
2.4.1.3. Observations	14
2.4.1.4. Prises de vues photographiques	14
2.4.1.5. Enregistrements audio et vidéo	15
2.4.2. <i>Références</i>	15
2.4.3. <i>Date et conditions d'intervention</i>	16
2.4.4. <i>Personnel affecté</i>	16
2.4.5. <i>Ensemble des équipements mobilisés</i>	17
2.4.6. <i>Normes et système utilisés pour l'inspection et la cotation des éléments</i>	17
2.4.7. <i>Terminologie</i>	18
2.4.8. <i>Abréviations et symboles utilisés</i>	19
2.5. RÉSULTAT DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS.....	20
2.5.1. <i>État physique général et principales observations</i>	20
2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS.....	20
2.5.1.2. PILE 13.....	21
2.5.2. <i>Recommandations</i>	25
3. NOTES D'INSPECTION ET ANNEXES ASSOCIEES	27
3.1. COURS D'EAU	27
3.2. NOTES D'INSPECTION.....	27
3.3. FICHES D'INSPECTION STANDARDISEES	32
4. PHOTOGRAPHIES.....	35
4.1. PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS	35
4.2. PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES.....	40

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 :	DIMENSIONS DE LA FONDATION DE LA PILE DE L'ESTACADE INSPECTÉE SELON LES PLANS DE CONSTRUCTION.....	12
TABLEAU 1 :	DATE ET CONDITIONS D'INTERVENTION.	16
TABLEAU 2 :	TAUX LINÉAIRE DE FISSURE ET LONGUEUR TOTALE DE FISSURE DES JOINTS DE SOUDURE VERTICAUX VISIBLES SUR LA PILE DE L'ESTACADE.....	20
TABLEAU 3 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 13	21
TABLEAU 4 :	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 13	22
TABLEAU 5 :	SUPERFICIE DE CHAQUE TYPE DE DÉFAUT DE MATÉRIAU ET LONGUEURS DE FISSURATION ÉQUIVALENTES DE LA PILE 13.....	24
TABLEAU 6 :	COTES D'ÉTAT DU MATÉRIAU ET COTE DE COMPORTEMENT DE LA PILE 13	25
TABLEAU 7 :	RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX	26
TABLEAU 8 :	COTE DE COMPORTEMENT POUR LE COURS D'EAU.....	27

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	ES13-01	36
FIGURE 2 :	ES13-02	36
FIGURE 3 :	ES13-03	37
FIGURE 4 :	ES13-04	37
FIGURE 5 :	ES13-05	38
FIGURE 6 :	ES13-06	38
FIGURE 7 :	ES13-07	39
FIGURE 8 :	PAROI AMONT / PILE 13 (ES13-AM).....	41
FIGURE 9 :	PAROI GAUCHE / PILE 13 (ES13-PG).....	41
FIGURE 10 :	PAROI AVAL / PILE 13 (ES13-AV)	42
FIGURE 11 :	PAROI DROITE / PILE 13 (ES13-PD)	42

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 DE LA STRUCTURE INSPECTÉE

Le rapport d'inspection couvre l'inspection de la pile 13 de l'Estacade du pont Champlain. Cette pile présente des défauts généralement négligeables à l'exception de défauts ponctuels plus importants.

Les principaux défauts de la pile inspectée 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 (0-25 mm ouv. x 0-200 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 recommandons donc d'effectuer du carottage afin d'établir s'il s'agit de fissure importante, d'éclatement ou d'épaufrure dû à l'abrasion causé par l'eau. Ces fissures favorisent le décollement de masses de béton qui restent accrochés aux parois du blindage en acier.

Les joints de soudure verticaux du blindage d'acier de la pile sont fracturés sur une forte proportion et l'ouverture est décroissante à partir du dessus de la semelle de la pile vers le fond marin. Les ouvertures des joints varient de 30-115 mm ouv. x 3590-5790 mm H. Nous portons à votre attention que le blindage d'acier fait, a notre avis, office d'armature. Sa discontinuité devrait donc faire l'objet d'une évaluation théorique plus complète.

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 de la pile 13 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 de la pile 13 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 de la pile 13.

2.2. OBJECTIFS DE L'INSPECTION

Au début du mois de juillet 2013 (02/07/2013), 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 de la pile (inspection sous-marine), ainsi qu'une inspection de la zone émergée de la pile (zone de marnage sur 1.5 m au-dessus du niveau d'eau) ont été réalisées.

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 ;
- 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 des 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.

La pile à inspecter, ajouté au programme 2013-2014 est la suivante :

- Pile 13 de l'Estacade du pont Champlain.

RAPPORT FINAL

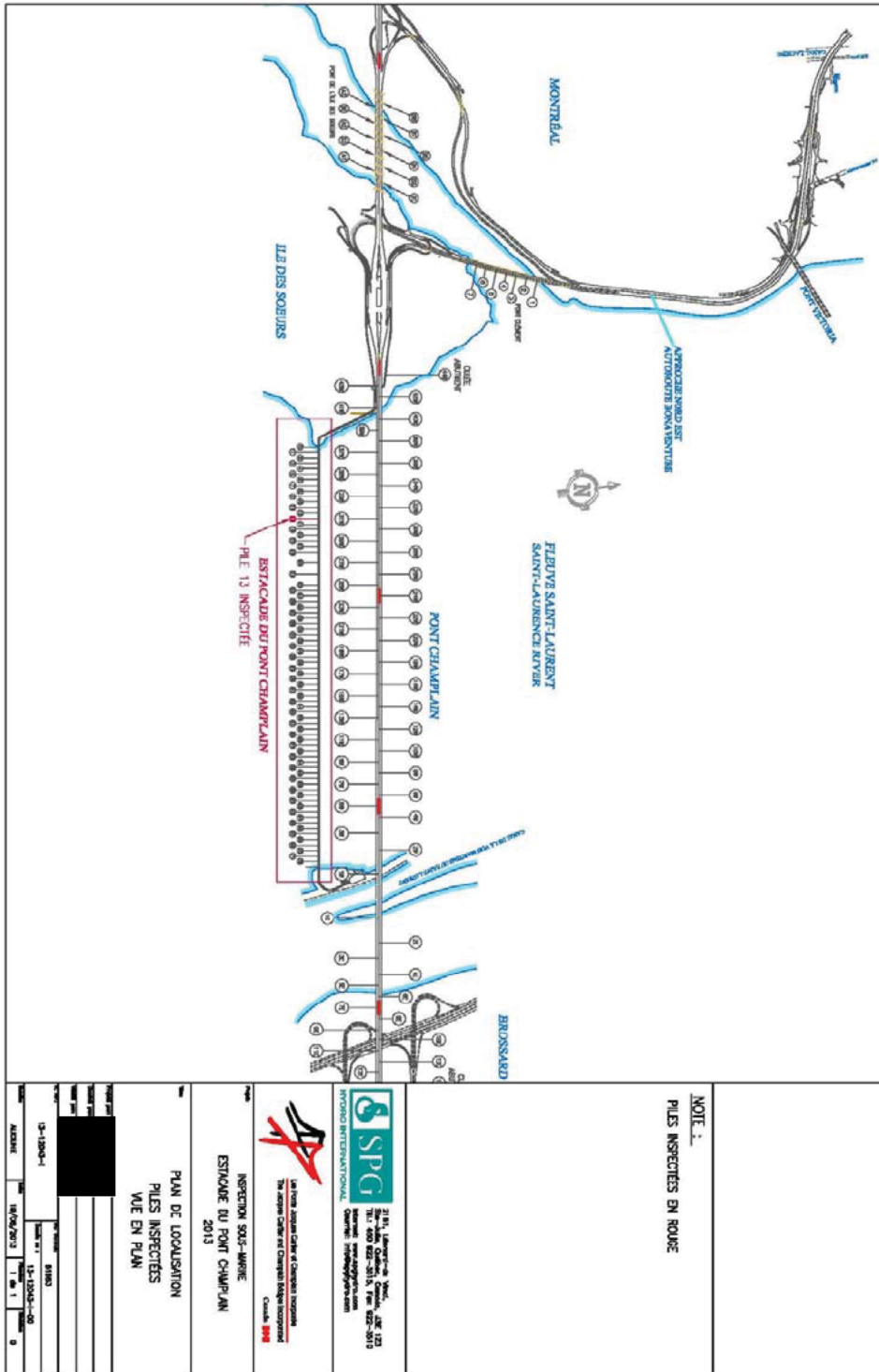


Figure 1 : Plan de localisation de la pile inspectée

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.

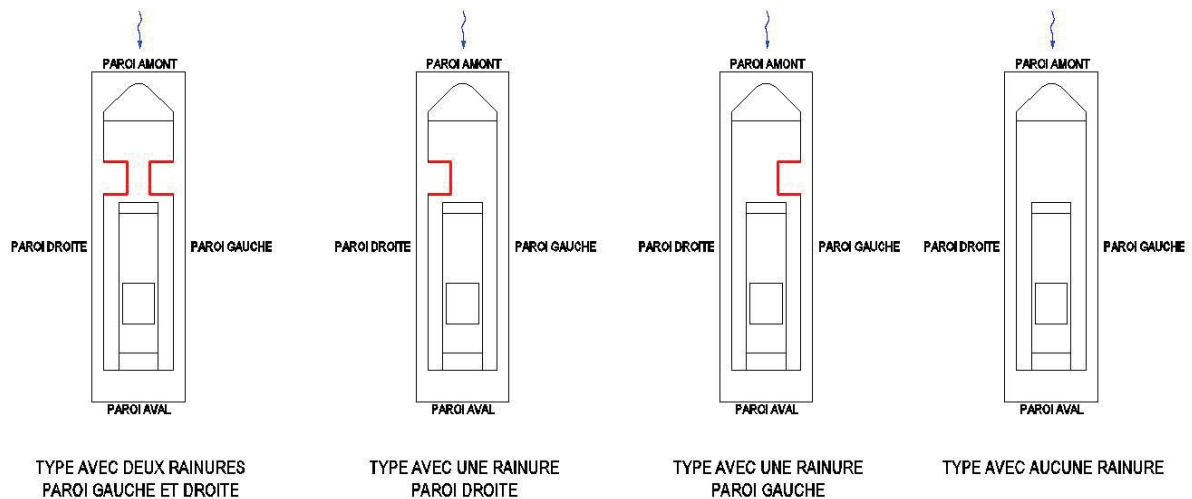


Figure 2 : Orientation des faces des éléments en fonction du sens de l'écoulement.

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.

RAPPORT FINAL

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 visuelle

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 extérieures des surfaces non immergées 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. : ES13-01).

Ces différents clichés sont présentés dans un chapitre particulier (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 incrusté 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. DATE ET CONDITIONS D'INTERVENTION

L'intervention a été réalisée à la date suivante :

Tableau 1 : Date et conditions d'intervention.

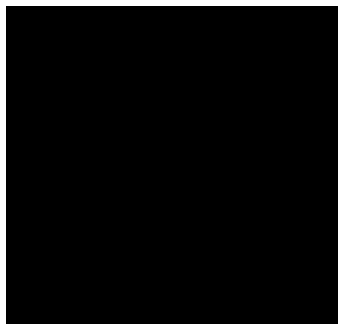
Date	Travaux	Élément	Conditions en immersion		Élévation du niveau d'eau IGLD85 (m)
			T (°C)	Visibilité (m)	
2013/11/11	Inspection détaillée ssm et de la zone émergée	Pile 13	8	1 - 2	+10.15 m

Note : ssm. = sous-marine.

Le niveau d'eau du jour a été mesuré par rapport aux garde-roues sur le côté aval de la pile 13 de l'estacade.

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

2.4.4. PERSONNEL AFFECTÉ



- Bruno Larose,



Chargé de projet
Chef de plongée, Technicien-scaphandrier,
formation inspection des structures (MTQ 2010)
Technicien-scaphandrier
Technicien-scaphandrier
Responsable de l'inspection, technicienne DAO,
formation inspection des structures (MTQ 2012)
Chef d'équipe d'inspection,
Ingénieur pour [redacted]
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

RAPPORT FINAL

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 de la pile 13 est vers l'Ouest et la paroi droite de la pile 13 est vers l'Est. Se référer à la figure qui suit.

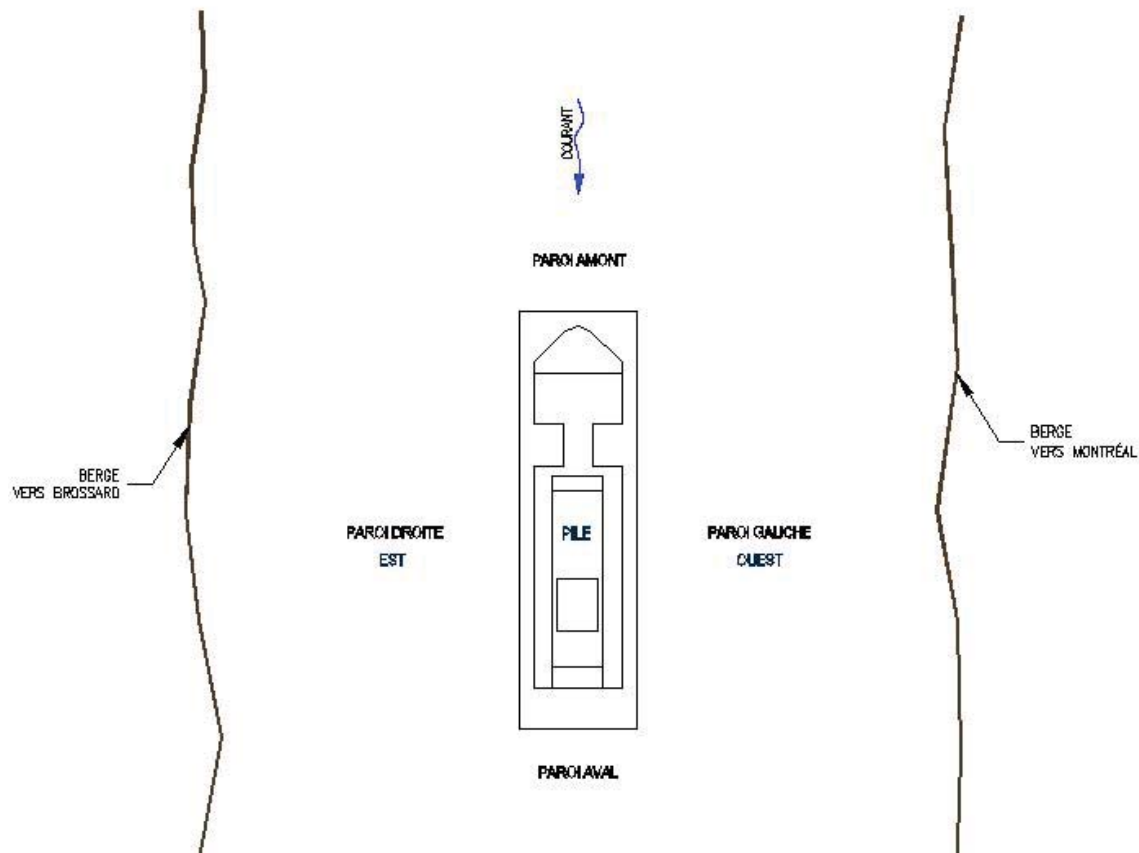


Figure 1 : Convention d'orientation des piles.

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
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. RÉSULTAT DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS

2.5.1. ÉTAT PHYSIQUE GÉNÉRAL ET PRINCIPALES OBSERVATIONS

2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS

Les défauts rencontrés sur la pile 13 de l'Estacade du Pont Champlain sont principalement localisés dans la partie supérieure de la semelle de la pile. Ils concernent le blindage en acier et le béton de remplissage de cette semelle.

La pile 13 de l'Estacade du Pont Champlain présente des fissures dans les joints de soudures verticaux situés aux coins des semelles de chaque pile. Le taux linéaire de fissures est élevé. (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 2 : Taux linéaire de fissure et longueur totale de fissure des joints de soudure verticaux visibles sur la pile de l'Estacade.

# Pile	Taux linéaire de fissure (%)	Longueur totale de fissure (m lin.)
13	70.6	14.2

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 40 et 115 mm pour une hauteur ouverte de 3590 à 5790 mm par joint.

En ce qui concerne la partie béton de la semelle de la pile, on rencontre un schéma type de fissuration sur la semelle inspectée. En effet, sur le dessus de la semelle, on retrouve systématiquement des fissures d'ouverture importante à très importante. Ces fissures se développent de chaque côté de la semelle (côté droit 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 en acier. Elles se présentent dans des réseaux plus ou moins ramifiés qui relient les coins des semelles, au nez amont ou au coin aval du fût.

RAPPORT FINAL

2.5.1.2. PILE 13

Fût

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

Tableau 3 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 13

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
ER	2440	800	5 à 15	FD	-0.3	+0.5
ER	9070	1150	5 à 20	FD	-0.4	+0.8
NC	180	150	200	RAINURE FD	-1.5	-1.3
NC	600	70	50	RAINURE FD	-1.5	-1.4
ER	9070	2000	5 à 20	FG	-1.0	+1.0
DES	230	370	50 à 100	FG	0.0	+0.4
ECL	50	400	25	FG	-0.24	+0.16
ECL	220	300	25	FG	-0.3	0.0
ECL	300	300	15	FG	-0.19	+0.11
ECL	400	320	20	FG	-0.17	+0.15
DES	270	200	25	NEZ AMONT	0.0	+0.3
ER	4857	800	5 à 15	NEZ AMONT	-0.3	+0.5
DES	100	370	50 à 100	NEZ AVAL	0.0	+0.4
ER	3658	1000	5	NEZ AVAL	-0.4	+0.6
COR RAINURE D'ACIER				FG	-1.4	+1.4
COR RAINURE D'ACIER				FD	-1.4	+1.4

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			FD	-1.5	+1.4
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			FD	-0.6	+1.4
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			FG	0.0	+1.4
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			FG	-1.5	+1.4
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AMONT	0.0	+1.4
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AVAL	0.0	+1.4
FH AVEC EFF	0	3658		NEZ AVAL	0.0	0.0

RAPPORT FINAL

- Corrosion moyenne de la rainure d'acier avec une perte de section inférieure à 10% (B) (15 à 90% de la surface) sur la paroi droite et gauche ;

Semelle

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

Tableau 4 : Relevés des défauts de matériaux de la pile 13

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
COR BLINDAGE D'ACIER					FM	-1,5

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
F	3 à 25	10720	50	Dessus semelle	-1,5	-1,5
F AVEC ÉPAUFRURE	10 à 15	2800	150 à 200	Dessus semelle	-1,5	-1,5
F AVEC ÉPAUFRURE	10 à 15	2100	150 à 200	Dessus semelle	-1,5	-1,5
F	25	2560		Dessus semelle	-1,5	-1,5
F	1 à 2	1400		Dessus semelle	-1,5	-1,5
F	0,5	450		Dessus semelle	-1,5	-1,5
F AVEC EFF	0,75	450		Dessus semelle	-1,5	-1,5
F	25	1530	140	Dessus semelle	-1,5	-1,5
F AVEC EFF	1 à 10	5670	30 à 130	Dessus semelle	-1,5	-1,5

- Blindage d'acier déformé et replié vers l'aval (± 150 mm L x ± 150 mm H) au coin supérieur amont, paroi gauche de la semelle.
- Blindage d'acier séparé du béton (5 à 20 mm ouv.) sur le dessus de la semelle sur 3000 mm de long du côté de la paroi amont.
- Une zone du blindage d'acier (± 1800 L x 125-180 H) est manquante sur la paroi gauche de la semelle à partir du dessus de la semelle et se termine à 1690 mm sous

RAPPORT FINAL

le niveau d'eau. Cette zone est vis-à-vis la rainure d'acier. On constate que cette zone n'est pas un défaut de matériaux (corrosion, perforation, etc...) mais bien une section d'acier absente. (Voir photo ES13-05)

- Une zone du blindage d'acier (± 1800 L x $150-160$ H) est manquante sur la paroi droite de la semelle à partir du dessus de la semelle et se termine à 1350 mm sous le niveau d'eau. Cette zone est vis-à-vis la rainure d'acier. On constate que cette zone n'est pas un défaut de matériaux (corrosion, perforation, etc...) mais bien une section d'acier absente.
- Une zone de béton non coulée à l'origine (± 2500 L x ± 1680 L x $125-180$ P) a été constatée sur le dessus de la semelle à la base de la rainure d'acier du côté de la paroi gauche. Une accumulation de pierres 100-500 \varnothing a été observée dans cette zone.
- Une zone de béton non coulée à l'origine (± 2500 L x ± 1680 L x $150-160$ P) a été constatée sur le dessus de la semelle à la base de la rainure d'acier du côté de la paroi droite.
- 14.2 m lin. de joint de soudure vertical fissuré sur le coin amont et le coin aval de la paroi gauche et sur le coin aval de la paroi 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 20 à 700 mm \varnothing et résidus de coulée de béton le long de la paroi amont de la semelle ;
- Pierres 10 à 700 mm \varnothing et résidus de coulée de béton le long de la paroi gauche de la semelle ;
- Pierres 0 à 300 mm \varnothing le long de la paroi aval de la semelle ;

RAPPORT FINAL

- Pierres 0 à 500 mm \varnothing et débris de construction 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 7,4 m de haut (coin amont gauche). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 2,8 m ;
- La hauteur minimale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 5,1 m de haut (coin amont gauche). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 5,0 m ;

Tableau 5 : Superficie de chaque type de défaut de matériau et longueurs de fissuration équivalentes de la pile 13

Pile 13	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	406.91	113.90	3.72	3.24	24.23	269.70	1.82	5.75
1- ER / DES	37.71	17.34	0.36	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00
2- DEL	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3- ECL	0.00	0.00	0.58	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	8.41	0.00	0.00	0.00	265.60	0.00	0.00
6- Fissuration	0.00	88.15	2.47	0.60	0.00	4.10	1.82	5.75

Tableau 6 : Cotes d'état du matériau et cote de comportement de la pile 13

Élément	État du matériau (A, B, C et D) Matériau				Comportement (1, 2, 3 et 4) CEC
	A	B	C	D	
Fût, Pile 13	86 %	13 %	1 %	0 %	4
Commentaires :	Désagrégation du béton 25 à 50 mm (0.05 m ² - 0.01% en B) Désagrégation du béton 50 à 100 mm (0.04 m ² - 0.01% en C) Éclatement du béton (0.31 m ² - 0.06% en C) Fissures inférieures à 0,8 mm (228.12 m lin. – 11.8% en B) Corrosion moyenne de l'acier (13.1 m ² - 2.7% en B)				
Fondation (superficielle), Pile 13	8 %	88 %	1 %	3 %	4
Commentaires :	Fissures inférieures à 0,8 mm (0.9 m lin. – 0.09% en B) Fissures de 0,8 à 3 mm (1.4 m lin. – 0.14% en C) Fissures supérieures à 3 mm (25.38 m lin. – 2.52% en D) Corrosion moyenne de l'acier (220.2 m ² - 87.5% en B)				

2.5.2. RECOMMANDATIONS

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

1. Réaliser une étude spécifique pour définir le processus de dégradation de la semelle, de la pile, des conséquences structurales de ces dégradations et des méthodes de réfection adaptées ;
2. Pose d'ancrages horizontaux destinés à bloquer l'évolution du processus de fissuration de la semelle de la pile et limiter la déformation des plaques de blindage en acier ;
3. Réparations des fissures importantes (2-6 mm ouv.) et très importantes (> 6 mm ouv.) ouvertes sur le dessus de la semelle inspectée;

RAPPORT FINAL

4. Réparation des zones d'érosion et d'éclatement sur la pile 13;

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

Tableau 7 : Recommandations de travaux

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
1	Pile 13	Étude spécifique	1	Forfait	1		---
2	Pile 13	Stabilisation de fondation	1	Pile	2		3035

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
4	Pile 13 (fondation)	Répar. fissure unité fond. en bét.	25.38	m lin.	3		3115

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité		No. Act.
5	Pile 13	Réparation de la pile (resurfaçage)	0.49	m ²	4		3112

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 la semelle de la pile a été définie sur la base de 5 ancrages transversaux 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 8 : 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.

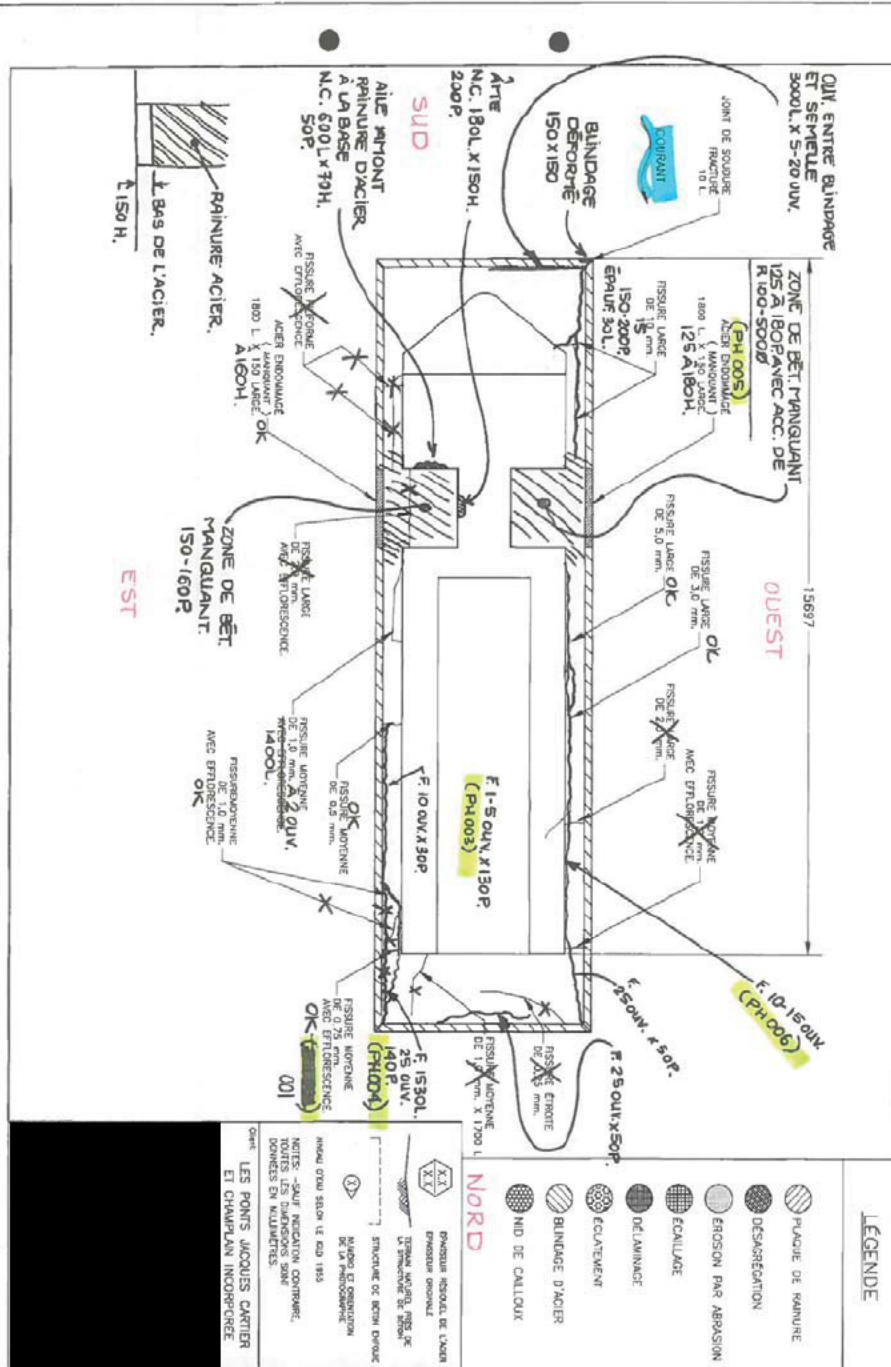
3.2. NOTES D'INSPECTION

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

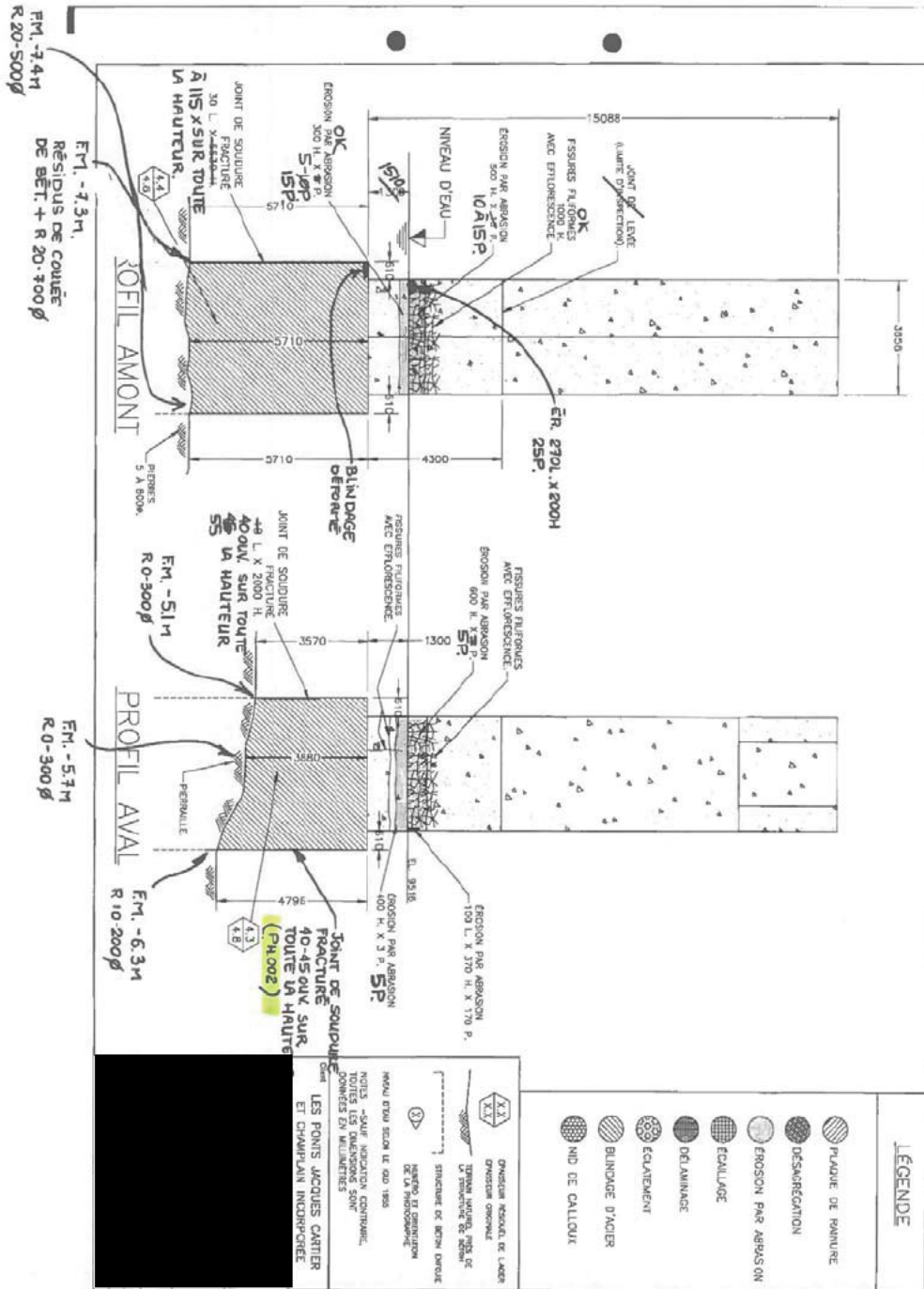
La localisation des observations est définie par une mesure verticale relevée par rapport au niveau d'eau et un chaînage (distance horizontale mesurée côté droit D ou gauche G de la structure, par rapport à un point de référence²) ou un intervalle de chaînages.

² Extrémité du nez amont des piles

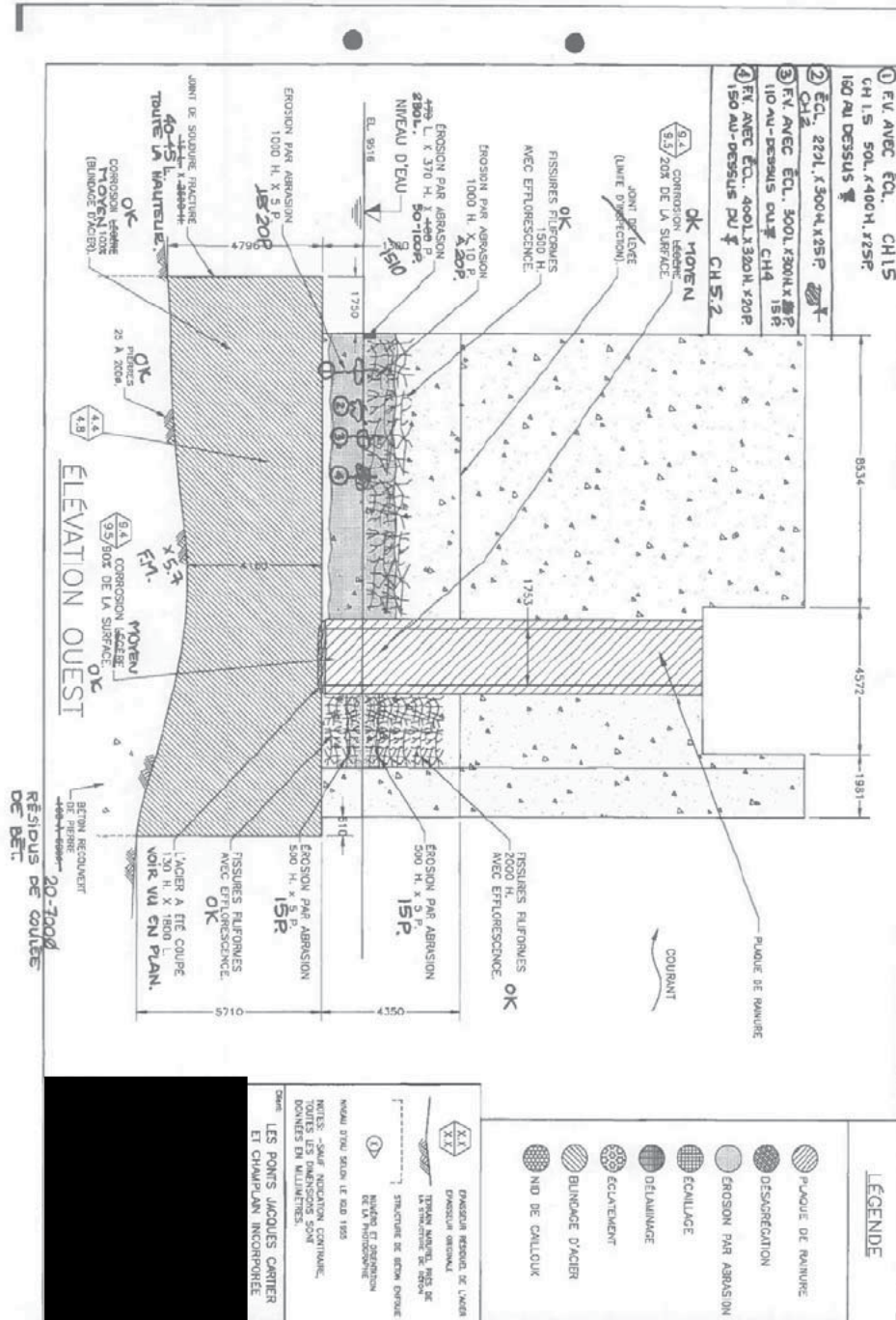
RAPPORT FINAL



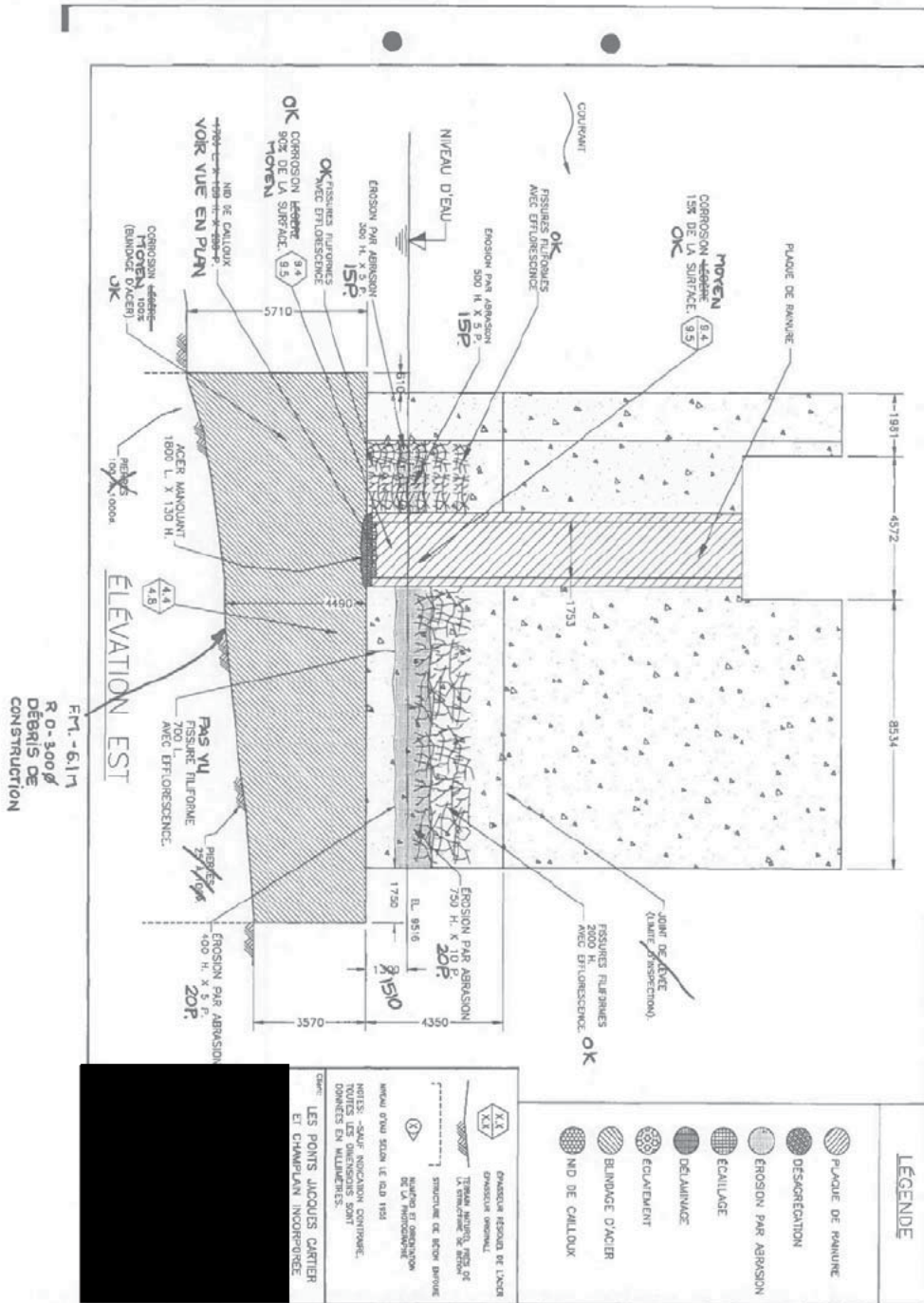
RAPPORT FINAL



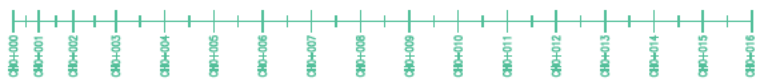
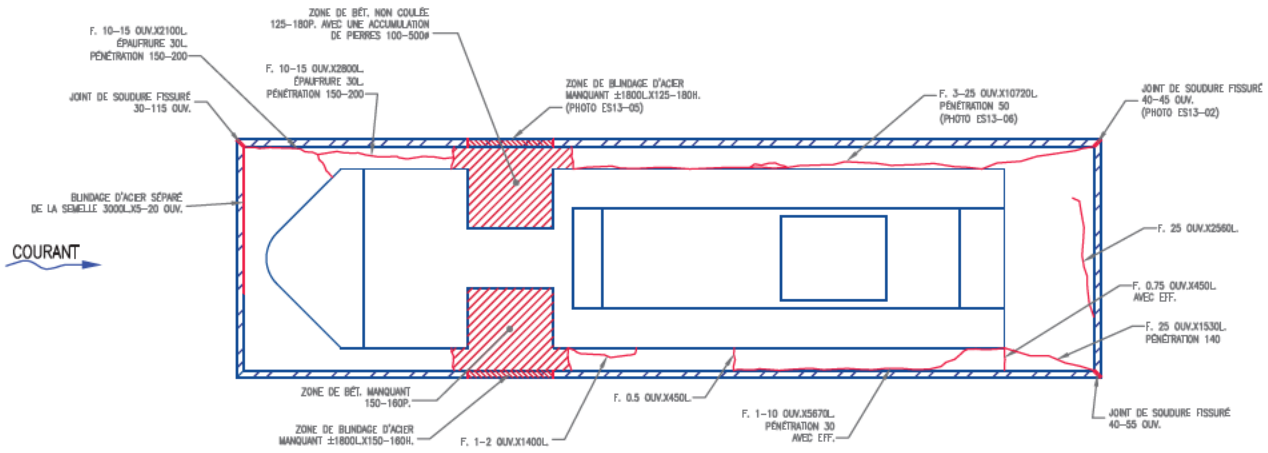
RAPPORT FINAL



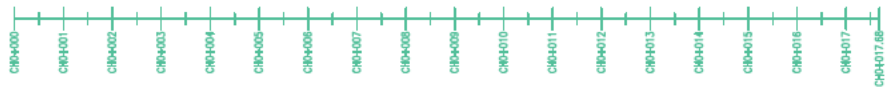
RAPPORT FINAL



3.3. FICHES D'INSPECTION STANDARDISEES



VUE EN PLAN



ÉLÉMENT	CEM				DEC
	A	B	C	D	
POY, PILE 13	88%	13%	1%	0%	4
FONDATION (SUPERFICIELLE), PILE 13	8%	88%	1%	3%	4

Sauf indication contraire, les dimensions sont exprimées en millimètres et les niveaux ainsi que le chaînage en mètres.

ABRÉVIATIONS:

Acier	_____	ACL
Affoulement	_____	AFF.
Argile	_____	ARG.
Armature	_____	ARM.
Béton	_____	BÉT.
Blindage	_____	BL
Bois	_____	BOIS
Cais	_____	CAV.
Chaînage	_____	CH.
Diamètre	_____	Ø
Différence	_____	EFF.
Épaulement	_____	EP.
Empiètement	_____	EMP.
Fond marin	_____	F.M.
Gablon	_____	GAB.
Gravier	_____	GRA.
Hauteur	_____	H.
Joint de construction horizontal	_____	J.C.H.
Joint de construction vertical	_____	J.C.V.
Longueur/Largeur	_____	L
Mécanisme	_____	MAC.
Mètre par seconde	_____	M/S
Nid de cailloux	_____	N.C.
Ouvrière	_____	OUV.
Poutrelle	_____	PP
Pile	_____	PILU
Pile profilée circulaire	_____	P.C.
Pile profilée en H	_____	P.H.
Profondeur	_____	P.
Roc	_____	R.C.
Sable	_____	SAB.
Sol	_____	SOL
Zone de réparation	_____	Z.R.

Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. sans données géométriques [] : moy. Dégrad. <10% [] : moy. Dégrad. 10 à 20 % [] : moy. Dégrad. >20% 	COR
Délamination	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. <100x100 surface [] : moy. 100x100 à 300x300 [] : moy. 300x300 à 600x600 [] : moy. >600x600 	DEL
Désagrégation	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. <25 prof. et [] : moy. 25 à 50 [] : moy. 50 à 100 [] : moy. >100 	DES
Écailage	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. <5 prof. et [] : moy. 5 à 10 [] : moy. 11 à 20 [] : moy. >20 	ECA
Éclatement	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. 100x100 surface <25 prof. [] : moy. 100x100 à 300x300 + 25x50 [] : moy. 300x300 à 600x600 + 50x100 [] : moy. >600x600 + >100 	ECL
Érosion	<ul style="list-style-type: none"> [] : Ngr. <25 prof. et [] : moy. 25 à 50 [] : moy. 50 à 100 [] : moy. >100 	ER

Fissure	[] : longitudinale	Micro-fissure	[] : longitudinale
	[] : transversale		[] : transversale
F	[] : gelée	M-F	[] : sécheresse
	[] : sulfates		[] : chlorures
P	[] : polyphosphates	P	[] : polyphosphates

No et sens de la photo _____

SPG 2181, Lévesque-de Vincel, Ste-Julie, Québec, Canada, J3E 1Z3
 Tél: 450 922-3515, Fax: 922-3510
 Internet: www.spghydro.com
 Courriel: info@spghydro.com
 HYDRO INTERNATIONAL

JAC Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporee
 The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated
 Canada

Projet: INSPECTION SOUS-MARINE
 Estacade du Pont Champlain (2013)

Nom: PILE 13 - VUE EN PLAN

Projet par: [REDACTED]

Dessiné par: [REDACTED]

Vérifié par: Bruno Larocq, Ing.

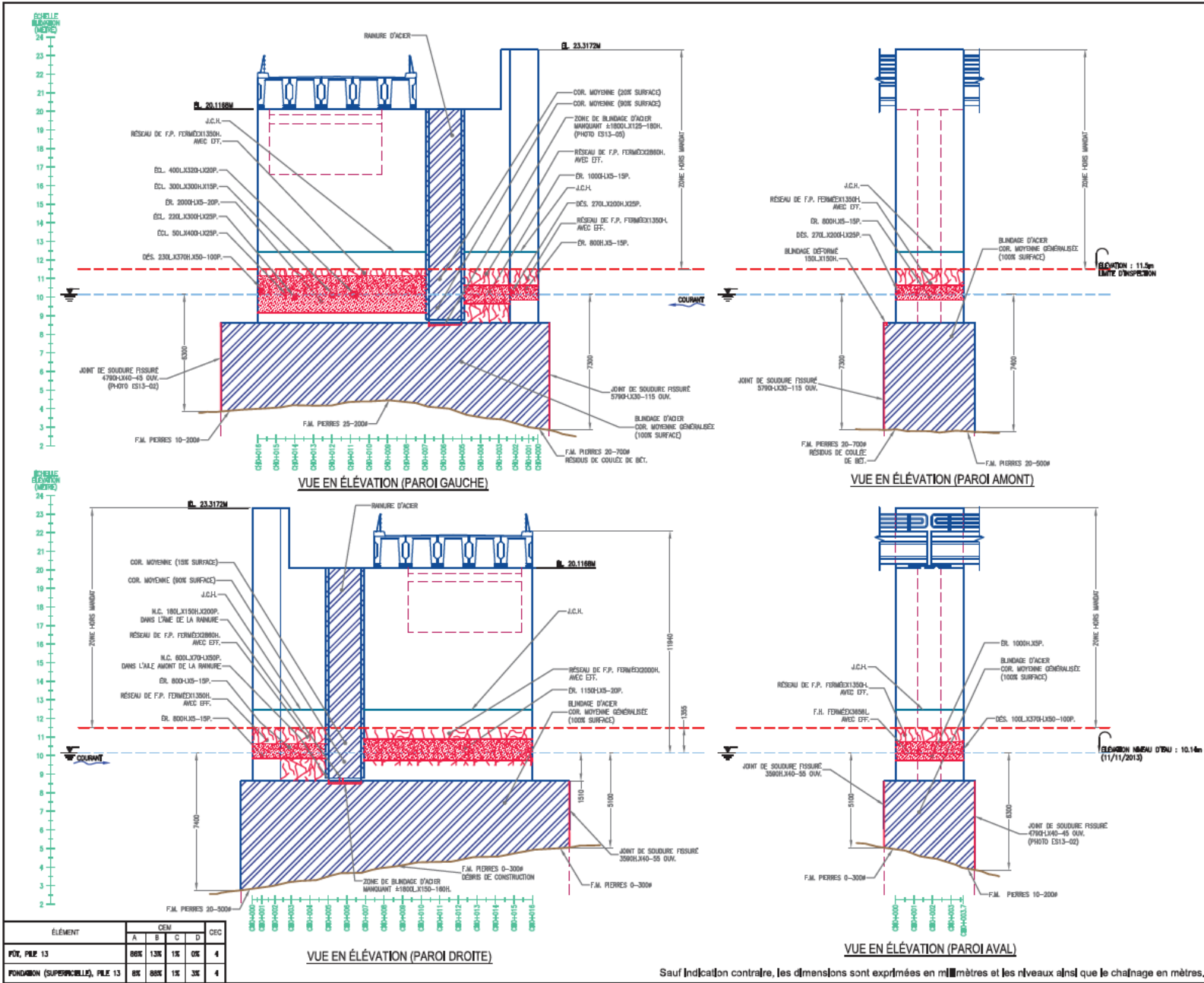
N. réf.: 13-12043-ES 61663

Date de l'émission: 11/11/2013

Revisé par: 13-12043-ES13-01

Échelle: 1 : 100 Date: 13/02/2014 Page: 1 de 2 Révisé: 0

2949



LEGENDE:

MATERIAUX:

Acier	ACI
Attachement	APP.
Argile	ARG.
Armature	ARM.
Béton	BET.
Blindage	BL
Bois	BOIS
Cavité	CAV.
Chaînage	CH.
Diamètre	Ø (DIA.)
Efflorescence	EFF.
Épaufrure	EP.
Empiètement	EMP.
Fond marin	F.M.
Gabion	GAB.
Gravier	GRA.
Hauteur	H.
Joint de construction horizontal	J.C.H.
Joint de construction vertical	J.C.V.
Longueur/Largeur	L
Maçonnerie	MAC.
Mètre par seconde	M/S
Nid de coloux	N.C.
Ouverture	OUV.
Planchette	PP
Pile	PIE
Pileu profilé en "H"	P.C.
Profondeur	P.
Roc	ROC
Sable	SAB.
Site	SILT
Zone de réparation	ZR

DEFAUTS:

Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> 1 : Hiper, sans distribution apparente 2 : Hiper, distribution <10% 3 : Hiper, distribution de 10 à 30 % 4 : Hiper important, distribution >30% 	COR
Délamination	<ul style="list-style-type: none"> 1 : Décollement du béton de passivement avec ou sans détachement 2 : Important, présence 	DEL
Désagrégation	<ul style="list-style-type: none"> 1 : Hiper, <25 profonds 2 : Hiper, 25 à 50 3 : Hiper, 50 à 100 4 : Hiper important, >100 	DES/ER
Erosion	<ul style="list-style-type: none"> 1 : Détachement du béton de recouvrement 	ECL
Éclatement	<ul style="list-style-type: none"> 1 : Important, présence 	
Fissure	<ul style="list-style-type: none"> 1 : horizontale 2 : verticale 3 : oblique 4 : diagonale 5 : polygonaux 	F

Ouverture en béton armé:

- 1 : Large, ouverte
- 2 : Hiper, <1 mm
- 3 : Hiper, de 1 à 3 mm
- 4 : Hiper important, >3 mm

Ouverture en béton de masse:

- 1 : Hiper, <1 mm
- 2 : Hiper, de 1 à 3 mm
- 3 : Hiper important, >3 mm

SPG
HYDRO INTERNATIONAL

2151, Léonard-de Vinci, suite 101,
Ste-Julie, Québec, Canada, J3E 1Z3
Tél.: 450 922-3515, Fax: 922-3510
Internet: www.spghydro.com
Courriel: info@spghydro.com

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

Projet	INSPECTION SOUS-MARINE		
Estacade du Pont Champlain (2013)			
Nom	PILE 13 – VUES EN ÉLEVATION		
Projet par	[REDACTED]		
Consulté par	[REDACTED]		
Valeurs par	Bruno Larose, Ing.		
N. P.H.	13-12043-4-ES	No. Contrat	61663
Date de l'étude	11/11/2014	Date de la	13-12043-ES13-02
Échelle	1 : 200	Date	13/02/2014
		Page	2 de 2
		Révision	0

ÉLÉMENT	CQC				
	A	B	C	D	
POI, PILE 13	08X	13X	1X	0X	4
FONDATION (SUPERVILLÉ), PILE 13	0X	08X	1X	3X	4

Sauf indication contraire, les dimensions sont exprimées en millimètres et les niveaux ainsi que le chaînage en mètres.

2949

4. PHOTOGRAPHIES

4.1. PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS



Figure 1 : ES13-01



Figure 2 : ES13-02



Figure 3 : ES13-03



Figure 4 : ES13-04



Figure 5 : ES13-05



Figure 6 : ES13-06



Figure 7 : ES13-07

4.2. PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES



Figure 8 : Paroi amont / Pile 13 (ES13-AM)



Figure 9 : Paroi gauche / Pile 13 (ES13-PG)



Figure 10 : Paroi aval / Pile 13 (ES13-AV)



Figure 11 : Paroi droite / Pile 13 (ES13-PD)