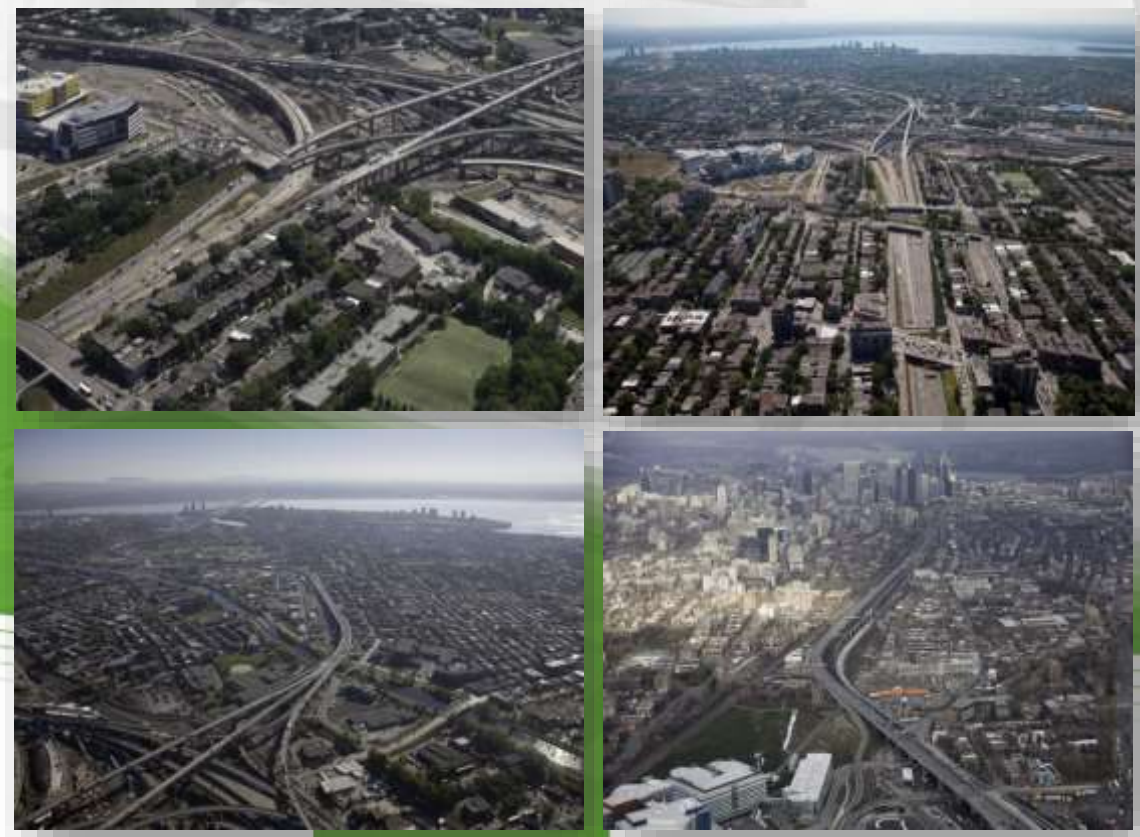


Ingénieur de demain, vers les solutions techniques innovantes pour les nouvelles structures construites en milieu urbain.

Cas de conception et construction d'un de plus gros échangeur au Canada

ExpoBeton 2019





INTRODUCTION

1. VUE D'ENSEMBLE DU PROJET
2. DÉFIS DU PROJET
3. SOLUTIONS PROPOSÉES

CONSORTIUM



Kiewit

PARSONS

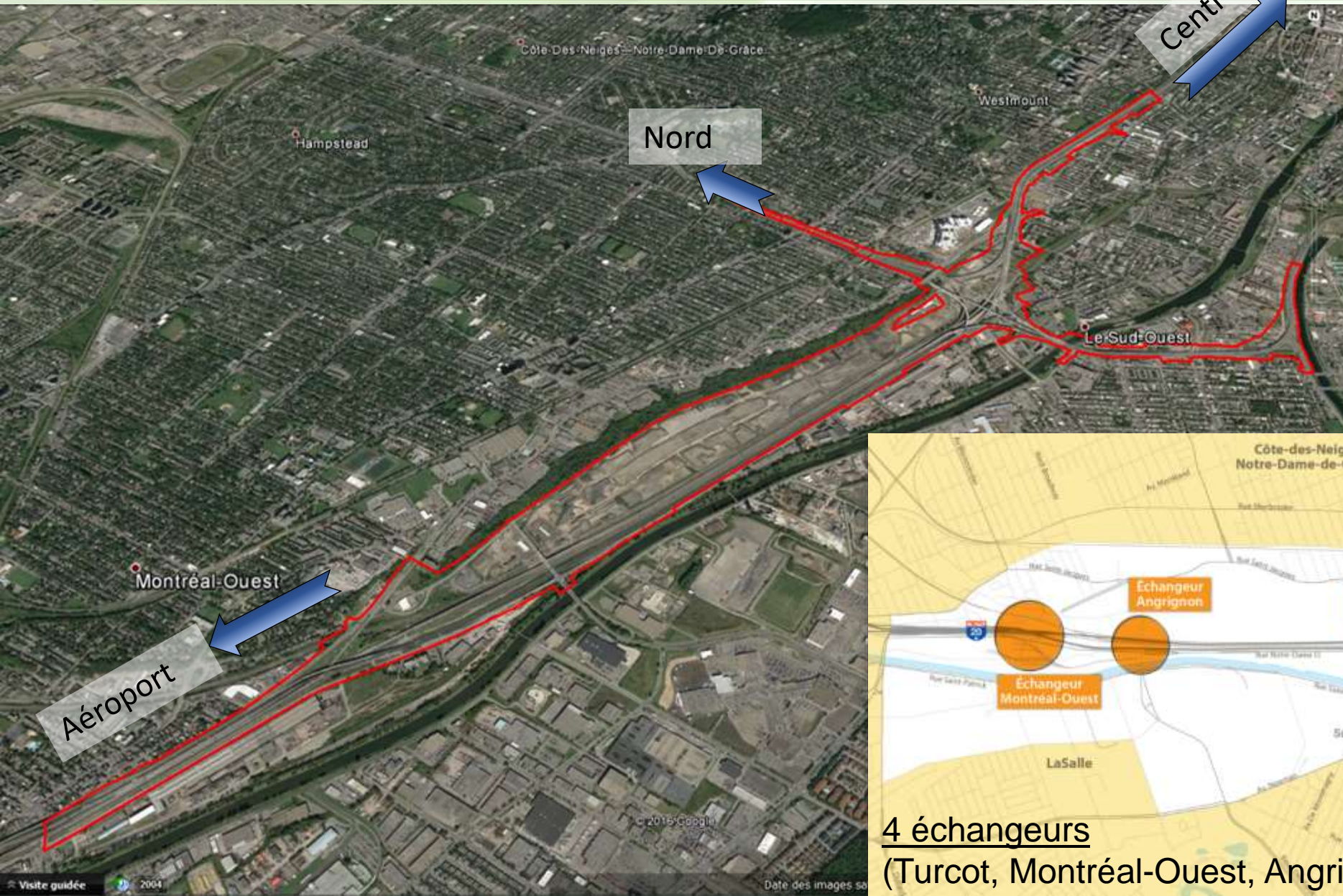


DESIGN



PARSONS

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT STATISTIQUES



- 7 km de l'ouest vers l'est
- Échangeur ouvert à la circulation en 1967
- Débit de circulation: 300 000 véh/jour, incluant 30 000 camions/jour
- Échangeur Turcot: 13 bretelles existantes variant de 18 à 29 m en hauteur
- L'échangeur Turcot, situé à Montréal, est le plus important dans la province du Québec:



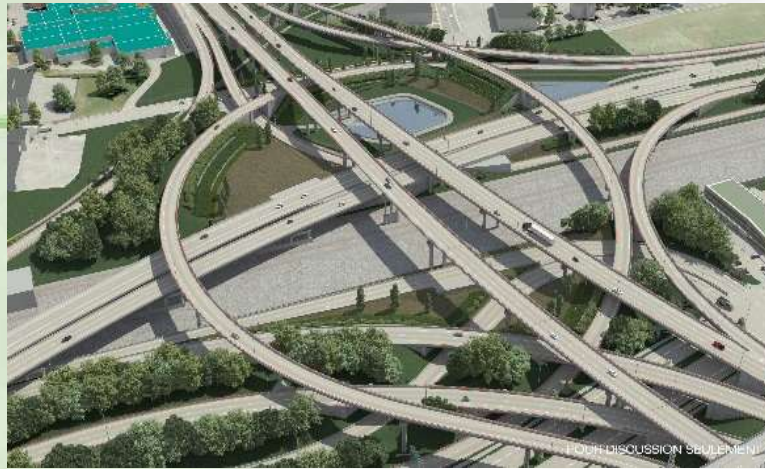
4 échangeurs
(Turcot, Montréal-Ouest, Angrignon et La Vérendrye)

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET QUELQUES QUANTITÉS

- 145 km de voie routière

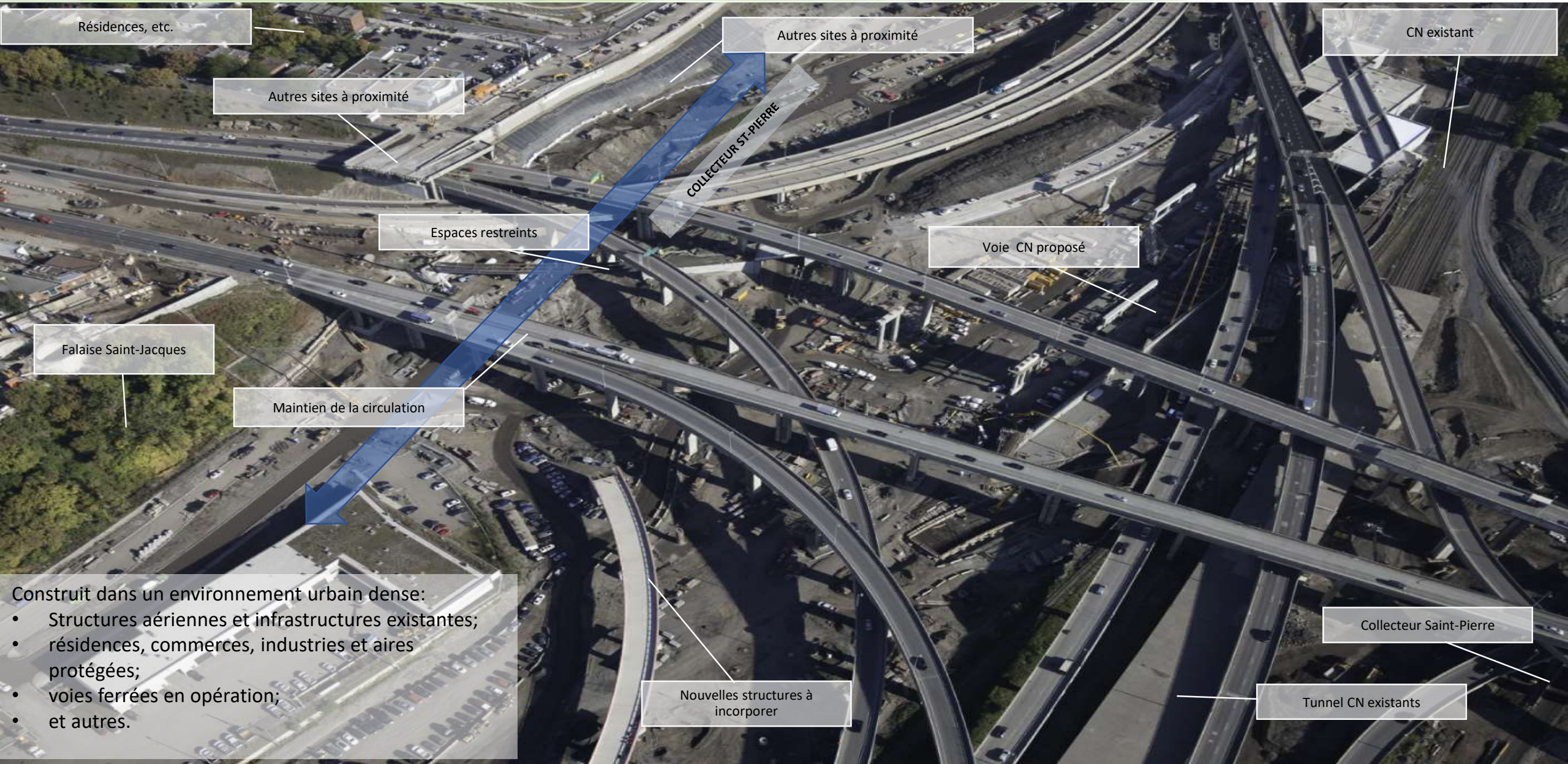
STRUCTURES

- **42 structures**
 - 65 000 m² de surface de tablier
 - 15 500 t de charpente métallique
 - 35,000 m³ de béton de fondation
 - 6 500 t d'acier d'armature
- **190 murs de soutènement**
 - 65,000 m² de murs



VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT

DÉFIS: LOCALISATION ET CONDITIONS EXISTANTES



Résidences, etc.

Autres sites à proximité

Autres sites à proximité

CN existant

Espaces restreints

Voie CN proposé

Falaise Saint-Jacques

Maintien de la circulation

COLLECTEUR ST-PIERRE

Construit dans un environnement urbain dense:

- Structures aériennes et infrastructures existantes;
- résidences, commerces, industries et aires protégées;
- voies ferrées en opération;
- et autres.

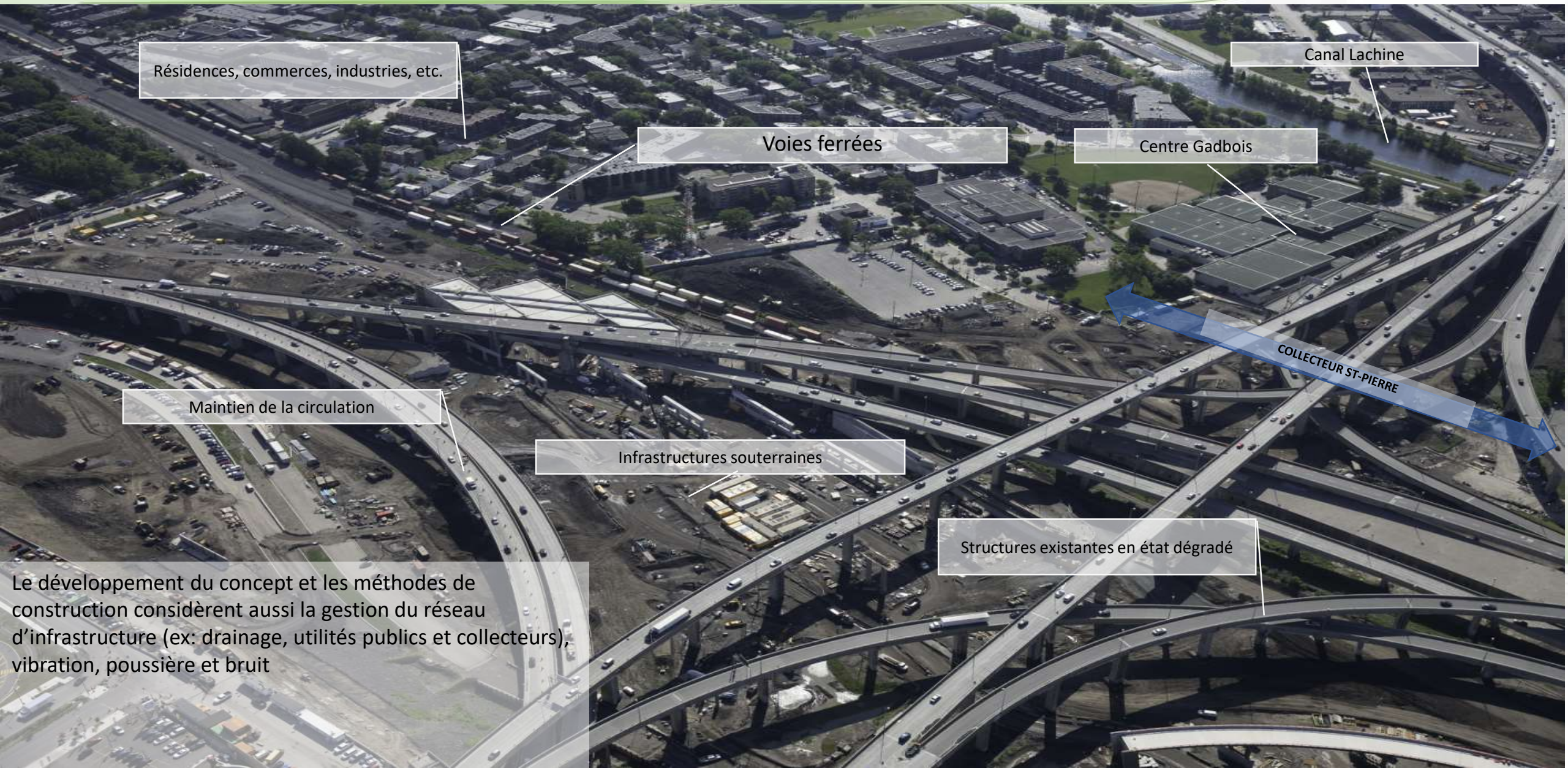
Nouvelles structures à incorporer

Collecteur Saint-Pierre

Tunnel CN existants

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT

DÉFIS: LOCALISATION ET CONDITIONS EXISTANTES



Résidences, commerces, industries, etc.

Voies ferrées

Centre Gadbois

Canal Lachine

Maintien de la circulation

Infrastructures souterraines

Structures existantes en état dégradé

COLLECTEUR ST-PIERRE

Le développement du concept et les méthodes de construction considèrent aussi la gestion du réseau d'infrastructure (ex: drainage, utilités publics et collecteurs), vibration, poussière et bruit

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT

DÉFIS: LOCALISATION ET CONDITIONS EXISTANTES

+ STRUCTURES EXISTANTES

- A conserver pour le maintien de la circulation



+ CONDITIONS GÉOTECHNIQUE

Présence de sols compressibles et sols contaminés



VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT

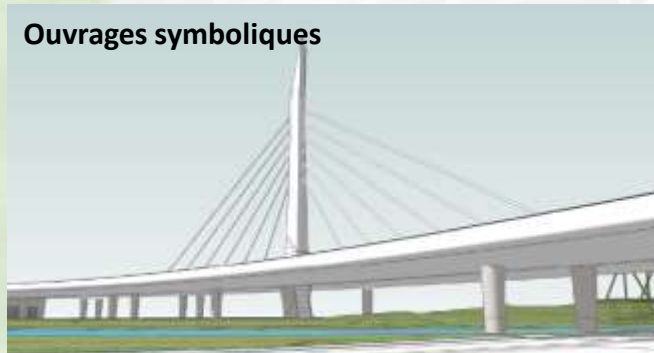
DÉFIS: ARCHITECTURE ET INTÉGRATION URBAINE

Vision architecturale imposé par le Client

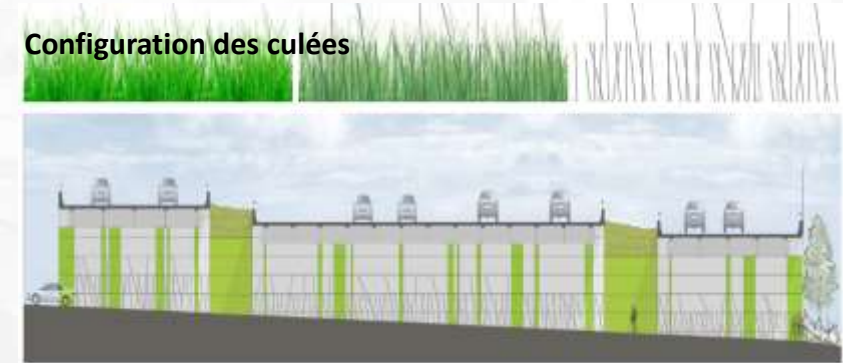
**Structures aériennes principales
(Caissons en acier peint)**



Ouvrages symboliques

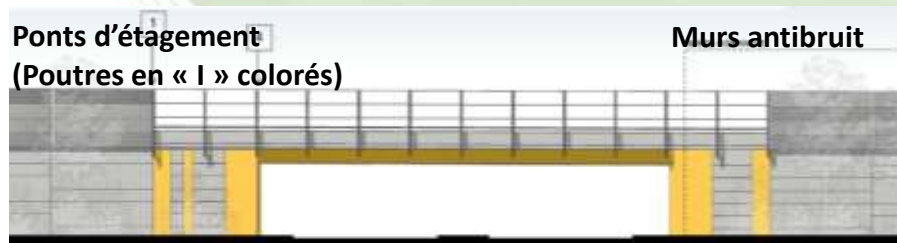


Configuration des culées



**Ponts d'étagement
(Poutres en « I » colorés)**

Murs antibruit



Intégration urbaine



Murs antibruit



ELEVATION DE MUR OPAQUE

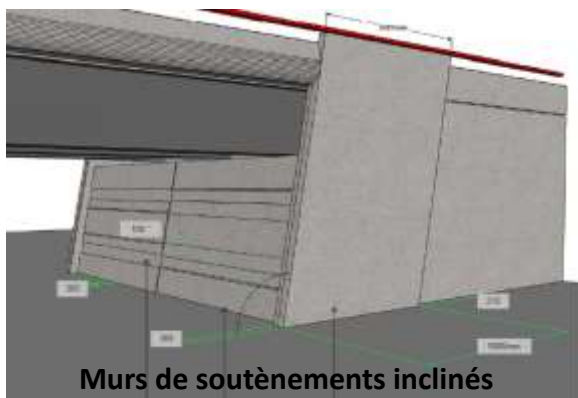


ELEVATION DE MUR OPAQUE ET MUR PARTIELLEMENT TRANSPARENT

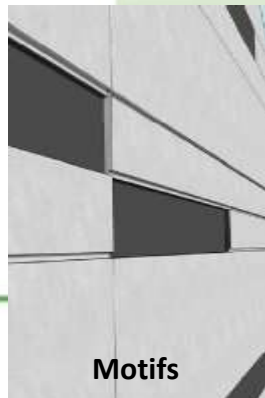


ELEVATION DE MUR TRANSPARENT

*Les panneaux transparents peuvent avoir un film anti-impact pour les oiseaux dans le cas où les études le considèrent nécessaire.



Murs de soutènements inclinés



Motifs



Piles architecturales



Intégration architecturale aux ponts et utilisation de murs MSE

Pont à double courbure

Démolition rapide du tunnel

Construction à proximité des autres sites

Démolition partielle et construction dans des espaces très serrés

Utilisation des prédalles préfabriquées dans tout le projet

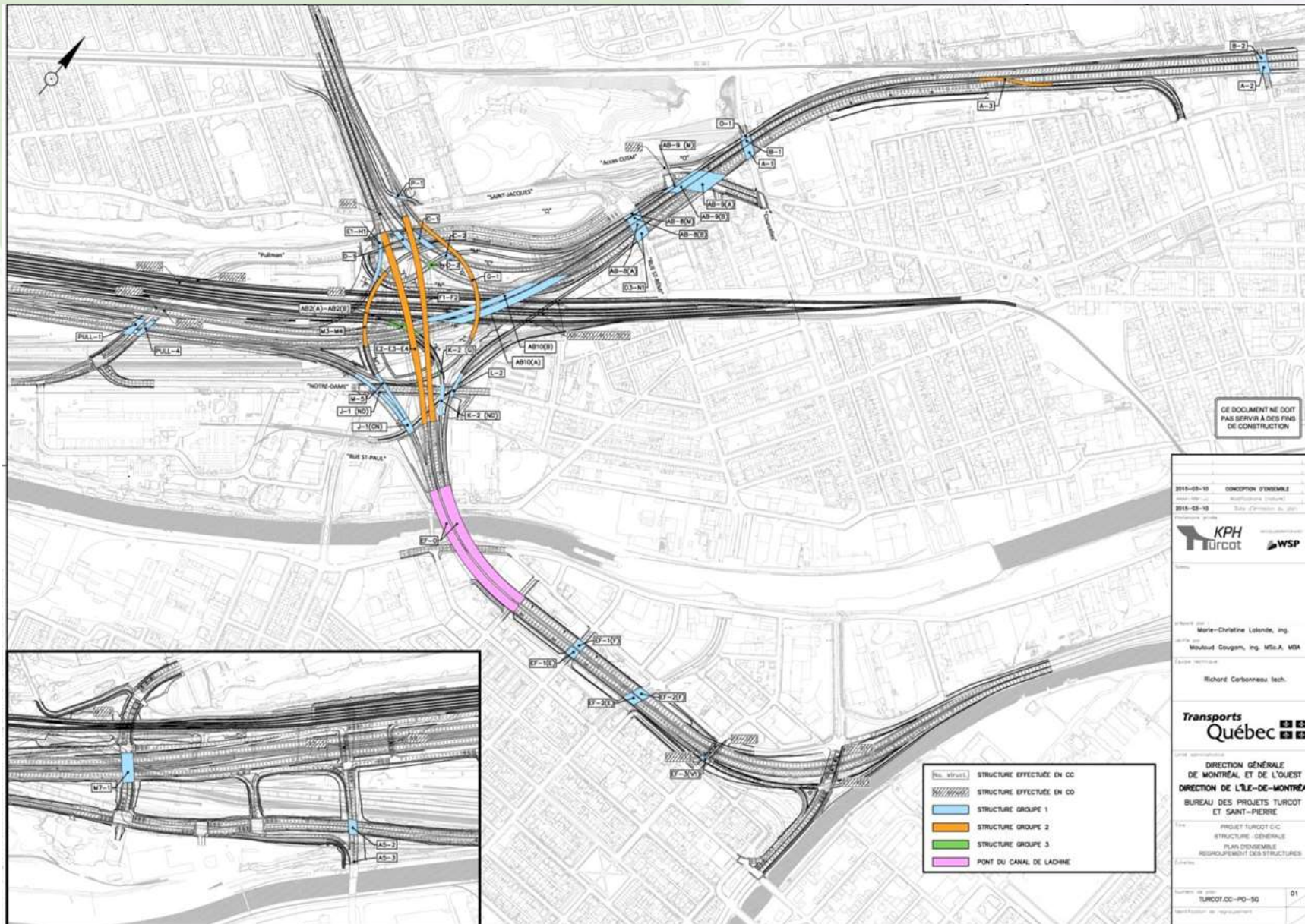
Construction en phases

Programme de surveillance des structures existantes

Murs MSE pour les culées

Une multitude de solutions innovatrices et créatives

VUE D'ENSEMBLE DU PROJET TURCOT SOLUTIONS TECHNIQUES



- Structures à géométrie complexe pour s'adapter à la géométrie routière et au maintien de la circulation;
- Élimination de tunnels;
- Intégration architecturale;
- Murs MSE y compris aux culées;
- Dalles de tablier préfabriquées;
- Maintien des structures existante

SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS MULTITUDE DE STRUCTURES COMPLEXES

- Construction en phases;
- Longues portées de pont;
- Longs ponts courbes;
- Fort biais;
- Courbure horizontale en S;

Ces ponts permettent, de construire des structures dans des espaces restreints à proximité des structures existantes à conserver.

SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

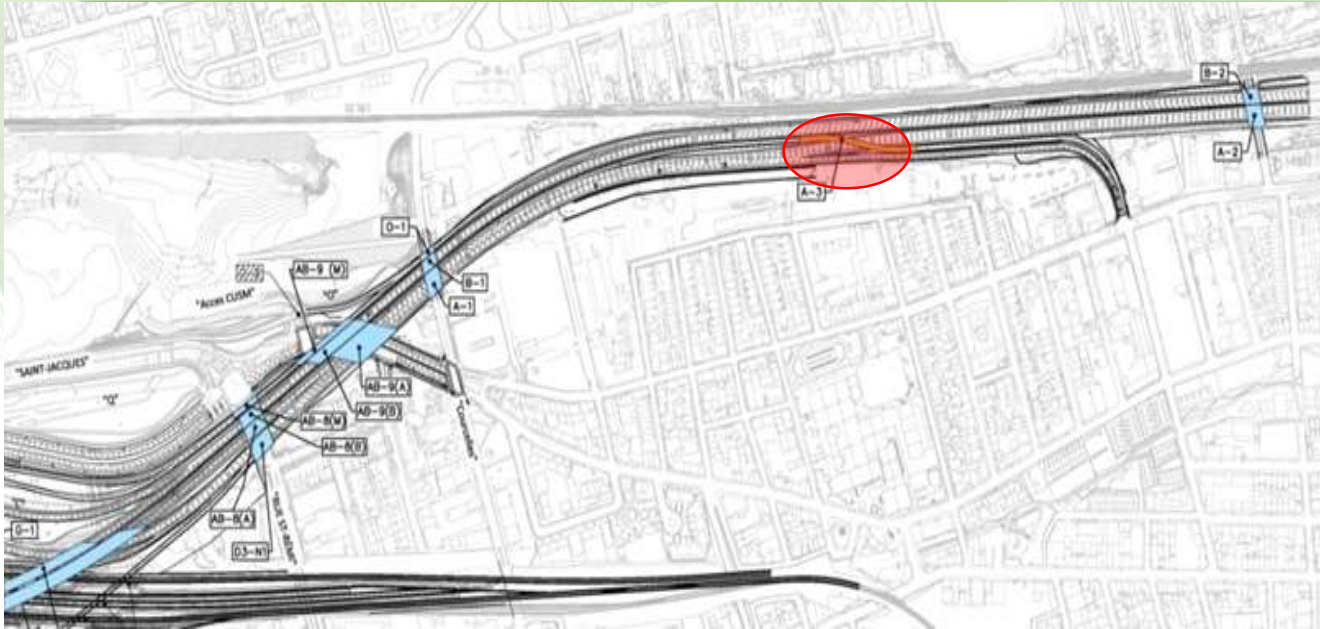
MULTITUDE DE STRUCTURES COMPLEXES



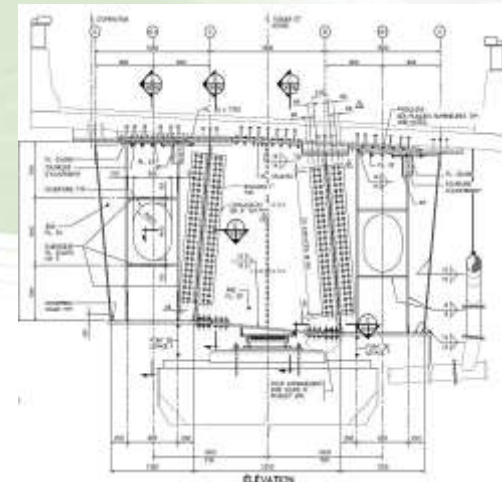
SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Structure A-3, pont VMO



- Voie VMO
- Ponts à poutres-caissons **double courbure** en «S»;
- Longueur total de 170 m avec travée principale de 83 m
- Changement de dévers de **+6% à -6%**.



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Structure A-3, pont VMO

- Érection de la structure en trois (3) semaines :
 - ajustement des contreventements au chantier (perçage sur mesure);
- Prédalles préfabriquées avec formes irrégulière;



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier à poutres d'acier en I

Route 136 et voies du CN – Structures AB-10(A) et AB-10(B)

- **Construction en phases** pour le maintien de la circulation:
 - Proximité avec structures existantes
 - minimiser l'influence sur les opérations du CN;
 - Phase 1 de AB-10(A) inclut une circulation temporaire sur la structure non complétée



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier à poutres d'acier en I

Route 136 et voies du CN – Structures AB-10(A) et AB-10(B)

- Installation et méthodes d'érection incluses dans la conception:
 - planification de l'érection
 - Tours temporaires de support;
 - Séquence de bétonnage
 - Considérations pour appuis et joints



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Secteur centre

- Structures E-1, F-1, G-1, M3-M4 et H-1



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Secteur centre

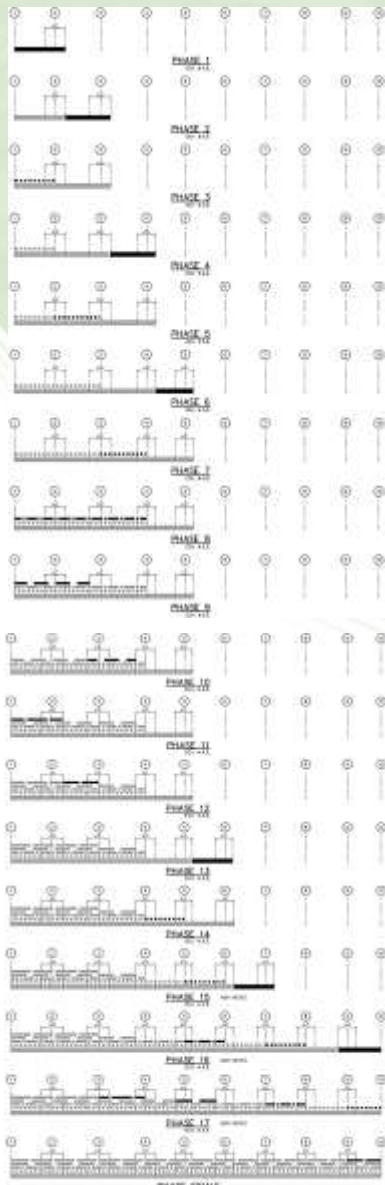


SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Secteur centre,

- Construction en phases pour le maintien de la circulation et le CN



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Secteur centre, structures jumelles A-15

Les culées des structures E-1 et H-1 sont construites avec un pieu existant en place



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier en poutres-caissons en acier

Secteur centre



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Tablier à poutres d'acier en I (34 structures)

Ponts complexes avec poutres en I – Secteur centre

- J-1(ND) (et autres telles que M-5, K-2(ND), L-2, D-1, C-1, etc.)

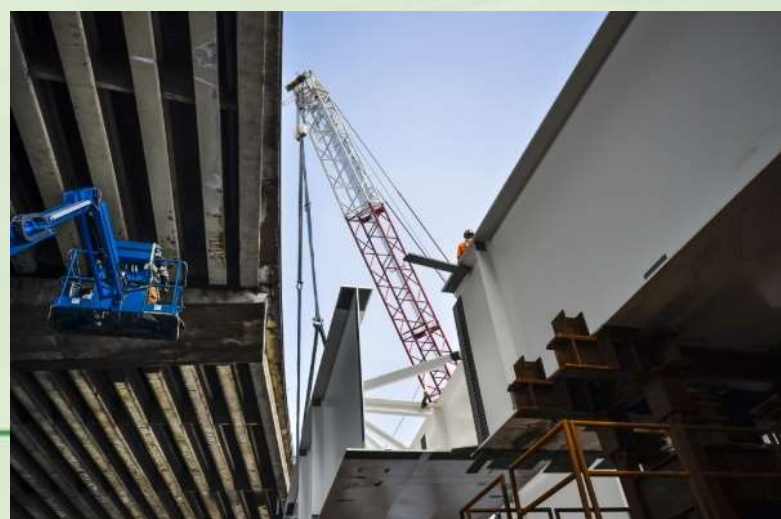
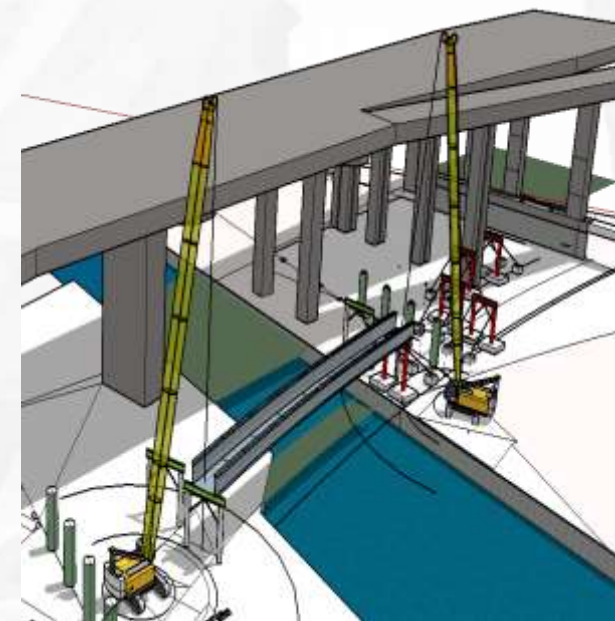
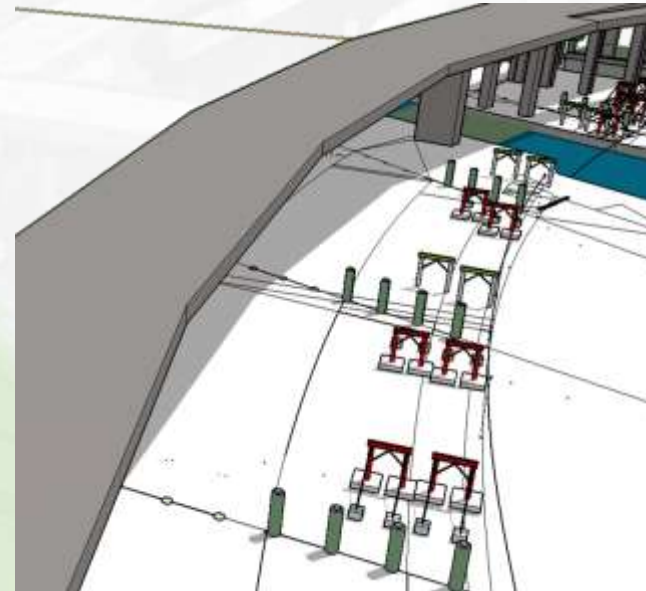


- Longs ponts à poutres en "I"
 - biais, courbure en plan ou répartition inégale des travées
- Séquences de construction
 - Minimiser influence sur les opérations du CN;
 - la circulation sur 3 des 5 poutres (ex: structure D-1)

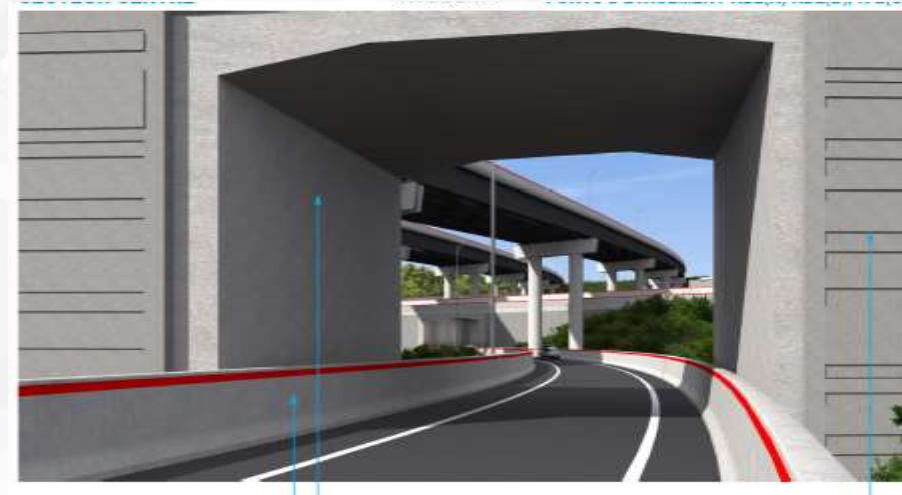


SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Pont Canal Lachine (Conception détaillée par PARSONS)

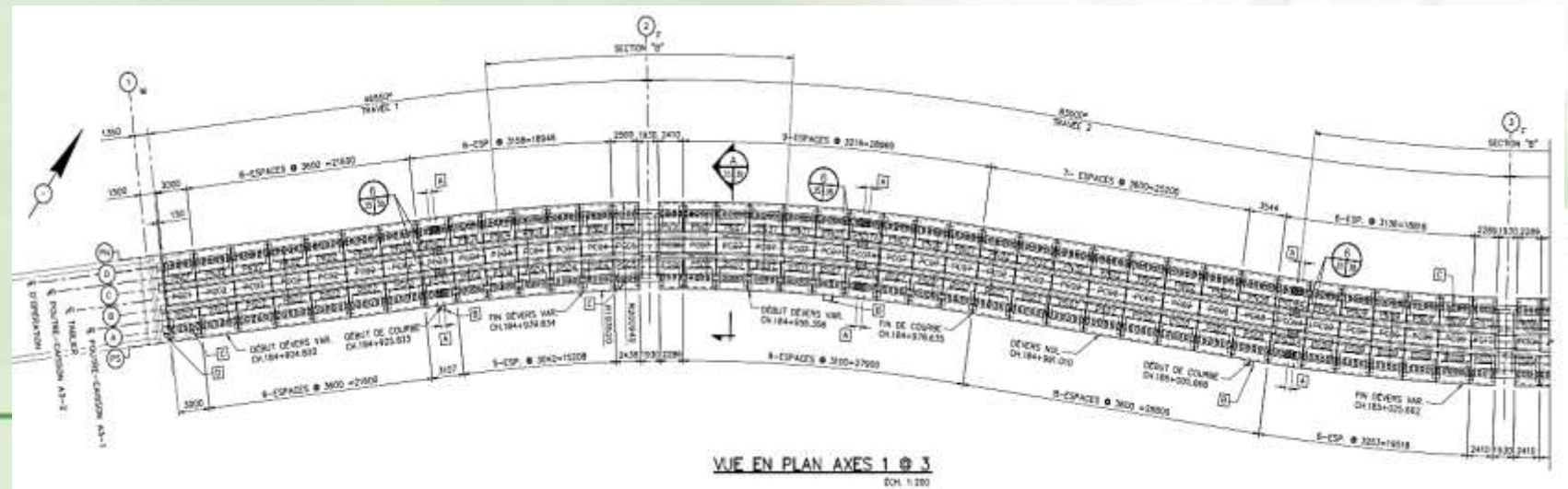


SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS PORTIQUES EN BÉTON



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS PRÉDALLES

- Utilisation de **prédalles préfabriquées** incluant des formes irrégulières:



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

PIEUX CAISSONS



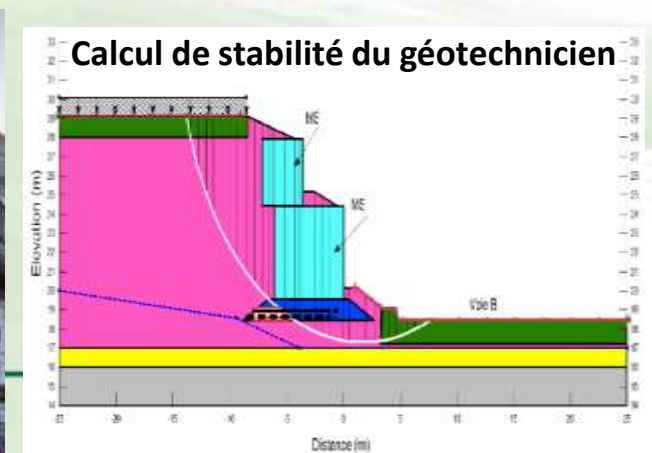
SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS INTÉGRATION DE LA VISION ARCHITECTURALE



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

MURS DE SOUTÈNEMENTS

- Une grande partie des **145 km de chaussée se trouve sur remblais soutenus**
 - résultant: 65 000 m car. de murs
- **Besoins** pour les murs de soutènements:
 - S'adapter à la géométrie routière et contraintes d'espace:
 - Construction par phases
 - S'adapte aux obstacles
- **Choix final: Murs homologués en remblai renforcées**
 - Construction simple et rapide:
 - Coûts de construction et de maintenance optimisée:
 - Panneaux préfabriqués en en usine:
 - Esthétique et uniforme:
 - Réductions d'excavation (réalisé avec l'ingénieur géotechnicien):



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

MURS DE SOUTÈNEMENT MSE

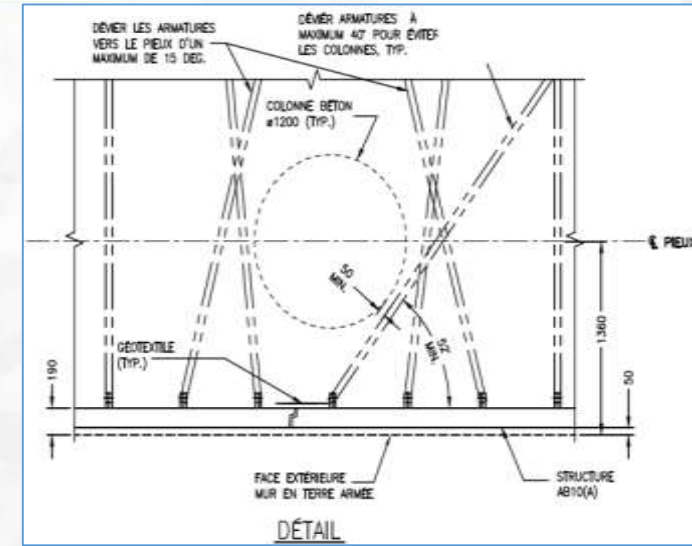
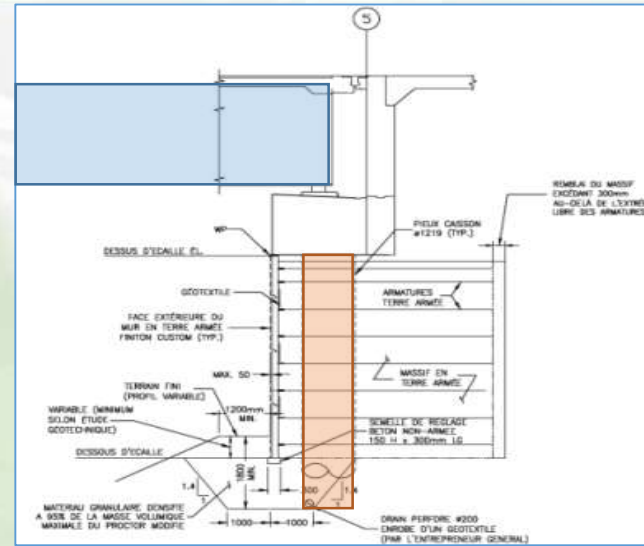


SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Murs de soutènement MSE

Mur MSE a été employé aux culées de pont.

- Chevêtres reposant sur des pieux caisson dans le remblai granulaire des murs MSE.
- Dévier les inclusions pour éviter les obstacles:
- Murs MSE à angle aigu et géométrie variable;
- Capacité de **construire en phases** pour minimiser les travaux temporaires.



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS

Quelques murs de soutènement spéciaux

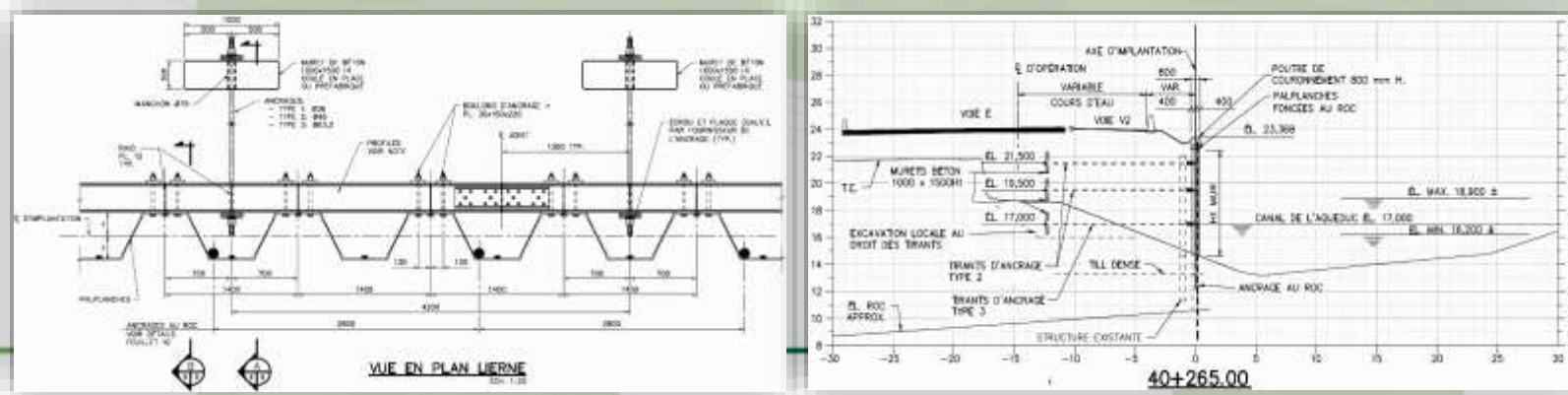
MS1-CN: Pieux caissons avec paroi en béton préfabriqué



MS1-L: Mur en béton armé avec un porte-à-faux



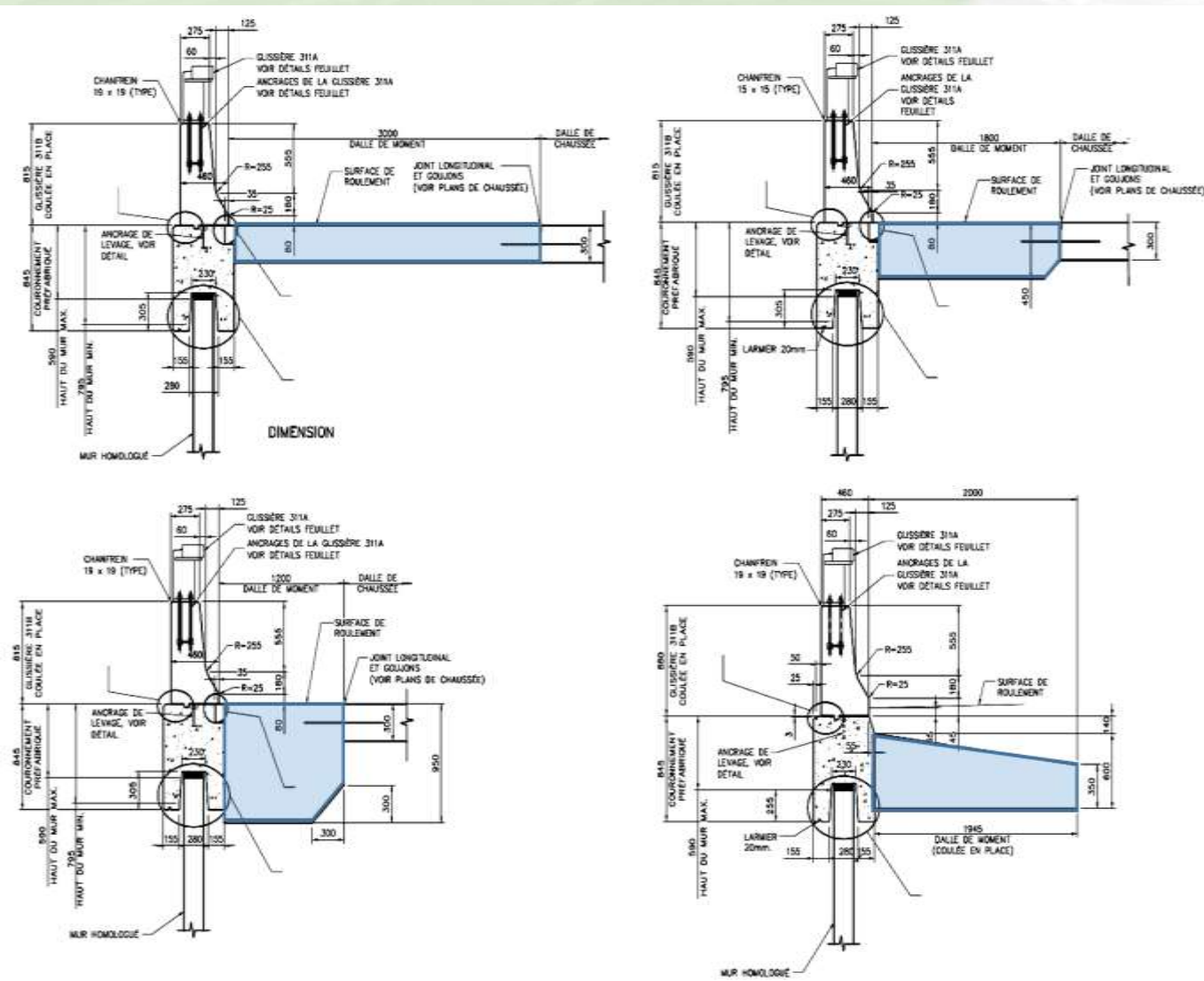
MS5-E: Mur en palplanche le long du Canal de l'Aqueduc avec "dormants"



SOLUTIONS STRUCTURALES

DALLE DE MOMENT

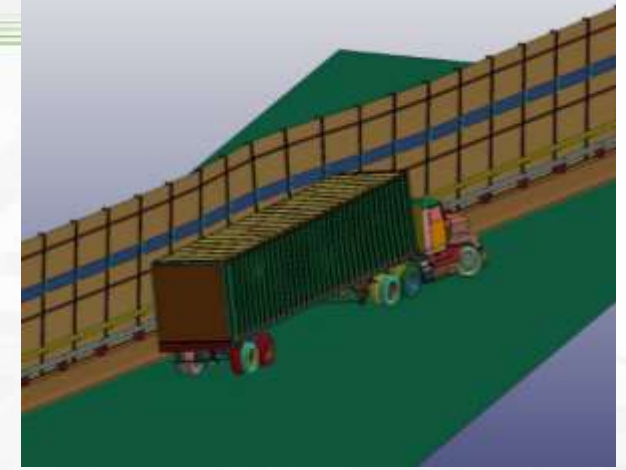
- Conception des dalles de moment liées à la route
 - permettant aux glissières d'absorber l'impact des charges des véhicules circulant;



SOLUTIONS STRUCTURALES

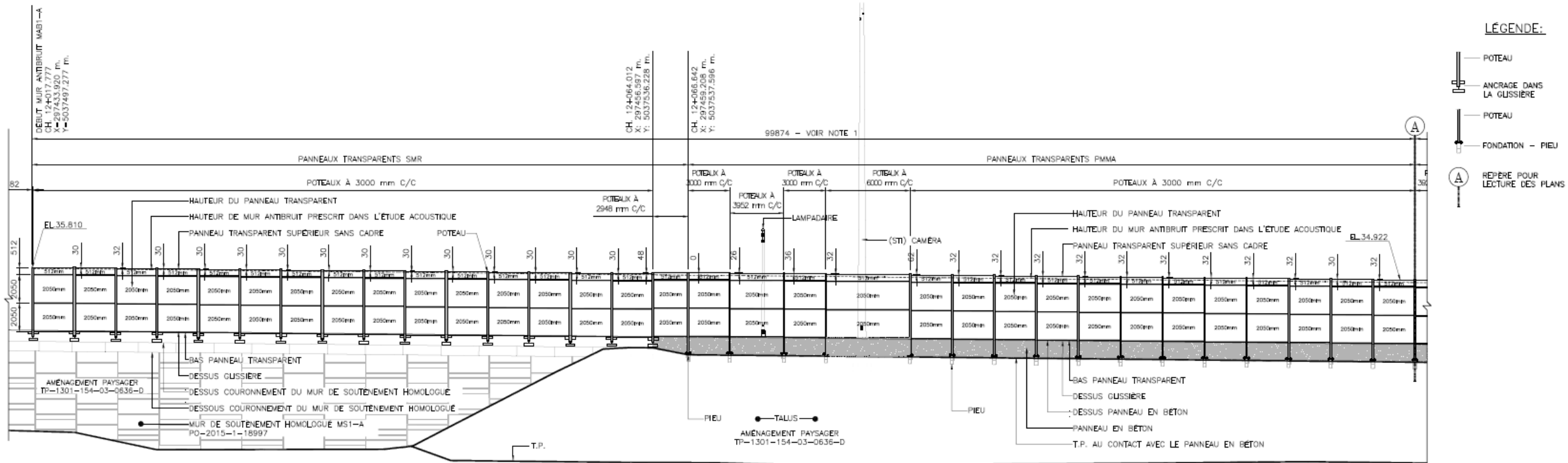
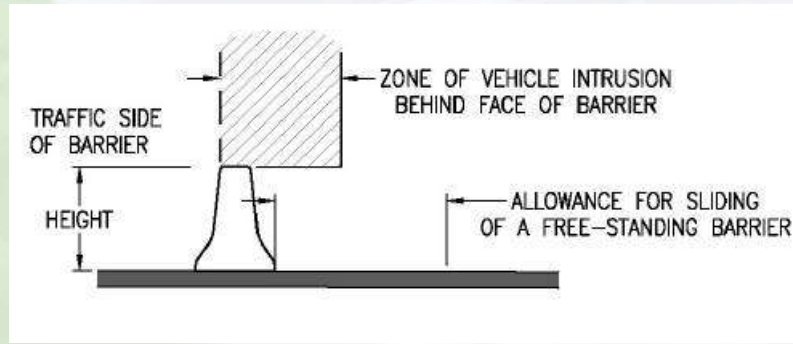
MURS ANTIBRUIT

Simulation murs antibruit (par LXIM)



Conception d'un système d'ancrage de murs antibruit

- Murs doivent résister à un impact;
- Attaché aux glissières en béton;
- murs antibruit transparent, semi-opaque et opaques;
- Aucun débris de verre des murs transparent (norme NF EN 1794-2).



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS

SOLUTIONS TECHNIQUES

- Activités d'inspection, de surveillance par instrumentation, de renforcement et de stabilisation de structures existantes à modifier ou démolir partiellement pour permettre le maintien de la circulation.



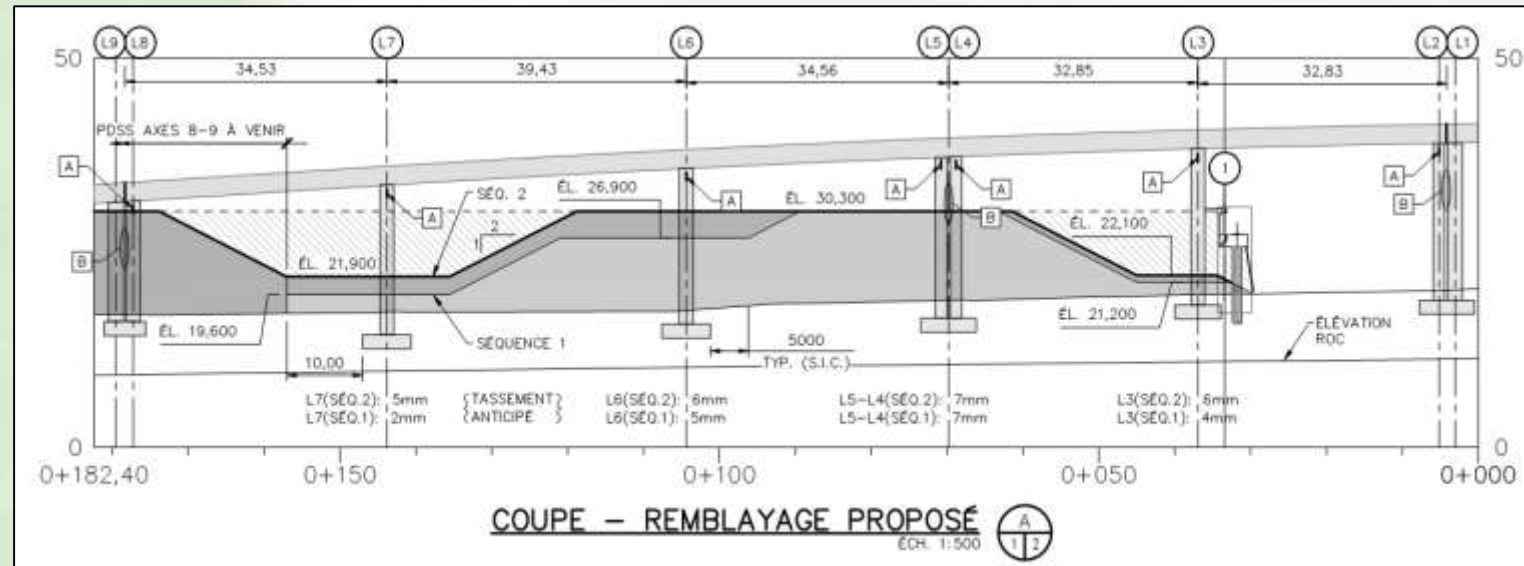
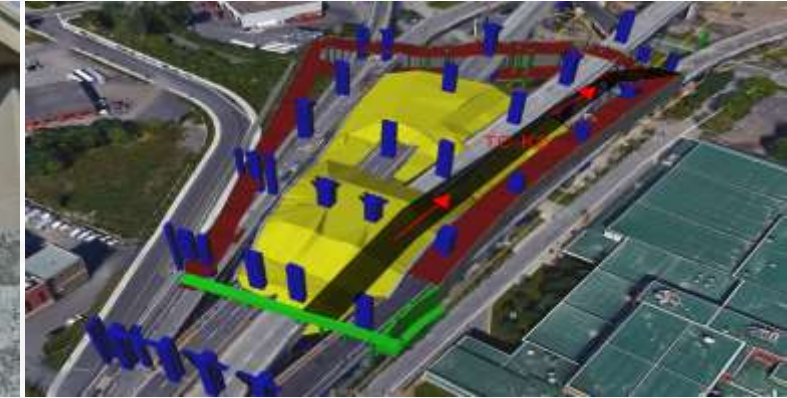
DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS INFLUENCE DU REMBLAI ET DE L'EXCAVATION SUR LES STRUCTURES EXISTANTES

- Influence de l'excavation et du remblayage sur les structures existantes:
 - Vérification du tassement des semelles ;
 - Vérification de la capacité structurale ;
 - Inspection in situ des pieux sous les fondations existantes ;
 - Inspection et contrôle des mouvements et du comportement des structures existantes.



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS INFLUENCE DU REMBLAI ET DE L'EXCAVATION SUR LES STRUCTURES EXISTANTES

- Secteur Gadbois
- Hauteur de remblai contrôlée entre 10 m à 13 m dans le secteur centre
- Contrôle du tassement des semelles afin de ne pas nuire à la structure existante
- **Tassement des semelles**
- Élaboration d'un plan de remblayage pour maximiser la quantité de remblai dans le secteur Gadbois tout en assurant un tassement acceptable.
- Séquence 1 (gris pâle) : Tassement linéaire
- Séquence 2 (gris foncé) : Tassement admissible



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS MODIFICATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES EXISTANTES

Programme de surveillance spécifique

- A-20 vers R-136 : composer avec un espace restreint



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS

MODIFICATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES EXISTANTES

- Exemple
- Démolition partielle d'un cadre rigide (B13) supportant 2 niveaux de circulation



Besoin 1

Démolir la moitié du cadre rigide pour laisser place à la construction de la voie ferrée



- **Besoin 2:**
 - Démolir une partie du coude résiduel pour laisser place aux poutres d'une nouvelle structure

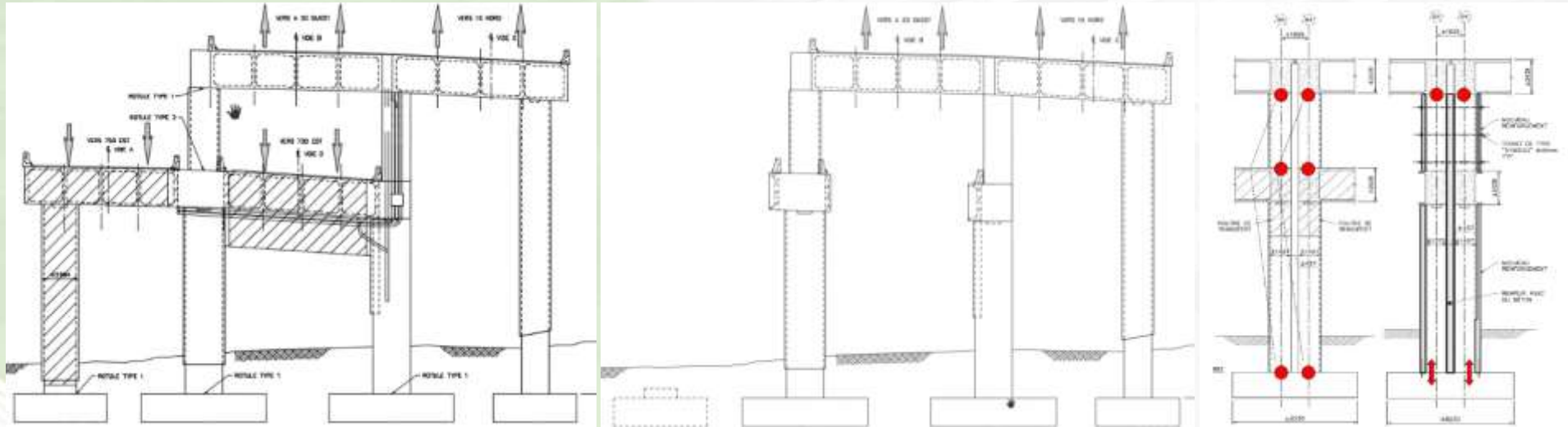
DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS

MODIFICATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES EXISTANTES



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS MODIFICATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES EXISTANTES

- Stabilisation de piles dos-à-dos engendrée par la démolition du tablier intermédiaire (B4-B5 et B11-B12)



DÉMOLITION DES STRUCTURES EXISTANTES ET SUPPORT DES EXCAVATIONS MODIFICATION ET RENFORCEMENT DES STRUCTURES EXISTANTES



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS COLLECTEURS EXISTANTS

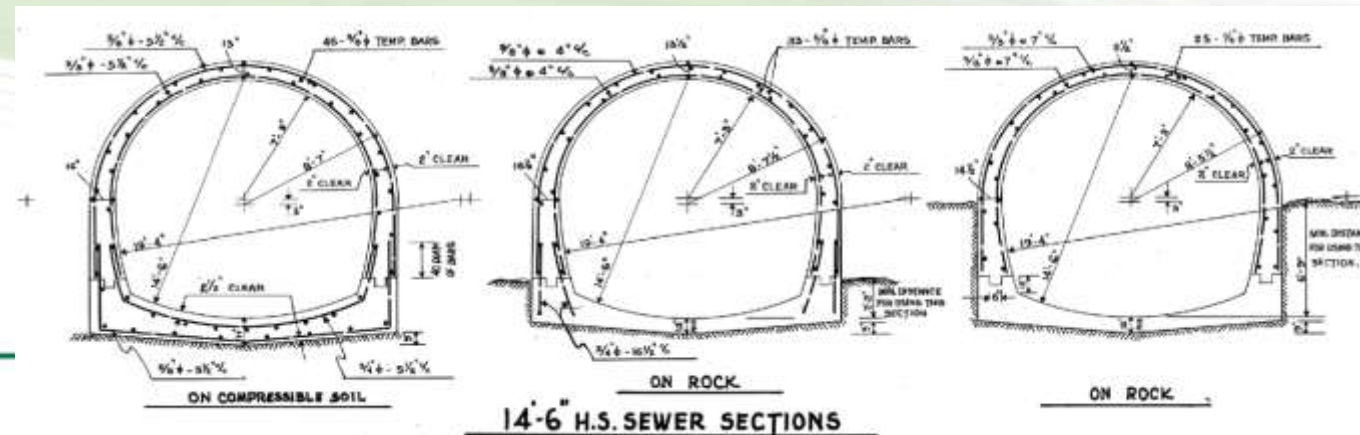
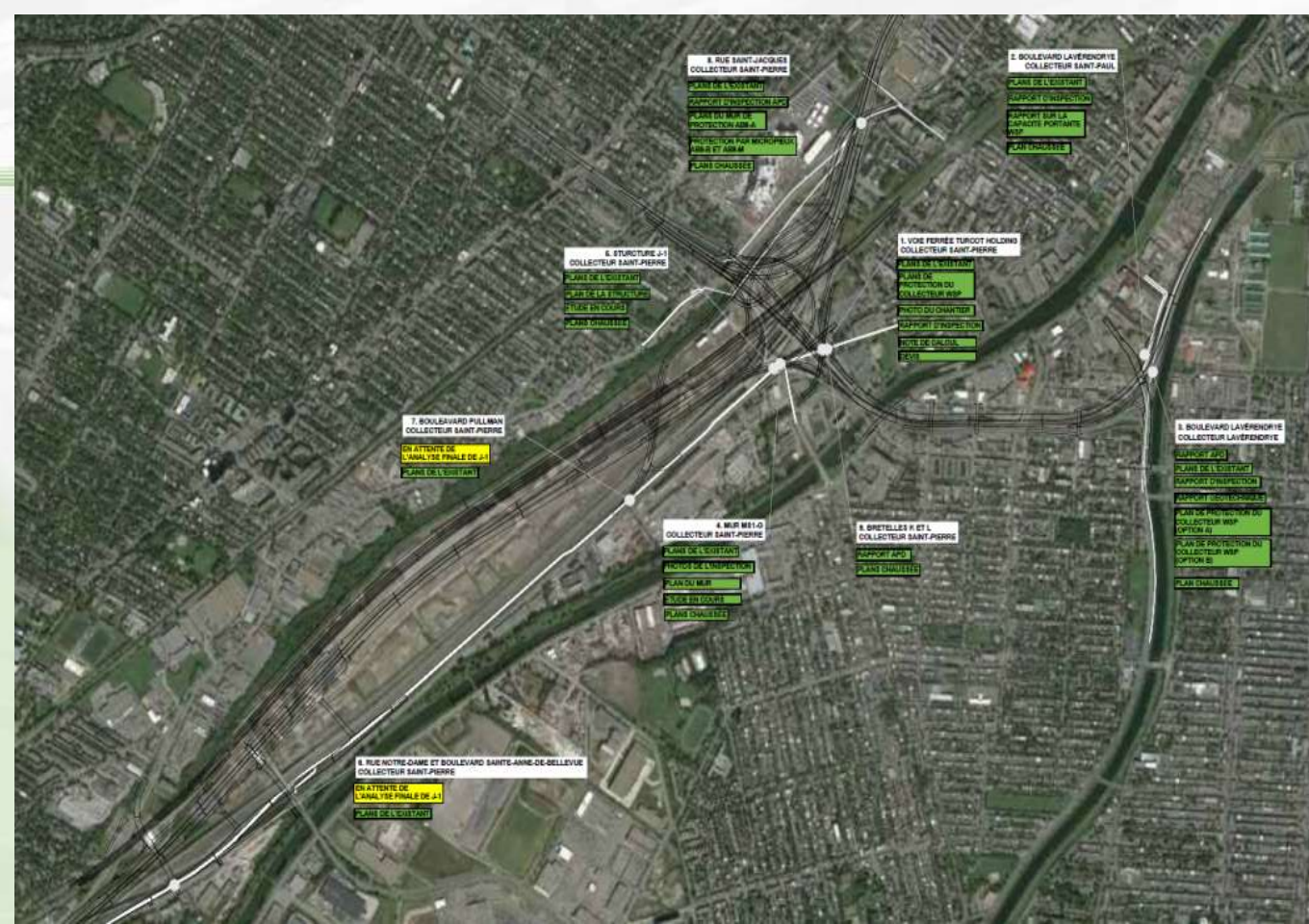
Quatre (4) importants collecteurs existants:

- Collecteur St-Pierre (niveau supérieur et inférieur)
- Collecteur St-Paul
- Collecteur La Verendrye
- Collecteur Green

Objectif : un minimum de perturbations du fonctionnement des collecteurs existants

Études spécifiques incluant :

- Étude d'implantation (ex : géoradar) ;
- Études géotechniques spécifiques ;
- Inspections (ex : vérification de l'épaisseur et de la capacité du béton) ;
- Niveaux d'eau à l'intérieur des collecteurs (niveaux piézométriques des niveaux d'inondation).



SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS COLLECTEURS EXISTANTS

Vérifiez tout d'abord le chargement existant vs. le chargement proposé:

- Si le chargement proposé est supérieur à l'original :
 - une analyse géotechnique (FEM) plus raffinée a été effectuée pour s'en assurer
 - Si l'analyse ne montre aucun impact - aucuns travaux



Figure 3 : Modèle d'origine sous la voie B existante

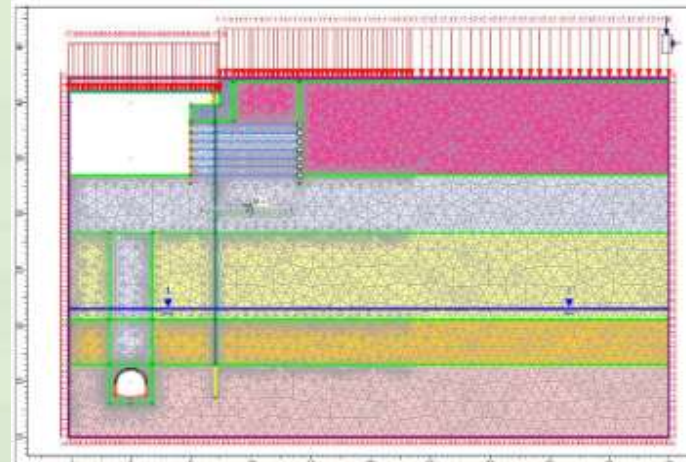


Figure 4 : Modèle projeté sous la voie B existante

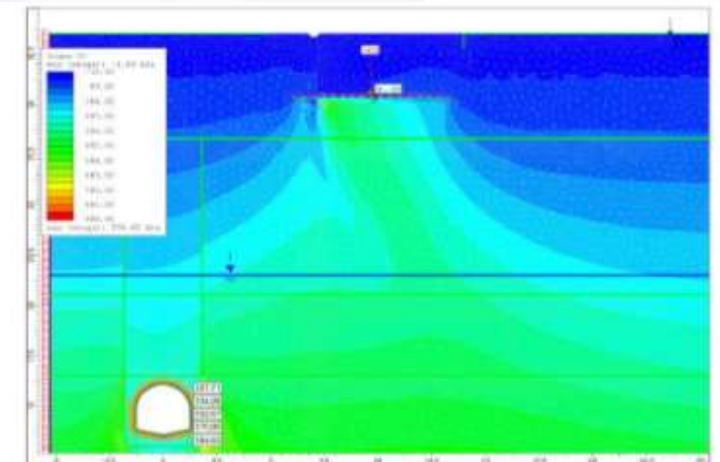


Figure 14 : Contrainte verticale autour du collecteur avant la construction de B-2

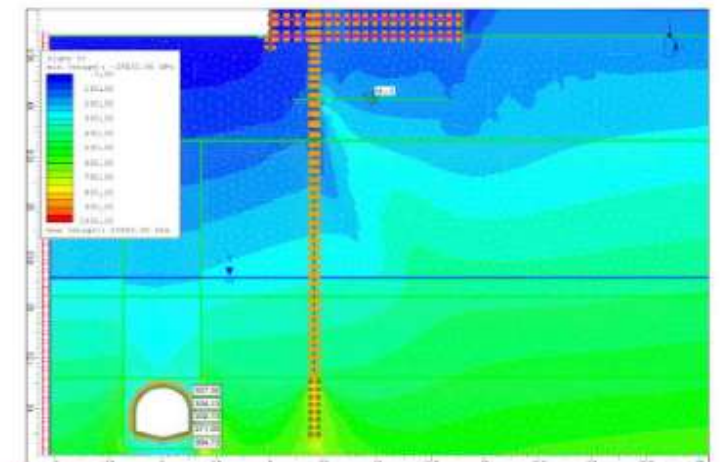
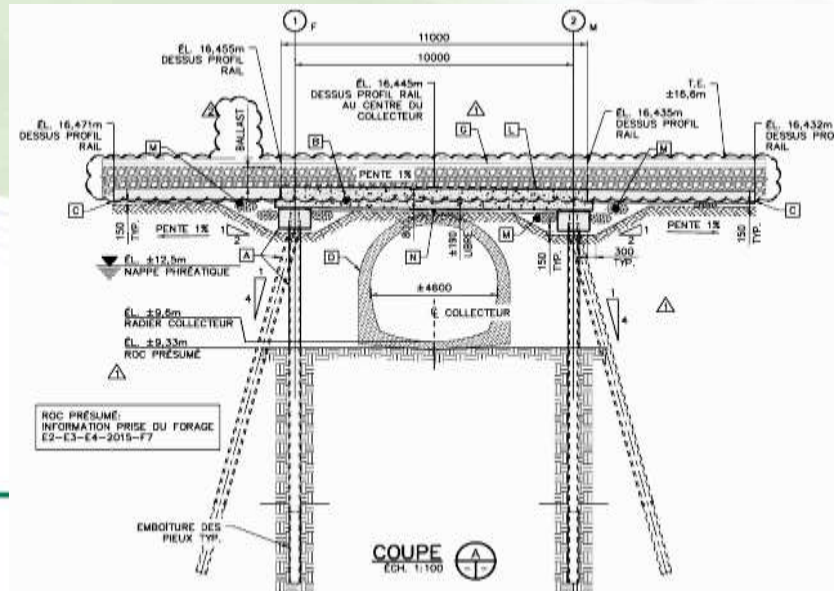
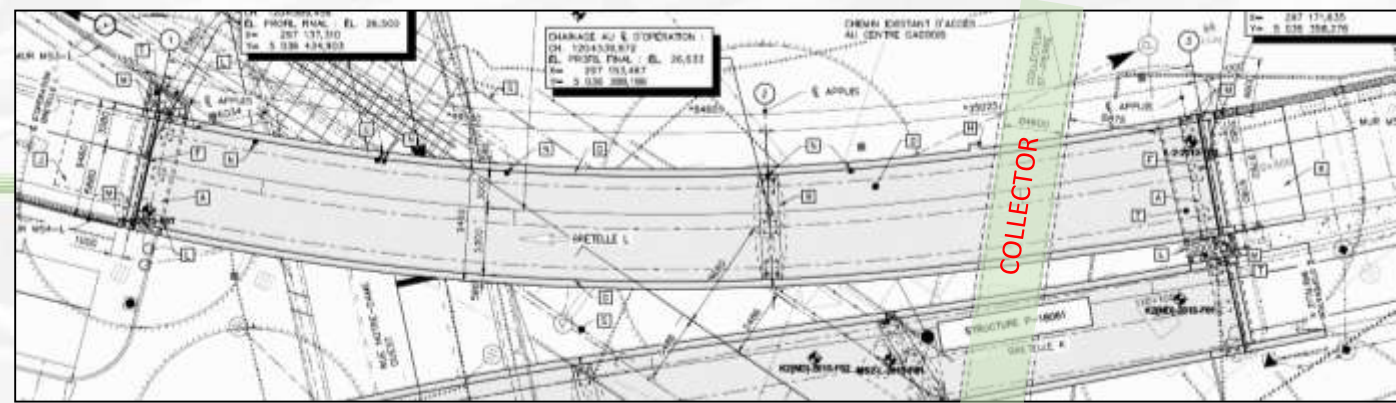


Figure 15 : Contrainte verticale autour du collecteur après la construction de B-2

SOLUTIONS STRUCTURALES DE PONTS COLLECTEURS EXISTANTS

- Suivant FEM, si le chargement proposé est toujours supérieure à l'original :
 - Augmenter la portée des ponts afin d'éviter les interactions entre les piliers ou culées sur les collecteurs.
 - Remplacement du sol
 - remblai léger EPS, sable, etc. pour compenser la charge supplémentaire ;
 - Dans des situations spéciales, utilisation de protection structurale des collecteurs;
 - dalles de béton reposant sur les piles le long des collecteurs



TURCOT

QUESTIONS ?



Client :	Ministère des Transports, Mobilité durable et Électrification des transports (MTMDET)
Contracteur:	Kiewit-Parsons-Holcim Turcot Consortium (KPH Turcot) en collaboration avec WSP Canada inc.
Conception:	WSP Canada inc.
Pont du Canal Lachine :	PARSONS
Ingénieurs en Géotechnique:	GHD Consultants inc.
Architecte (Structure):	CIVILITI
Architecte(Aménagement et intégration urbaine):	Lacasse Expert-Conseil
Vérificateur Independent :	Les Services EXP inc
Certificateur Independent :	Groupement SM-ARUP