



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 19**

**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](mailto:info@spghydro.com) [www.spghydro.com](http://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 19

RAPPORT FINAL

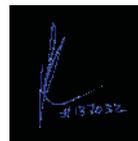
V. Réf. : 61663  
N. Réf. : 13-12043-I-ES

Préparé par :



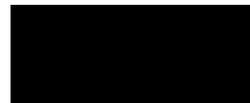
À Sainte-Julie,  
Le 04 / 05 / 2016

Vérifié et approuvé par :



Bruno Larose, ing.

OIQ # 137032



À Brossard,  
le 17./11./2016

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. AVANT-PROPOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2. SOMMAIRE DES INSPECTIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>7</b>
2.1. SOMMAIRE EXÉCUTIF .....	7
2.1.1. <i>Etat 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. PORTÉE DES INSPECTIONS ET MÉTHODES UTILISÉES .....	13
2.4.1. <i>Type et étendue des inspections réalisées</i> .....	13
2.4.1.1. Inspection détaillée .....	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 (à venir) .....	15
2.4.2. <i>Références</i> .....	15
2.4.3. <i>Dates 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> .....	20
2.5. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS .....	21
2.5.1. <i>État physique général et principales observations</i> .....	21
2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS .....	21
2.5.1.2. PILE 19 .....	22
2.5.2. <i>Recommandations</i> .....	27
<b>3. NOTES D'INSPECTION ET ANNEXES ASSOCIEES .....</b>	<b>30</b>
3.1. COURS D'EAU .....	30
3.2. NOTES D'INSPECTION .....	30
3.3. FICHES D'INSPECTION STANDARDISÉES .....	36
<b>4. PHOTOGRAPHIES .....</b>	<b>39</b>
4.1. PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS .....	39
4.2. PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES .....	53

## LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU 1 :</b>	DIMENSIONS DE LA FONDATION DE LA PILE DE L'ESTACADE INSPECTÉE SELON LES PLANS DE CONSTRUCTION.....	12
<b>TABLEAU 1 :</b>	DATES ET CONDITIONS D'INTERVENTION.....	16
<b>TABLEAU 2 :</b>	TAUX LINÉAIRE DE FISSURE ET LONGUEUR TOTALE DE FISSURE DES JOINTS DE SOUDURE VERTICAUX VISIBLES SUR LA PILE DE L'ESTACADE.....	21
<b>TABLEAU 3 :</b>	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 19 .....	22
<b>TABLEAU 4 :</b>	RELEVÉS DES DÉFAUTS DE MATÉRIAUX DE LA PILE 19 .....	23
<b>TABLEAU 5 :</b>	SUPERFICIE DE CHAQUE TYPE DE DÉFAUT DE MATÉRIAU ET LONGUEURS DE FISSURATION ÉQUIVALENTES DE LA PILE 19.....	26
<b>TABLEAU 6 :</b>	COTES D'ÉTAT DU MATÉRIAU ET COTE DE COMPORTEMENT DE LA PILE 19 .....	27
<b>TABLEAU 7 :</b>	RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX .....	28
<b>TABLEAU 8 :</b>	COTE DE COMPORTEMENT POUR LE COURS D'EAU .....	30

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1 :</b>	ES19-07 .....	40
<b>FIGURE 2 :</b>	ES19-08 .....	40
<b>FIGURE 3 :</b>	ES19-09 .....	41
<b>FIGURE 4 :</b>	ES19-10 .....	41
<b>FIGURE 5 :</b>	ES19-11 .....	42
<b>FIGURE 6 :</b>	ES19-13 .....	42
<b>FIGURE 7 :</b>	ES19-14 .....	43
<b>FIGURE 8 :</b>	ES19-16 .....	43
<b>FIGURE 9 :</b>	ES19-17 .....	44
<b>FIGURE 10 :</b>	ES19-18 .....	44
<b>FIGURE 11 :</b>	ES19-19 .....	45
<b>FIGURE 12 :</b>	ES19-20 .....	45
<b>FIGURE 13 :</b>	ES19-21 .....	46
<b>FIGURE 14 :</b>	ES19-22 .....	46
<b>FIGURE 15 :</b>	ES19-23 .....	47
<b>FIGURE 16 :</b>	ES19-25 .....	47
<b>FIGURE 17 :</b>	ES19-26 .....	48
<b>FIGURE 18 :</b>	ES19-27 .....	48
<b>FIGURE 19 :</b>	ES19-28 .....	49
<b>FIGURE 20 :</b>	ES19-30 .....	49
<b>FIGURE 21 :</b>	ES19-31 .....	50
<b>FIGURE 22 :</b>	ES19-32 .....	50
<b>FIGURE 23 :</b>	ES19-33 .....	51
<b>FIGURE 24 :</b>	ES19-36 .....	51
<b>FIGURE 25 :</b>	ES19-39 .....	52
<b>FIGURE 26 :</b>	PAROI AMONT / PILE 19 (ES19-AM).....	54
<b>FIGURE 27 :</b>	PAROI GAUCHE / PILE 19 (ES19-PG).....	55
<b>FIGURE 28 :</b>	PAROI AVAL / PILE 19 (ES19-AV) .....	55
<b>FIGURE 29 :</b>	PAROI DROITE / PILE 19 (ES19-PD) .....	56

## 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 annuel :

- 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 EXÉCUTIF

#### 2.1.1. ÉTAT GÉNÉRAL DE LA STRUCTURE INSPECTÉE

Le rapport d'inspection couvre l'inspection de la pile 19 de l'Estacade du pont Champlain. Cette pile présente des défauts généralement négligeables à l'exception de défauts ponctuels plus importants.

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

Des fissures de dimensions très importantes (6-200 mm ouv. x 0-1000 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 25-300 mm ouv. x 2000-5950 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 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 de la pile 19 ont mis en évidence des variations topographiques locales significatives liées aux perturbations de l'écoulement d'eau par le fût de la pile et de la semelle. Toutefois, les variations du niveau de fond marin 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 supérieures 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 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.

## **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 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 des relevés bathymétriques autour de chaque 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 pour 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 les rapports d'inspection incluant des photos, croquis et dessins (3 exemplaires papier + 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 est la suivante :

- Pile 19 de l'Estacade du pont Champlain.

RAPPORT FINAL

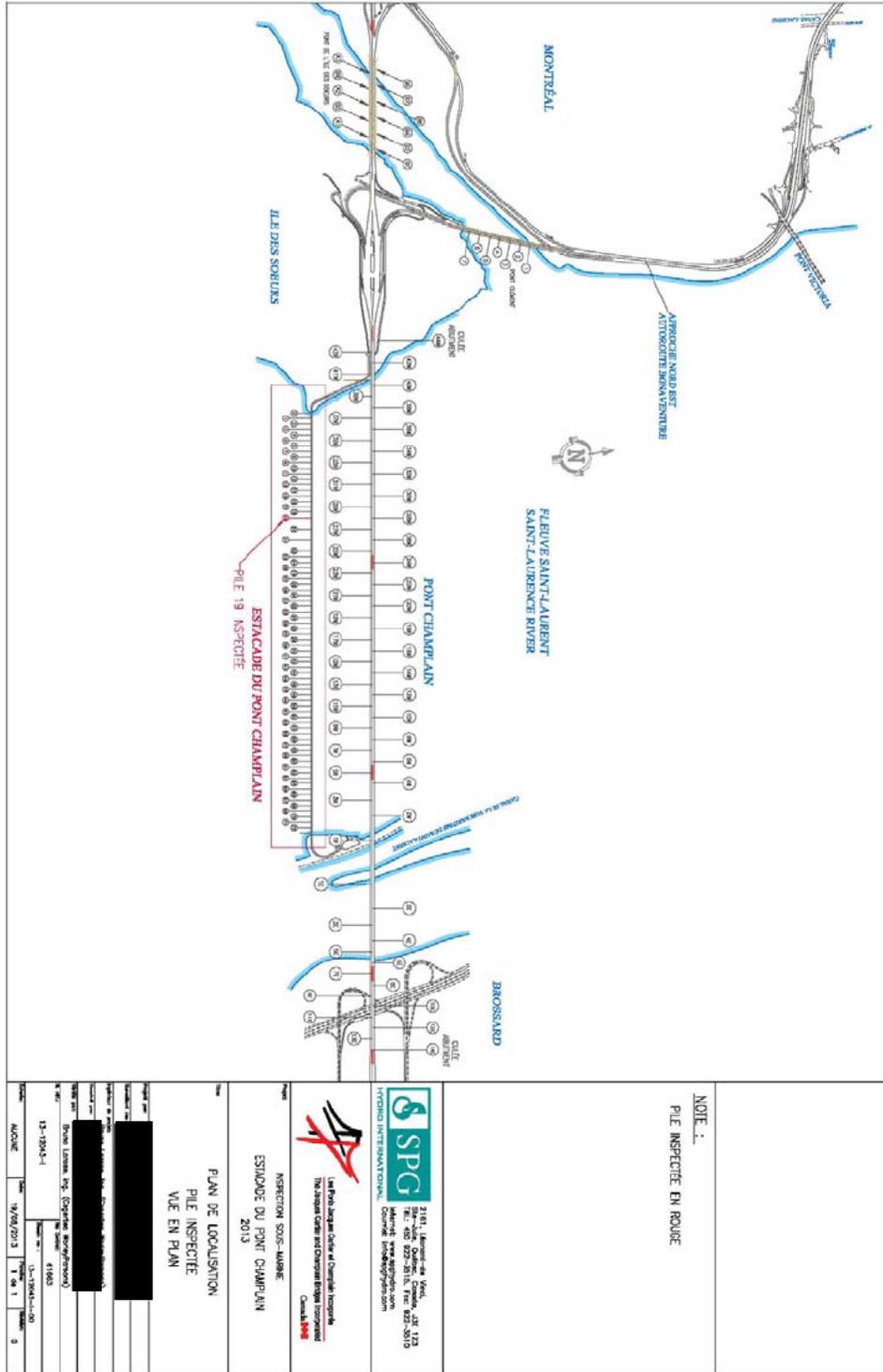


Figure 1 : Plan de localisation de la pile inspectée

## 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.

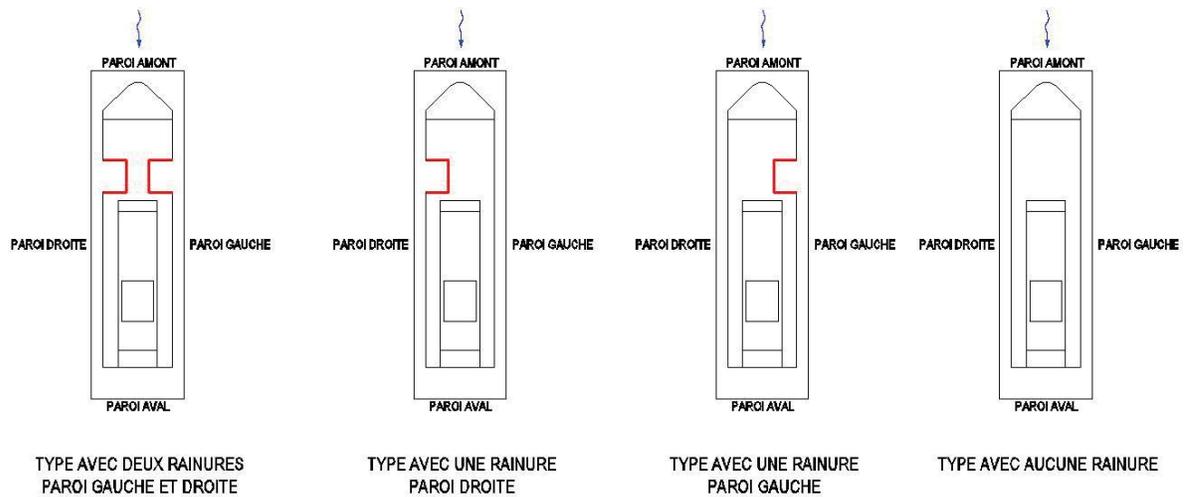


Figure 2 : Orientation des faces des éléments en fonction du sens de l'écoulement.

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.

**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. PORTÉE DES INSPECTIONS ET MÉTHODES UTILISÉES**

### **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 DCIEM<sup>1</sup>. 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 la 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, désagrégations, délaminages, érosions...), et les défauts de l'acier (corrosions, fissures, déformations, joints de soudure fissurés...) ont été recherchés sur les surfaces du fût et de la fondation (semelle), dans une zone d'inspection qui s'étend de 1.5 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).

<sup>1</sup> 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 la semelle 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 des piles, des prises de vues photographiques des surfaces non immergées de ces structures ont été réalisées.

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 de la structure inspectée (ES : Estacade), du numéro de pile et du numéro de photo dans la série (ex. : ES19-01).

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.

L'inspection de la 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 1 :** Dates et conditions d'intervention.

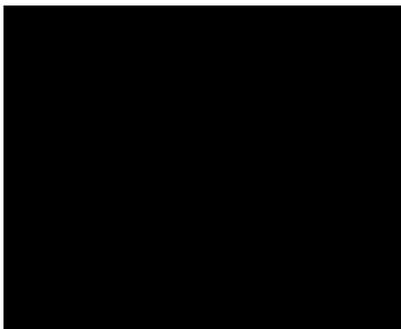
Date	Travaux	Élément	Conditions en immersion		Élévation du niveau d'eau IGLD85 (m)
			T (°C)	Visibilité (m)	
2014/09/30	Inspection détaillée ssm et de la zone émergée	Pile 19	26	1 - 4	+9.93 m

Note : ssm. = sous-marine.

Le niveau d'eau du jour a été mesuré par rapport à des points situés sur les chasse-roues aval de l'Estacade.

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

### 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 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 est vers l'Ouest et la paroi droite des piles est vers l'Est. Se référer à la figure qui suit.

RAPPORT FINAL

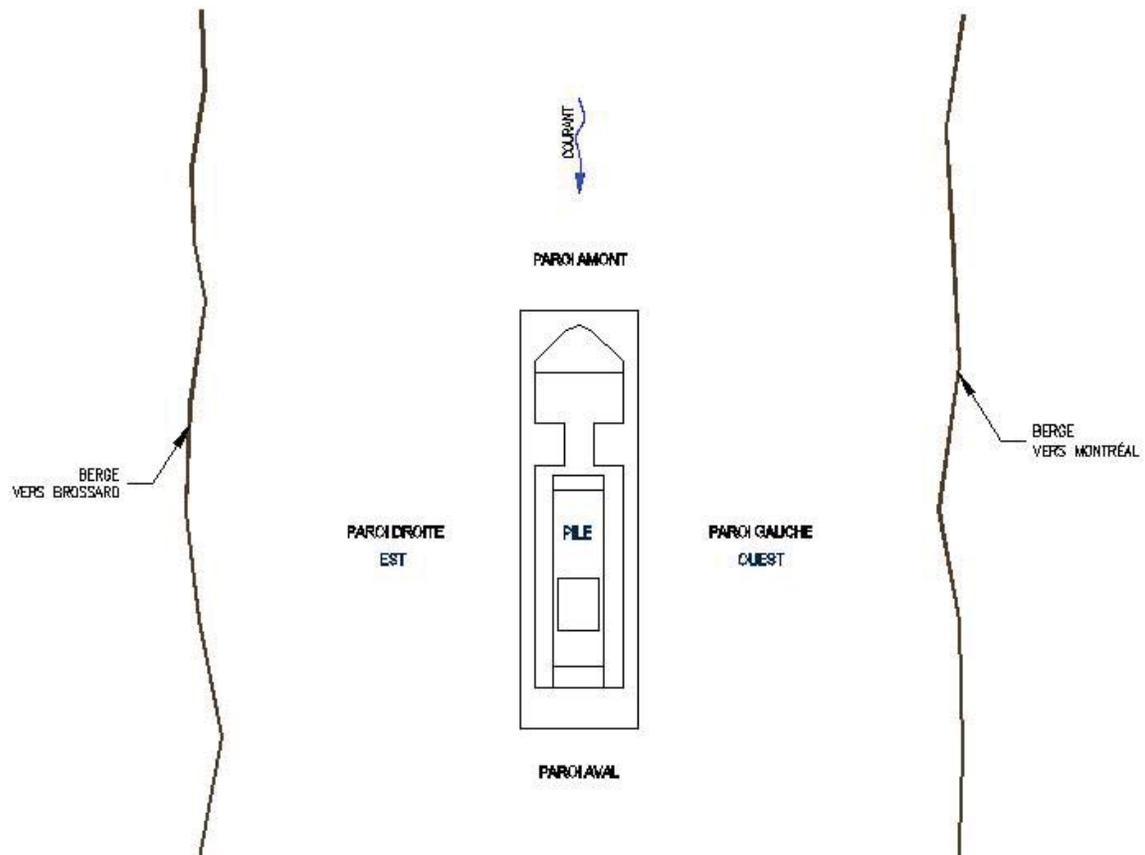


Figure 3 : Convention d'orientation des piles.

## 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. RÉSULTATS DES OBSERVATIONS ET RECOMMANDATIONS

### 2.5.1. ÉTAT PHYSIQUE GÉNÉRAL ET PRINCIPALES OBSERVATIONS

#### 2.5.1.1. GÉNÉRALITÉS

Les défauts observés sur la pile 19 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 la semelle.

La pile 19 sur l'Estacade du Pont Champlain présente des fissures dans les joints de soudures verticaux situés aux coins de la semelle de la 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.)
19	88.2	18.7

L'ouverture des fissures, des joints soudés, est toujours plus importante dans la partie supérieur. Au fur et à mesure que l'on se rapproche du fond marin l'ouverture des fissures diminue. L'ouverture des fissures mesurées varie entre 25 et 300 mm et elles ont été observées sur une hauteur de 2000 à 5950 mm.

Ces ouvertures de joints sont accompagnées par le décollement des plaques de blindage en acier de la paroi de béton de la semelle.

En ce qui concerne les défauts de béton observés sur le dessus de la semelle, on rencontre un schéma type de fissuration sur la semelle inspectée. En effet, sur le dessus de la semelle de la pile, on retrouve des fissures d'ouverture moyenne (fermée à 0,8 mm d'ouverture) à très importante (plus de 3 mm d'ouverture).

Ces fissures se développent ;

RAPPORT FINAL

- 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.

2.5.1.2. PILE 19

**Fût**

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

**Tableau 3 :** Relevés des défauts de matériaux de la pile 19

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
COR RAINURE D'ACIER				FG	-1,7	+1,6
NC	560	230	25 À 30	FD	-0,9	-0,7
ZONE DE DES	450	800	90	FD	-0,4	+0,4
DES	17830	1000	5 À 15	FD	-0,5	+0,5
ZONE DE DES	1600	1650	100 À 250	NEZ AMONT	-1,7	0,0
DES	6580	1800	10 À 20	NEZ AMONT	-0,8	+1,0
ZONE DE DES	2000	400	10	NEZ AMONT	-1,7	-1,3
DES	4877	1000	5 À 10	NEZ AVAL	-0,5	+0,5
ECL	300	300	60 À 100	NEZ AVAL	-1,7	-1,4
DEL	700	450		NEZ AVAL	-1,7	-1,2
ECL	350	1400	70	NEZ AVAL	-0,7	+0,7
NC	400	300	40	FG	0,0	+0,3
DES	13340	1300	5 À 40	FG	-0,8	+0,5
DES	2440	1300	5 À 20	FG	-0,8	+0,5

RAPPORT FINAL

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			FD	-1,7	+1,6
FV	2	1500		NEZ AMONT	-1,7	-0,2
FV	5	900		NEZ AMONT	-1,7	-0,8
FV	5	1500		NEZ AMONT	-1,7	-0,2
FV	3	1500		NEZ AMONT	-1,7	-0,2
RESEAU DE FP AVEC EFF	0			NEZ AMONT	-0,8	+1,6
RESEAU DE FP AVEC EFF	0 À 0,5			NEZ AVAL	-1,7	+1,6
FV	1	1900		NEZ AVAL	-1,2	+0,7
FV	2	1700		NEZ AVAL	-1,7	0,0
FV	2	3270		FG	-1,7	+1,6

- 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 ;

**Semelle**

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 19

Observations	L (mm)	H (mm)	P (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
COR RAINURE D'ACIER					FM	-1.7

RAPPORT FINAL

Observations	ouv. (mm)	L (mm)	Péné. (mm)	Positionnement		
				Emplacement	Bas (m)	Haut (m)
F	20	1500	40	TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC ÉPAUFURE	0 À 10	1500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	100 À 200	650	470	TOP SEM	-1.7	-1.7
F	40	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	470		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	80	1500	600	TOP SEM	-1.7	-1.7
F	80	1100	1000	TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC ÉPAUFURE	30 À 60	10400	60 À 500	TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	1185		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	100		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	80		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	80		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	0	5260		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	0	4220		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	3	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	3	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	1040		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	1 À 2	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC EFF	0	3200		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	90	2890	185	TOP SEM	-1.7	-1.7
F	5	540		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	2	1540		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	25	1400		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	5 À 8	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F AVEC ÉPAUFURE	5	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	3	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	3	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	1	500		TOP SEM	-1.7	-1.7
F	0,5	500		TOP SEM	-1.7	-1.7

- Blindage d'acier déformé et replié vers l'aval ( $\pm 600$  mm L x  $\pm 3000$  mm H) aux coins supérieurs amont, parois droite et gauche de la semelle.

RAPPORT FINAL

---

- Blindage d'acier séparé du béton (60 à 300 mm ouv.) sur le dessus de la semelle sur toute la longueur de la paroi droite.
- Blindage d'acier séparé du béton (70 à 300 mm ouv.) sur le dessus de la semelle sur une longueur de 7100 mm du côté de la paroi gauche à partir du coin amont.
- Une perte de section du blindage d'acier ( $\pm 350$  mm L x  $\pm 2000$  mm H) a été constatée sur la paroi verticale droite coin amont.
- Une accumulation de débris de construction (200 mm H) a été observée sur le dessus de la semelle du côté de la paroi aval de la pile ;
- 18.7 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 200 à 1000 mm et résidus de béton le long de la paroi amont de la semelle ;
- Pierres 25 à 300 mm Ø et débris d'acier le long de la paroi gauche de la semelle ;
- Pierres 100 à 300 mm Ø, graviers et résidus de corrosion le long de la paroi aval de la semelle ;
- Pierres 100 à 1000 mm Ø et graviers 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 ;

RAPPORT FINAL

- La hauteur maximale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint 5,95 m de haut (coin amont droit et gauche). L'élévation du fond marin à cet endroit correspond à 2,28 m ;
- La hauteur minimale observée entre le fond marin et le dessus de la semelle atteint à 4,5 m de haut (coin aval gauche). L'élévation du fond marin à ces endroits correspond à 3,73 m.

**Tableau 5 :** Superficie de chaque type de défaut de matériau et longueurs de fissuration équivalentes de la pile 19

Pile 19	FÛT				SEMELLE			
	État du matériau				État du matériau			
Totaux	A (m <sup>2</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	C (m <sup>2</sup> )	D (m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	C (m <sup>2</sup> )	D (m <sup>2</sup> )
<b>Général</b>	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

RAPPORT FINAL

**Tableau 6 :** Cotes d'état du matériau et cote de comportement de la pile 19

Élément	État du matériau (A, B, C et D) Matériau				Comportement (1, 2, 3 et 4) CEC
	A	B	C	D	
Fût, Pile 19	76 %	22 %	1 %	1 %	4
Commentaires :	Désagrégation du béton 25 à 50 mm (17.34 m <sup>2</sup> - 3.29% en B) Désagrégation du béton 50 à 100 mm (0.36 m <sup>2</sup> - 0.07% en C) Désagrégation du béton 100 à 250 mm (2.64 m <sup>2</sup> - 0.5% en D) Éclatement (0.58 m <sup>2</sup> - 0.11% en C) Délaminage (0.32 m <sup>2</sup> - 0.07% en C) Fissures inférieures à 0.8 mm (352.6 m lin. - 16.7% en B) Fissures de 0.8 à 3 mm (9.87 m lin. - 0.46% en C) Fissures Supérieurs à 3 mm (2.4 m lin. - 0.11% en D) Corrosion moyenne de l'acier (8.41 m <sup>2</sup> - 1.59% en B)				
Fondation (superficielle), Pile 19	7 %	90 %	1 %	2 %	4
Commentaires :	Fissures de 0.8 à 3 mm (7.3 m lin. - 0.6% en C) Fissures inférieures à 0.8 mm (16.38 m lin. - 1.37% en B) Fissures supérieures à 3 mm (22.98 m lin. - 1.88% en D) Corrosion moyenne de l'acier (265.6 m <sup>2</sup> - 88.1% 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 réparation adaptées. L'étude devrait comprendre le carottage des fissure afin d'établir un programme de suivi ;
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 ;

RAPPORT FINAL

3. Réparations des fissures importantes (2-6 mm ouv.) et très importantes (> 6 mm ouv.) ouvertes sur le dessus de la semelle inspectée;
4. Réparation des zones d'érosion, d'éclatement de niveau C sur la pile 19;

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 19	Étude spécifique	1	Forfait	1	---
2	Pile 19	Stabilisation de fondation	1	Pile	2	3035

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité	No. Act.
5	Pile 19 (fût)	Répar. fissure unité fond. en bét.	12.3	m lin.	3	3115

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité	No. Act.
27	Pile 19 (fondation)	Répar. fissure unité fond. en bét.	30.28	m lin.	3	3115

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité	No. Act.
54	Pile 19	Réparation de la pile (resurfaçage)	27.01	m <sup>2</sup>	4	3112

Réf.	Élément	Description	Qte	Unité	Ordre de priorité	No. Act.
54	Pile 19	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] / m<sup>2</sup>.

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 référence<sup>2</sup>) ou un intervalle de chaînages.

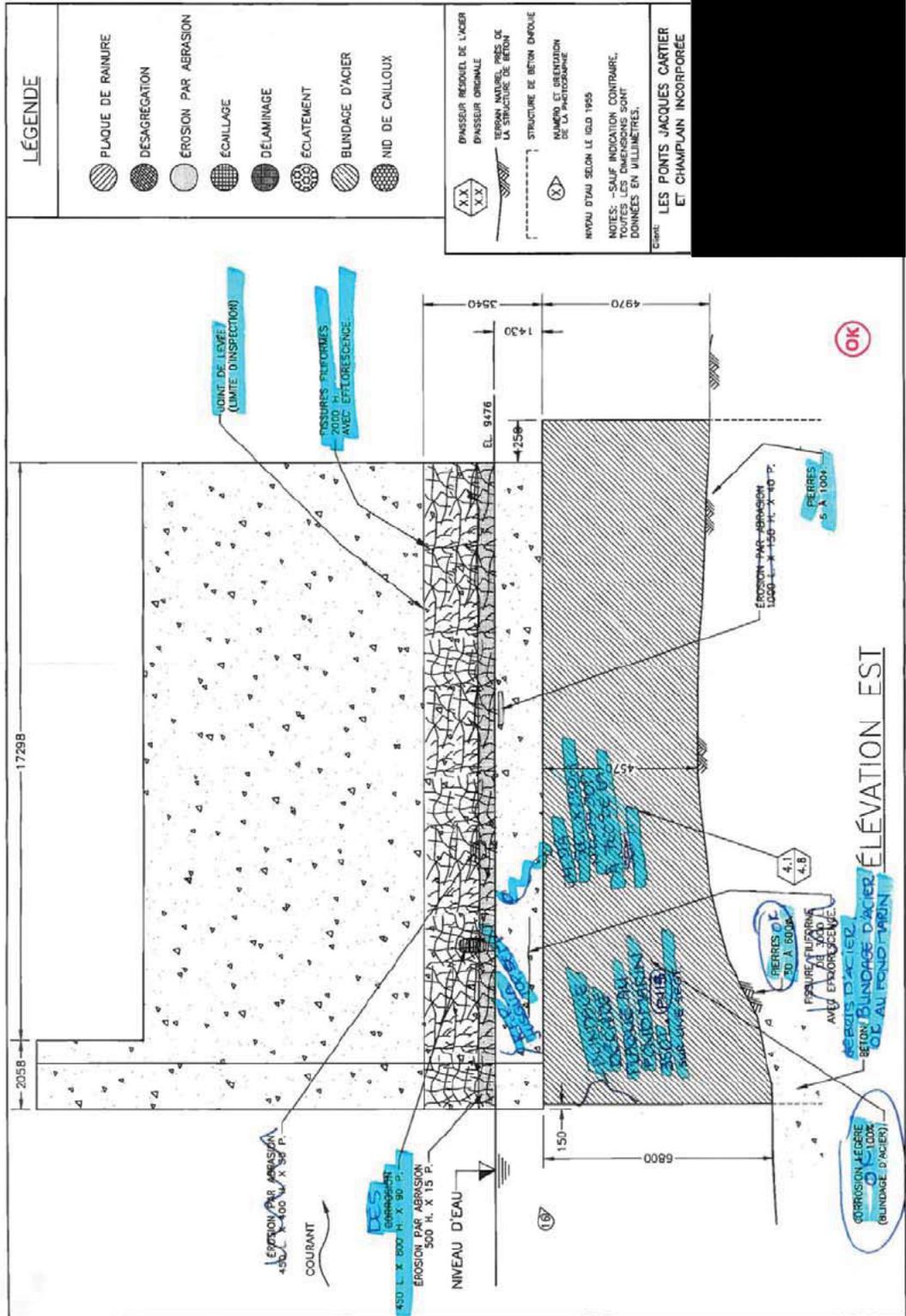
<sup>2</sup> Extrémité du nez amont des piles







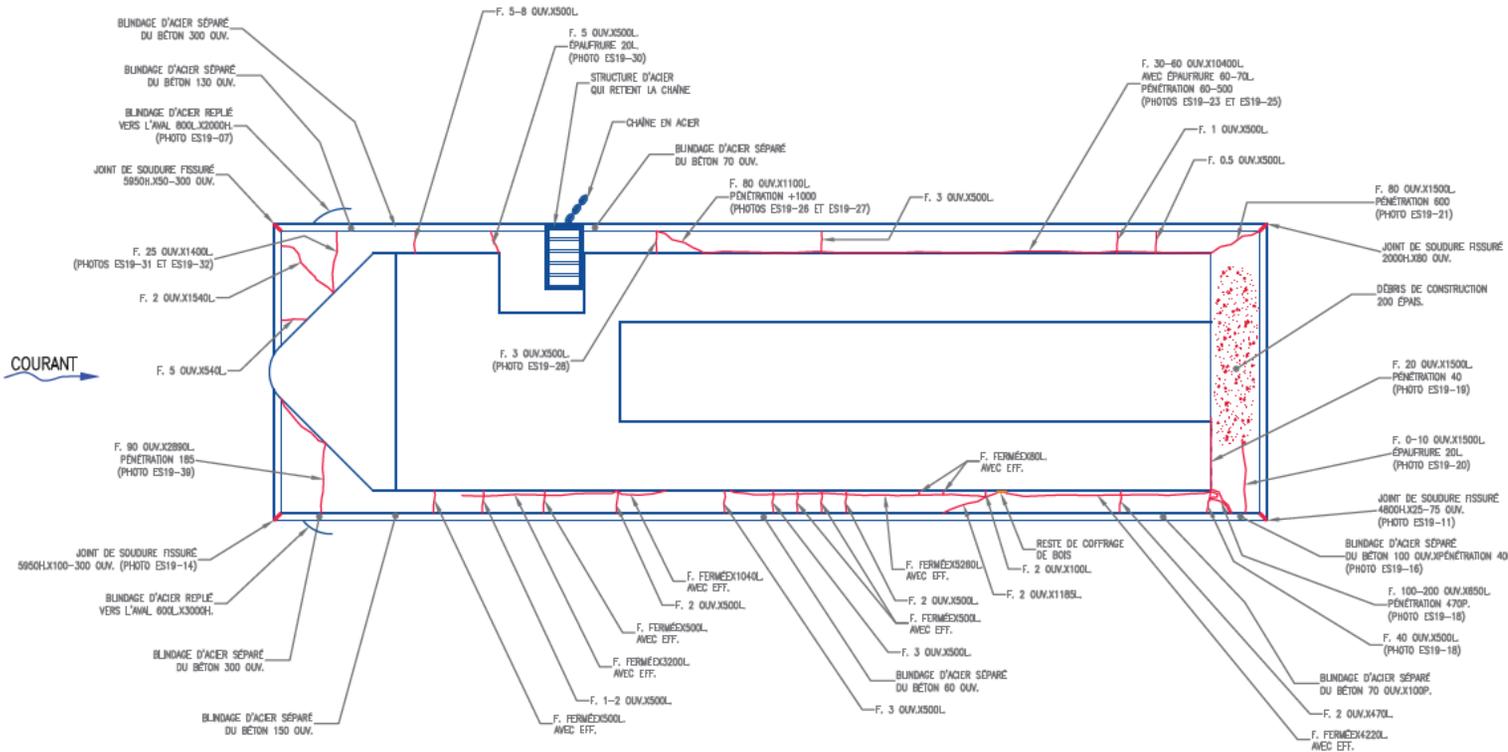
RAPPORT FINAL



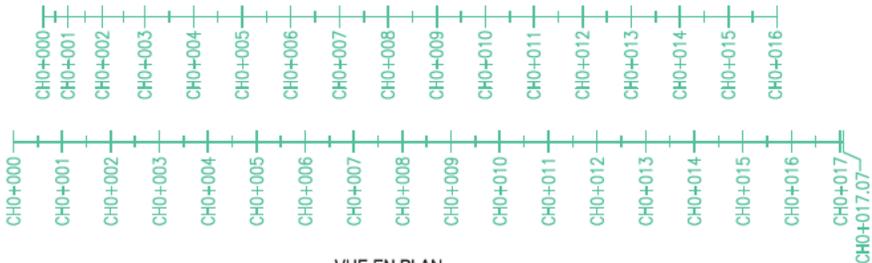


### **3.3. FICHES D'INSPECTION STANDARDISÉES**

F.M. PIERRES 200-1000#



COURANT



VUE EN PLAN

ÉLÉMENT	CEM				DEC
	A	B	C	D	
POY, PILE 19	70%	22%	1%	1%	4
FONDATION (SUPERPILLE), PILE 19	7%	90%	1%	2%	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
- Caisson \_\_\_\_\_ CAV.
- Chaînage \_\_\_\_\_ CH.
- Coussin \_\_\_\_\_ COU.
- Déformance \_\_\_\_\_ EFF.
- Épave \_\_\_\_\_ EP.
- Empiètement \_\_\_\_\_ EMP.
- Fond marin \_\_\_\_\_ F.M.
- Gabion \_\_\_\_\_ GAB.
- Gravier \_\_\_\_\_ GRA.
- Habitat \_\_\_\_\_ 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 coloux \_\_\_\_\_ N.C.
- Ouverture \_\_\_\_\_ OUV.
- Poutrelle \_\_\_\_\_ PP
- Pile \_\_\_\_\_ PILE
- Pile profilée circulaire \_\_\_\_\_ P.C.
- Pile profilée en H \_\_\_\_\_ P.H.
- Profondeur \_\_\_\_\_ P.
- Roc \_\_\_\_\_ ROC
- Sable \_\_\_\_\_ SAB.
- Sol \_\_\_\_\_ SOL
- Zone de réparation \_\_\_\_\_ Z.R.

- Corrosion
  - L : Nbr. sans détachement
  - M : Nbr. détachement <100
  - N : Nbr. détachement 10 à 20
  - P : Nbr. détachement >20
- Défilage
  - L : Nbr. <100/100 surface
  - M : Nbr. 100/100 à 300/300
  - N : Nbr. 300/300 à 600/600
  - P : Nbr. détachement >600/600
- Désagrégation
  - L : Nbr. <25 profonds
  - M : Nbr. 25 à 50
  - N : Nbr. 50 à 100
  - P : Nbr. détachement >100
- Écailage
  - L : Nbr. <5 profonds
  - M : Nbr. 5 à 10
  - N : Nbr. 11 à 20
  - P : Nbr. détachement 21 à 25
- Éclatement
  - L : Nbr. 100/100 surface <25 profonds
  - M : Nbr. 100/100 à 300/300 + 250/250
  - N : Nbr. 300/300 à 600/600 + 500/500
  - P : Nbr. détachement >600/600 + >100
- Érosion
  - L : Nbr. <25 profonds
  - M : Nbr. 25 à 50
  - N : Nbr. 50 à 100
  - P : Nbr. détachement >100
- Fissure
  - M : microfissure
  - P : fissure
  - F : fissure
  - P : microfissure
  - F : fissure
  - P : microfissure

**SPG** 2161, 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

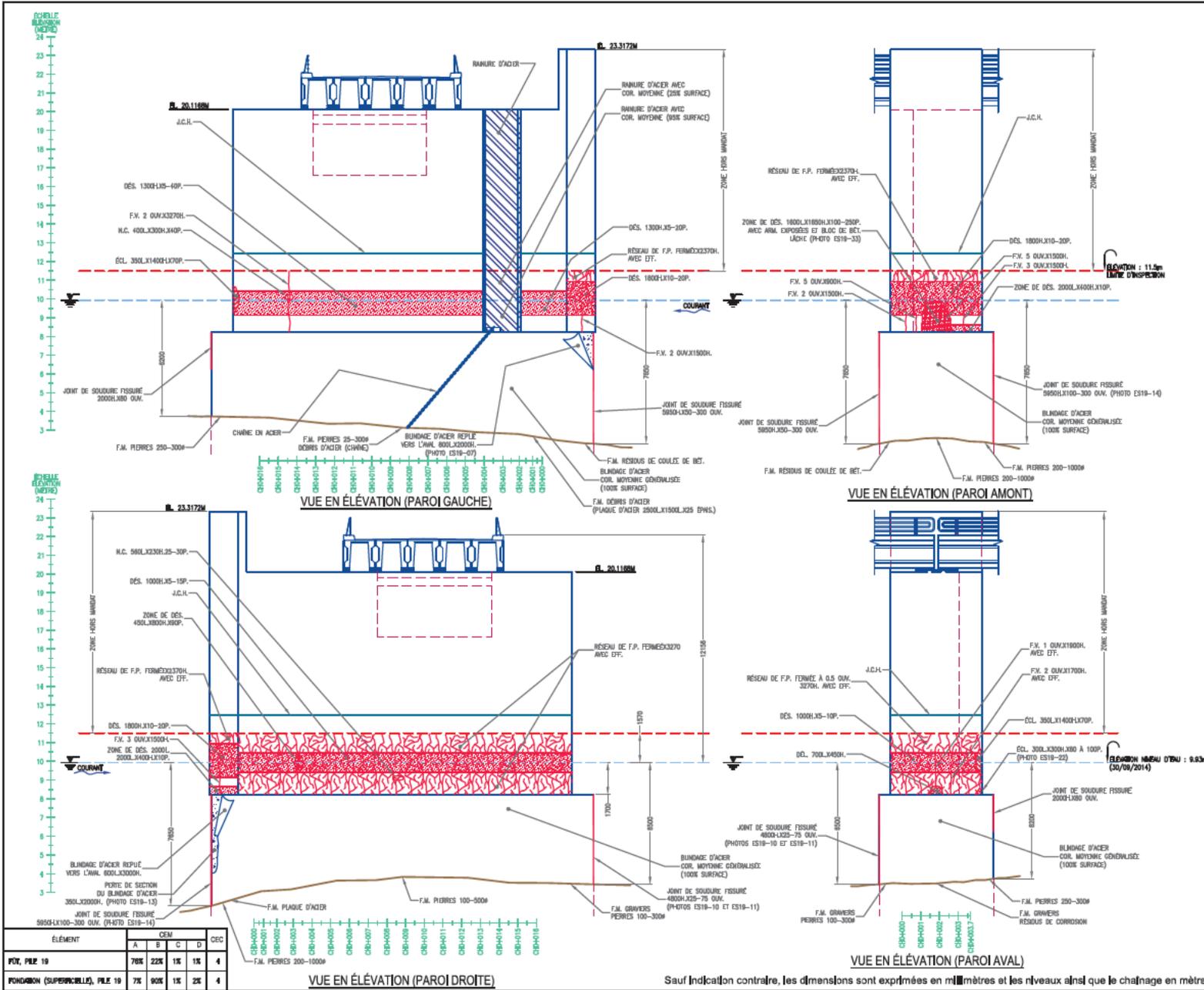
**Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporee**  
 The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated  
 Canada

INSPECTION SOUS-MARINE  
 Estacade du Pont Champlain (2013)

PILE #19 - VUE EN PLAN

Projet par:	
Dessiné par:	
Vérifié par:	Bruno Laroux, Ing.
N. réf.:	13-12043-ES
Date de mise:	30/09/2014
Échelle:	1 : 100
No. contrat:	61663
Date de rev.:	13-12043-ES19-01
Échelle:	1 de 2

2607



**ABRÉVIATIONS:**

Acier	ACI.
Affouillement	AFF.
Argile	ARG.
Armature	ARM.
Béton	BET.
Blindage	BL.
Bols	BOLS
Câble	CAV.
Chaînage	CH.
Couche	C.
Diamètre	DI.
Étréoussence	E.T.
Épouffure	EP.
Empierrement	EMP.
Fond marin	F.M.
Gablon	GAB.
Gravier	GRA.
Masteur	M.
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 coulage	N.C.
Ouvature	OUV.
Palplanche	PP
Pile	PIE
Pile profilé circulaire	P.C.
Pile profilé en "H"	P.H.
Profondeur	P.
Roc	ROC
Sable	SAB.
Silt	SILT
Zone de réparation	Z.R.

Corrosion	COR
Déformage	DEL
Désagrégation	DES
Écaillage	ECA
Éclatement	ECL
Fissure	FI
Érosion	ER

No et sens de la photo ①

**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 Incorporee**  
**The Jacques Cartier and Champlain Bridges Incorporated**  
Canada **B&B**

Projet	INSPECTION SOUS-MARINE		
	Estacade du Pont Champlain (2013)		
Nom	PILE #19 - VUES EN ÉLEVATION		
Projet par	[REDACTED]		
Consulté par	[REDACTED]		
Valeurs par	Bruno Larose, Ing		
N. P.H.	13-12043-ES	61663	2607
Date de visite	30/09/2014	Date de : 13-12043-ES19-02	
Échelle	1 : 200	Date: 07/10/2014	
		Page: 2 de 2	

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

## 4. PHOTOGRAPHIES

### 4.1. PHOTOGRAPHIES DES PRINCIPAUX DÉFAUTS



**Figure 1 :** ES19-07



**Figure 2 :** ES19-08

RAPPORT FINAL



**Figure 3 :** ES19-09



**Figure 4 :** ES19-10



**Figure 5 :** ES19-11



**Figure 6 :** ES19-13



**Figure 7 :** ES19-14



**Figure 8 :** ES19-16



**Figure 9 :** ES19-17



**Figure 10 :** ES19-18

RAPPORT FINAL



Figure 11 : ES19-19



Figure 12 : ES19-20



**Figure 13 :** ES19-21



**Figure 14 :** ES19-22



**Figure 15 :** ES19-23



**Figure 16 :** ES19-25



**Figure 17 :** ES19-26



**Figure 18 :** ES19-27

RAPPORT FINAL



**Figure 19 :** ES19-28



**Figure 20 :** ES19-30



**Figure 21 :** ES19-31



**Figure 22 :** ES19-32



**Figure 23 :** ES19-33



**Figure 24 :** ES19-36



**Figure 25 :** ES19-39

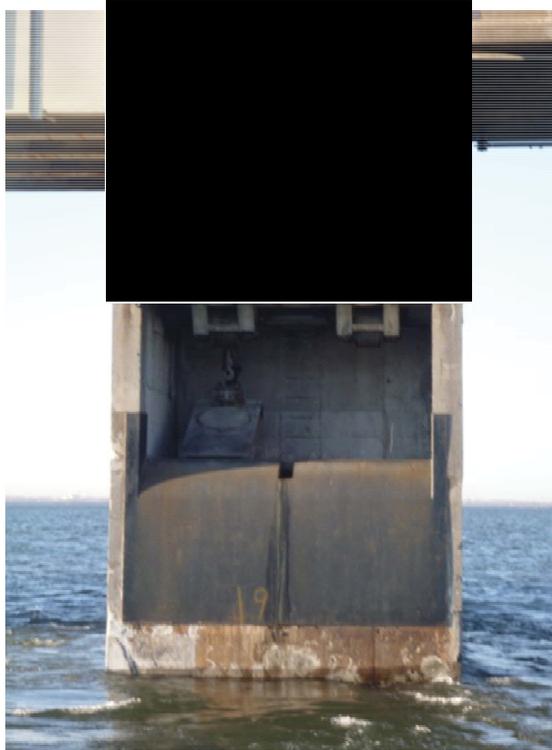
## **4.2. PHOTOGRAPHIES EXTÉRIEURES GÉNÉRALES**



**Figure 26 :** Paroi amont / Pile 19 (ES19-AM)



**Figure 27 :** Paroi gauche / Pile 19 (ES19-PG)



**Figure 28 :** Paroi aval / Pile 19 (ES19-AV)



**Figure 29 :** Paroi droite / Pile 19 (ES19-PD)