

# Reconstruction de la passerelle piétonne Isabey-Darnley au-dessus de l'A-520 à Montréal

Par :

**Étienne Cantin Bellemare**, ing., PMP, LEED Green Associate

Chargé de projet

*Ville de Montréal*

**Clélia Desmettre**, ing., Ph.D.

Associée de recherche

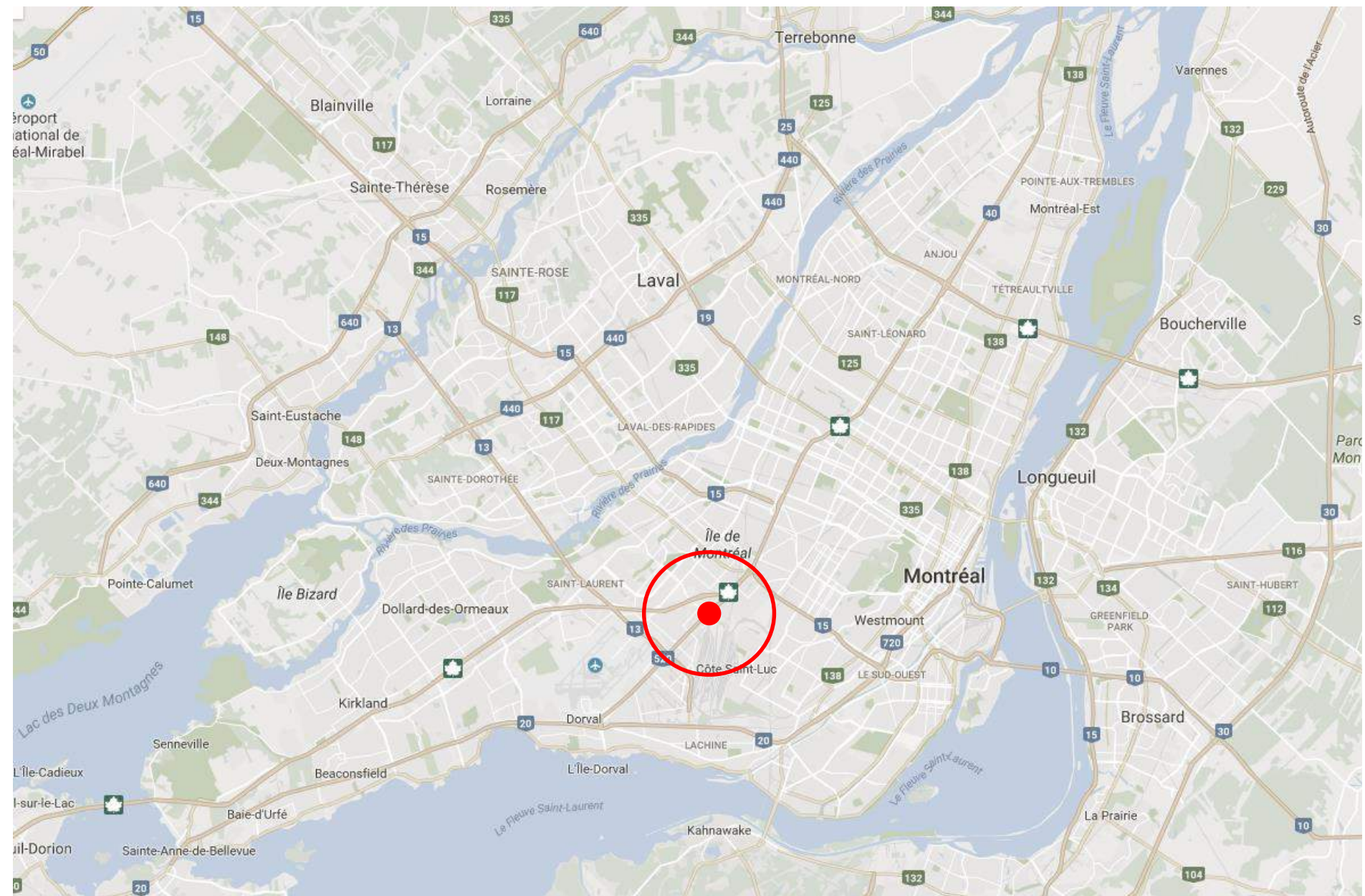
*École Polytechnique de Montréal*





# Division gestion d'actifs – Ponts et tunnels





# Localisation



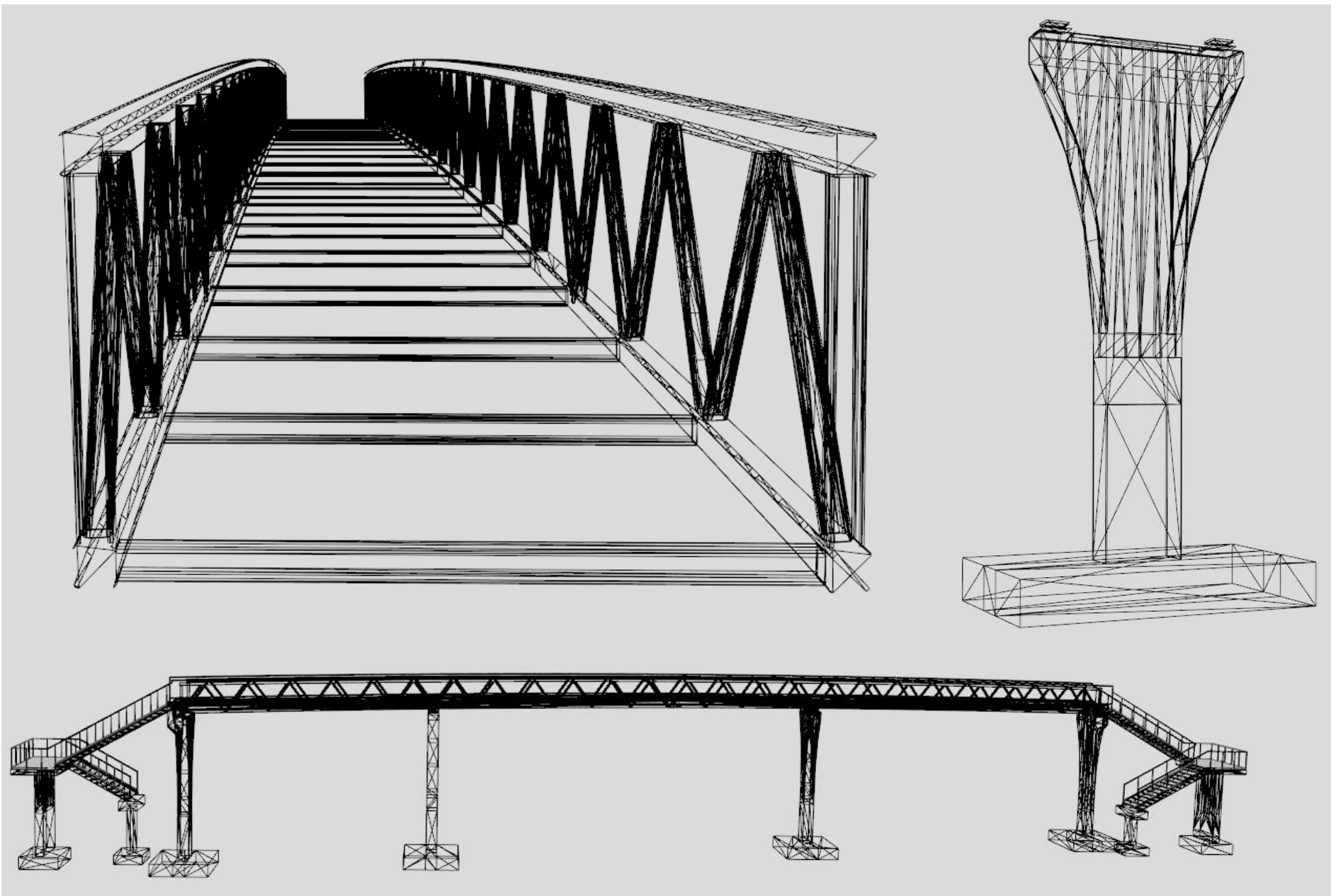


# Localisation

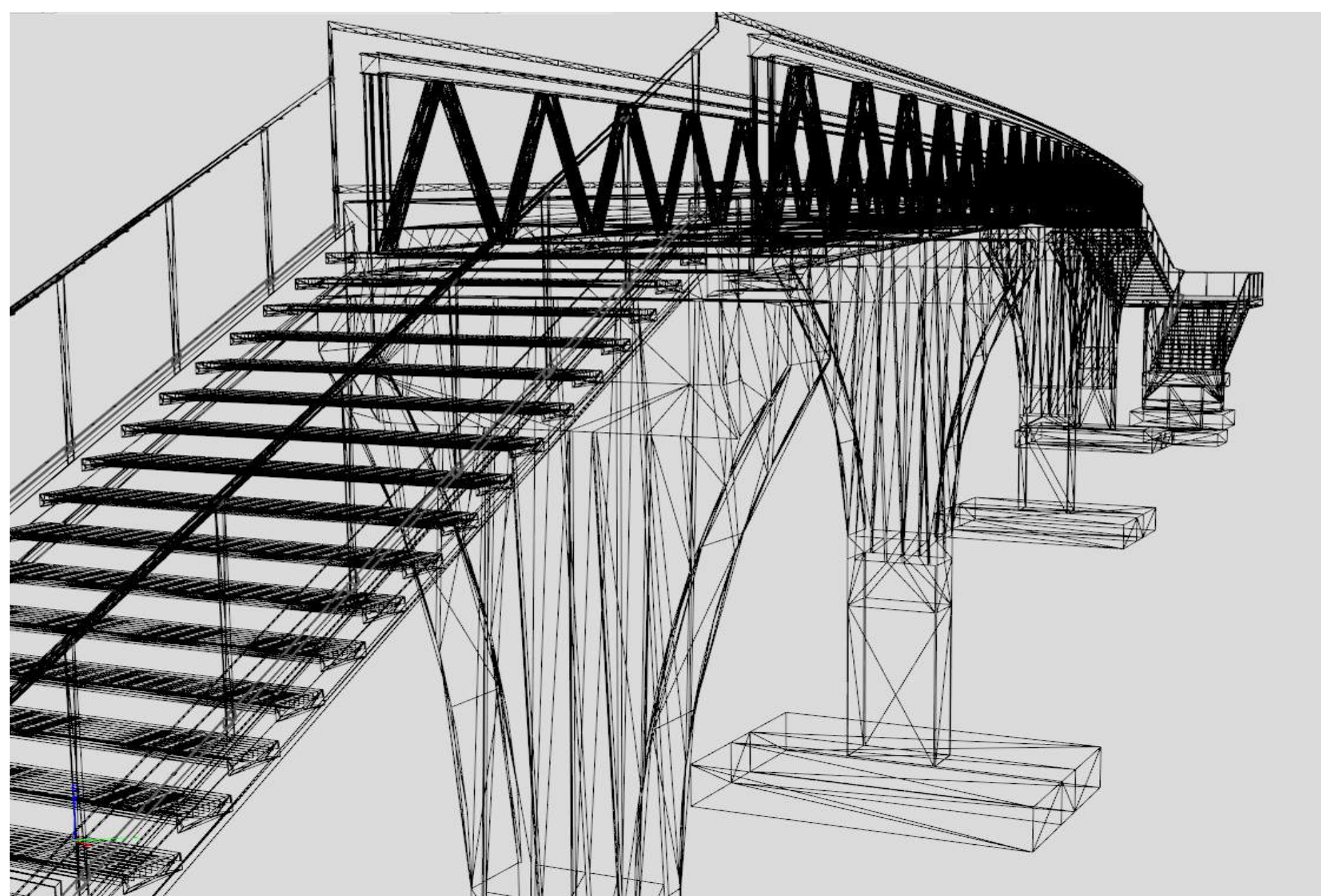




Passerelle existante

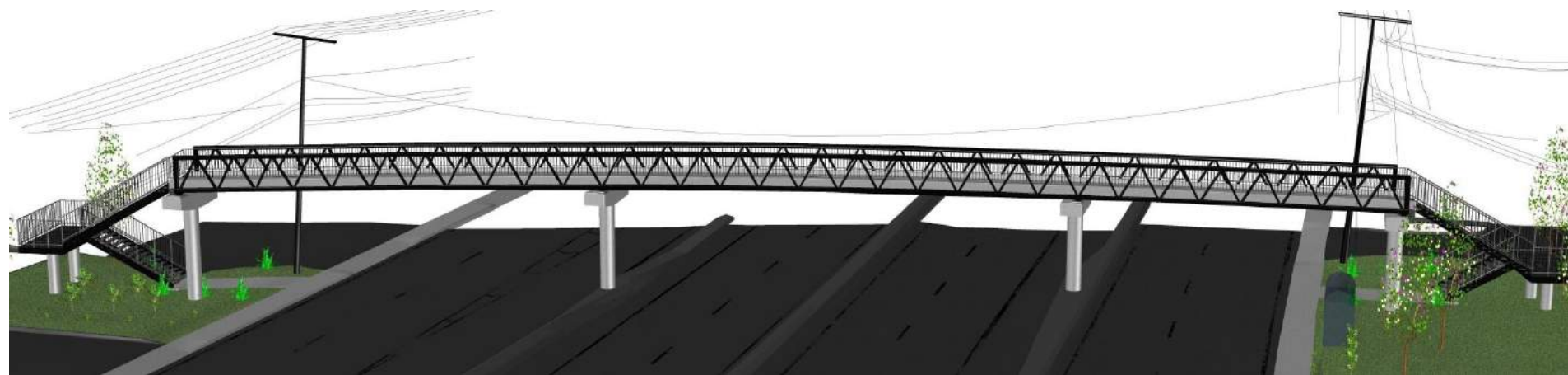


Concept



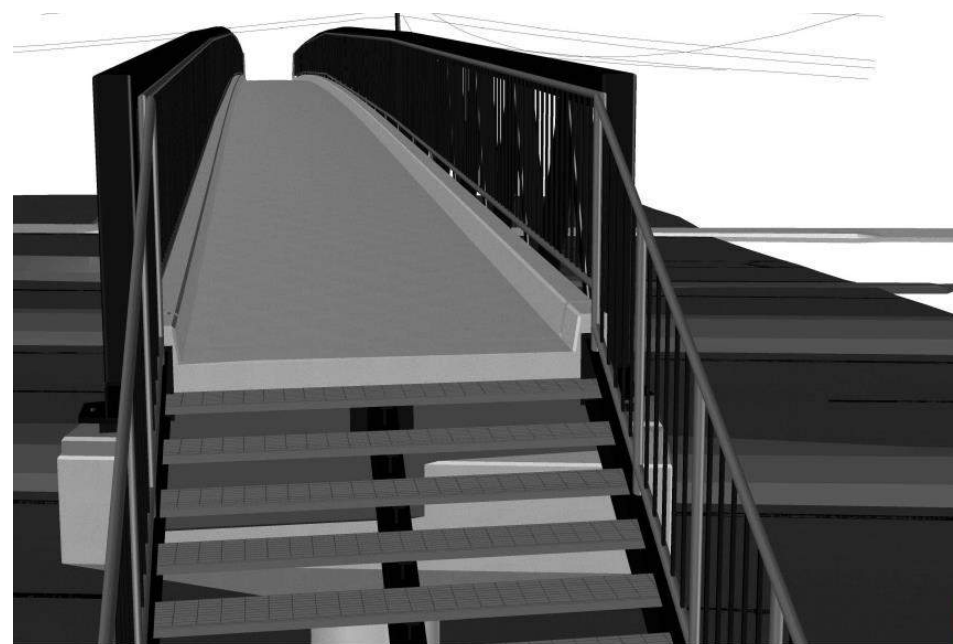
Concept



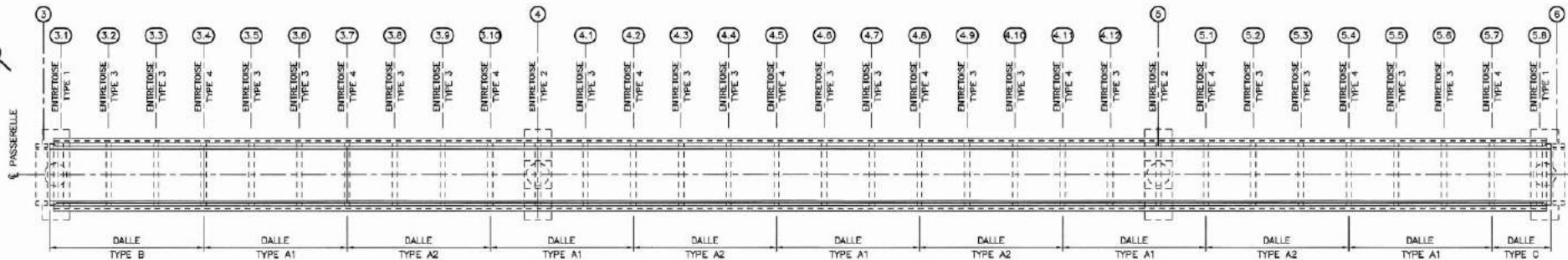


Design préliminaire

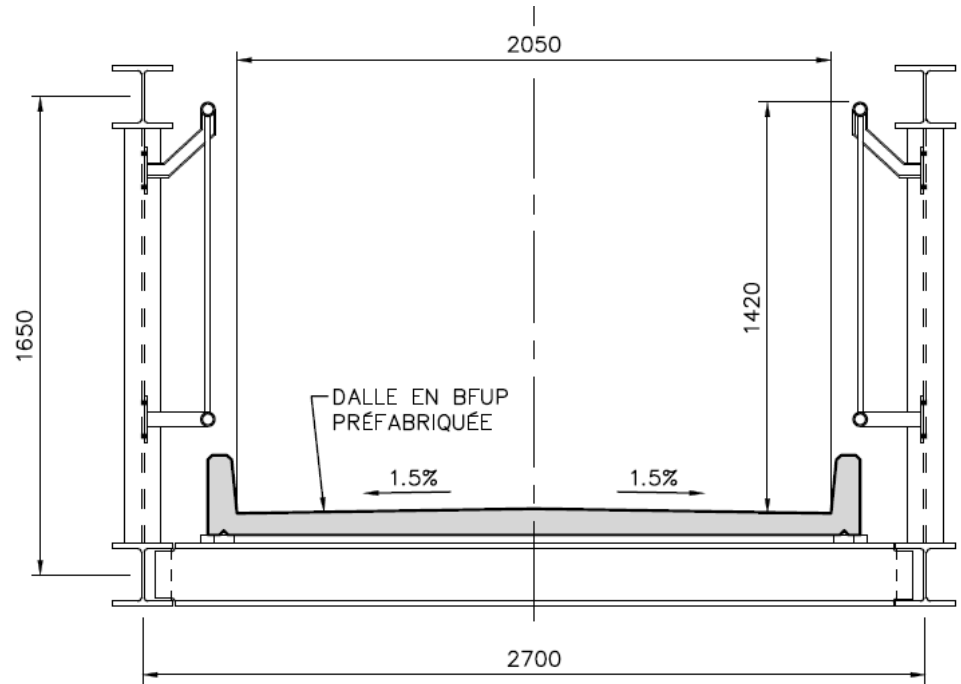




Design préliminaire



VUE EN PLAN - DALLE  
ÉCH. 1:100



COUPE TRANSVERSALE TYPE  
ÉCH. 1:20

Dalle

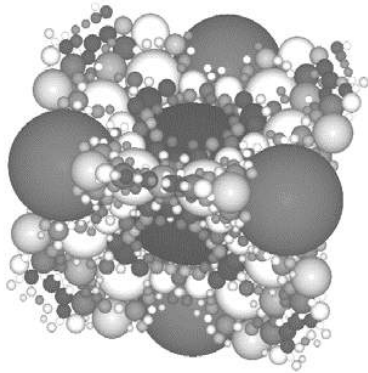


# Concept de dalle sélectionné

- Dalles préfabriquées : minimiser l'impact sur le trafic
  - 9 dalles intérieures : Longueur = 5.7 m, largeur = 2.25 m
  - 2 dalles extérieures : Longueurs de 5.9 m et 2.1 m
- Béton fibré à ultra-hautes performances (BFUP)
  - Projet pilote fait suite aux travaux de recherche industrielle réalisés à Polytechnique (2007-2017) – Jean-Philippe CHARRON
    - Partenaires : Ville Montréal, PJCCI, Béton Brunet, Euclid et CRSNG
    - Développement d'éléments structuraux préfabriqués pour ponts
      - Parapets, pré-dalles et dalles : BFUP 120 MPa 4% de fibres
      - Joints de connexion : BFUP 120 MPa 2% de fibres
- Sélection
  - Dalles préfabriquées et joints de connexion
    - BFUP 120 MPa 4% de fibres

# Béton Fibré à Ultra-hautes Performances (BFUP)

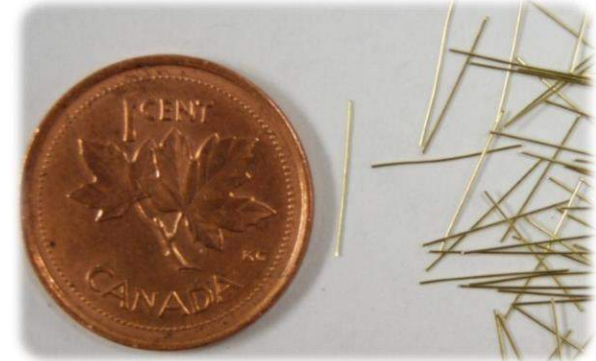
## ■ Composition



Structure dense



Béton autoplaçant



Micro-fibres (4% vol. acier)

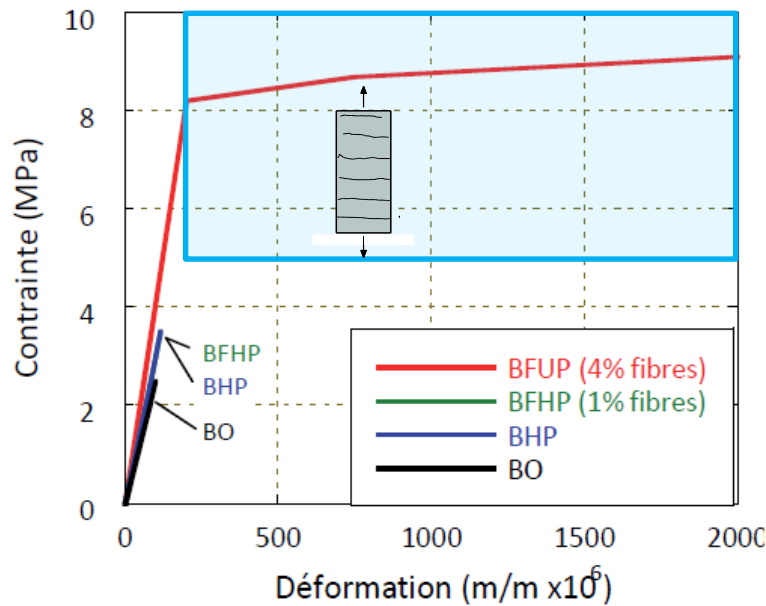
Composition	BO	BHP	BFHP <sup>(1)</sup>	BFUP
Rapport eau/liant	≥ 0.40	0.30 à 0.40	0.30 à 0.40	0.15 à 0.25
Liant	300-400 kg/m <sup>3</sup>	350 à 450 kg/m <sup>3</sup>	350 à 550 kg/m <sup>3</sup>	800 à 1000 kg/m <sup>3</sup>
Ajouts minéraux	Parfois	Oui	Oui	Oui
Sable	Oui	Oui	Oui	Oui
Pierre	Oui	Oui	Oui	Non
Fibres	Non	Non	40 à 120 kg/m <sup>3</sup> (0.5 à 1.5 %-vol.)	160 à 480 kg/m <sup>3</sup> (2 à 6 %-vol.)



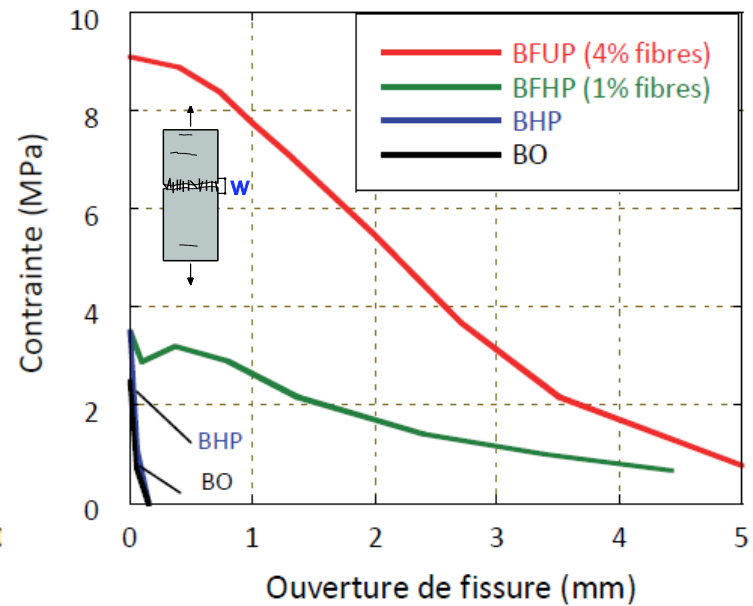
# Béton Fibré à Ultra-hautes Performances (BFUP)

## ■ Propriétés mécaniques supérieures

Prop. mécaniques	BO	BHP	BFHP <sup>(1)</sup>	BFUP
Compression $-f'_c$	20 à 40 MPa	50 à 90 MPa	50 à 90 MPa	120 à 180 MPa
Traction $-f'_t$	1.5 à 2.5MPa	3.0 à 4.5MPa	3.0 à 4.5 MPa	7 à 15 MPa
Module $-E_c$	20 à 25 GPa	25 à 35 GPa	25 à 35 GPa	30 à 45 GPa



Pré-pic



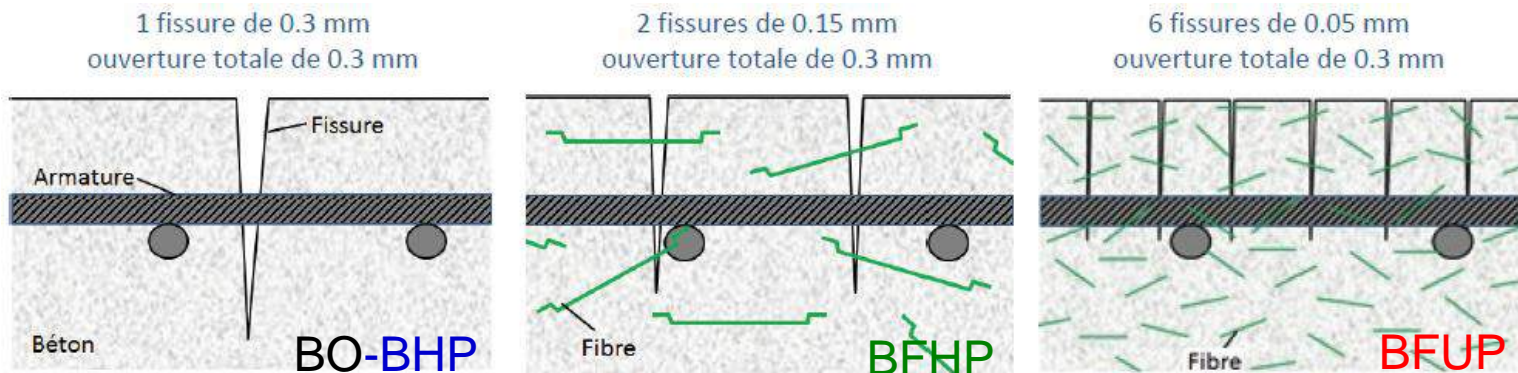
Post-pic

Comportement en traction

# Béton Fibré à Ultra-hautes Performances (BFUP)

## ■ Propriétés mécaniques supérieures

Prop. mécaniques	BO	BHP	BFHP <sup>(1)</sup>	BFUP
Compression $-f'_c$	20 à 40 MPa	50 à 90 MPa	50 à 90 MPa	120 à 180 MPa
Traction $-f'_t$	1.5 à 2.5MPa	3.0 à 4.5MPa	3.0 à 4.5 MPa	7 à 15 MPa
Module $-E_c$	20 à 25 GPa	25 à 35 GPa	25 à 35 GPa	30 à 45 GPa



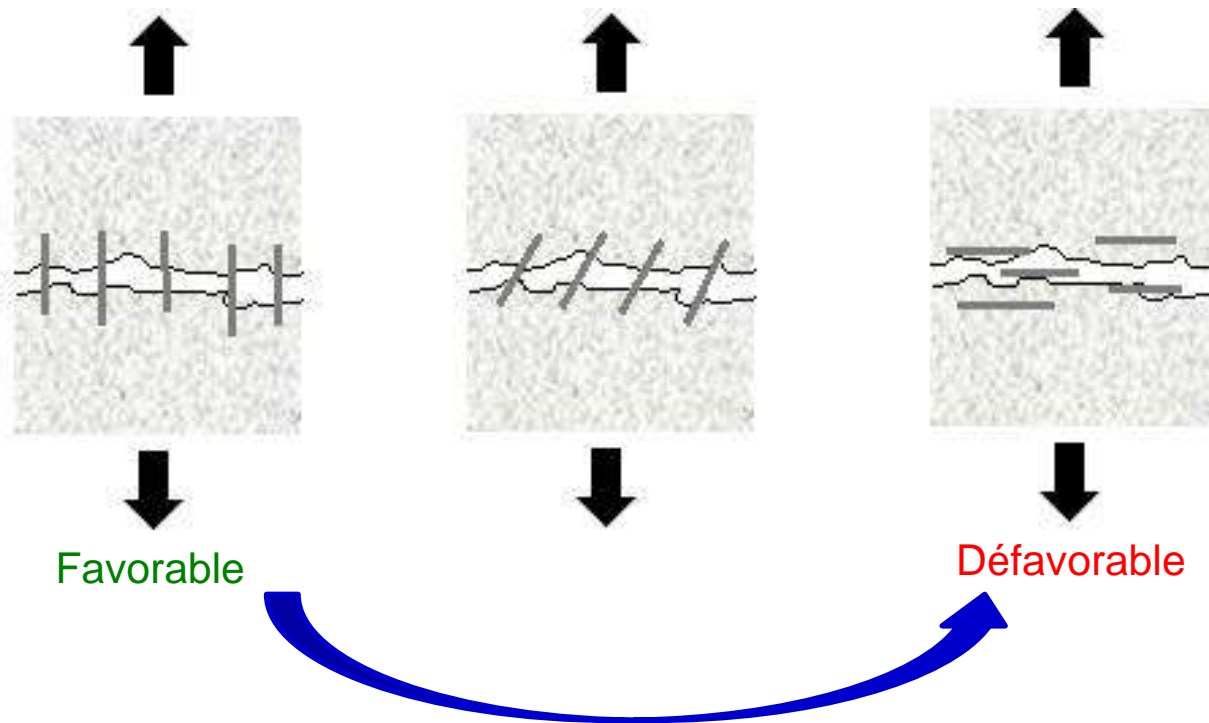
## ■ Durabilité accrue

- Béton non-fissuré : indicateurs de durabilité  $\leq 0.015$  ceux du BO
- Béton fissuré : indicateurs de durabilité  $\leq 0.001$  ceux du BO



# Béton Fibré à Ultra-hautes Performances (BFUP)

- Importance de l'orientation des fibres (traction)



- Réduction significative de la résistance en traction
- Localisation plus rapide d'une macrofissure : réduction de la durabilité en condition fissurée

# Conception

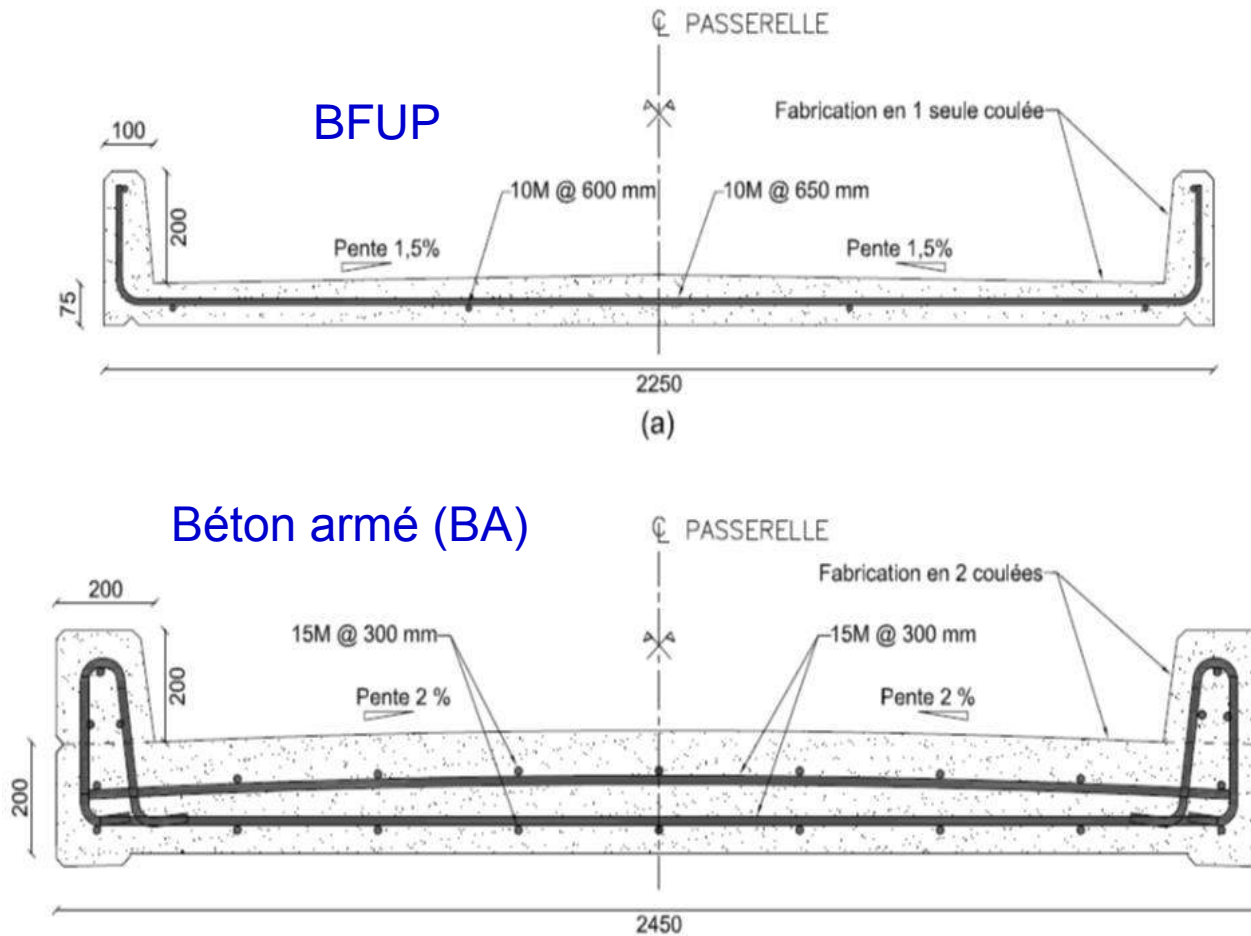
## ■ Méthodologie

- Charges, combinaisons de charges, efforts : similaires à un design avec un béton conventionnel
- **Recommandations de l'AFGC pour les bétons fibrés à ultra-hautes performances 2013**
  - Lois de comportements (compression, traction) de design pour le BFUP
    - Considération de la variabilité au sein d'un même béton
    - Facteur de sécurité similaire à un béton conventionnel
    - Facteur de réduction orientation des fibres pour comportement en traction
  - Calcul de résistance du BFUP (flexion, cisaillement, poinçonnement)
  - Procédures de contrôle qualité du BFUP
- Particularités liées à la préfabrication
  - Chargement pour la manutention
  - Joints de connexion



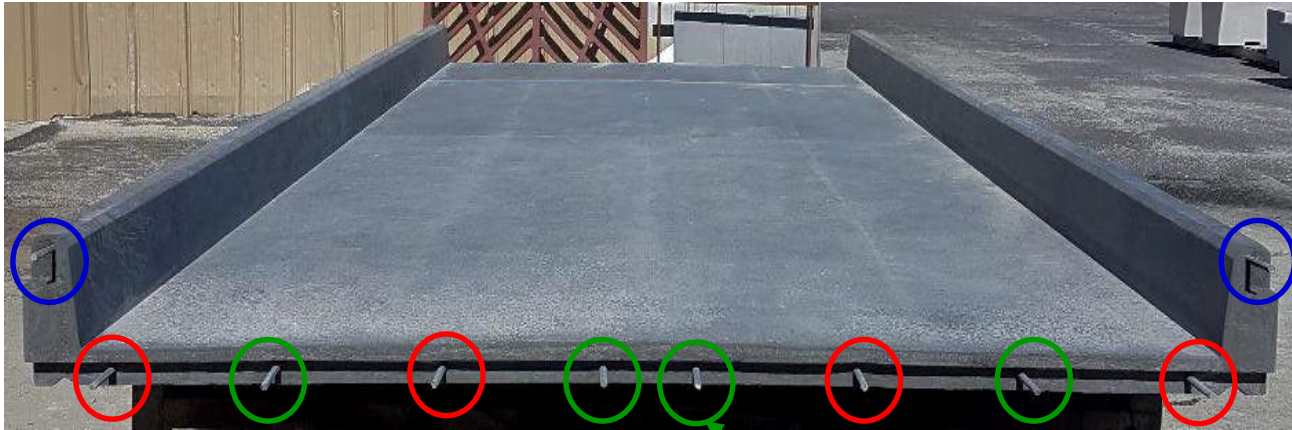
# Conception

## ■ Concept de la dalle

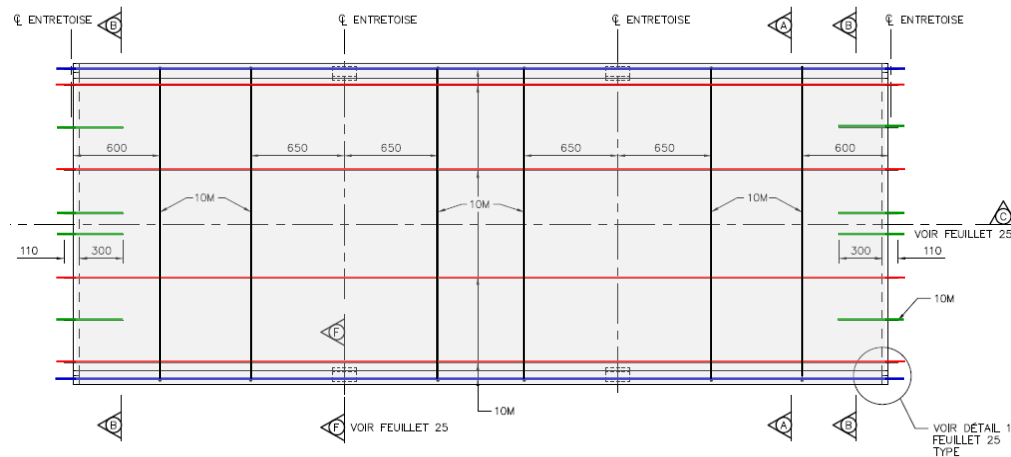


# Conception

## ■ Concept de la dalle



$A_s$  suppl. au joint seulement





# Conception

## ■ Faits saillants

### ■ Enrobage

- 25 mm (vs 65 mm pour BA) considérant la durabilité des BFUP

### ■ Épaisseur dalle

- Pour reprendre les efforts : 60 mm requis (vs 200 mm pour BA)
- Pour installer armatures 10M dans les 2 directions (sécurité) : 75 mm

### ■ Joint de connexion

- 125 mm de longueur, chevauchement de 100 mm pour 10M ( $10 d_b$ ) (vs environ  $40 d_b$  pour BA)

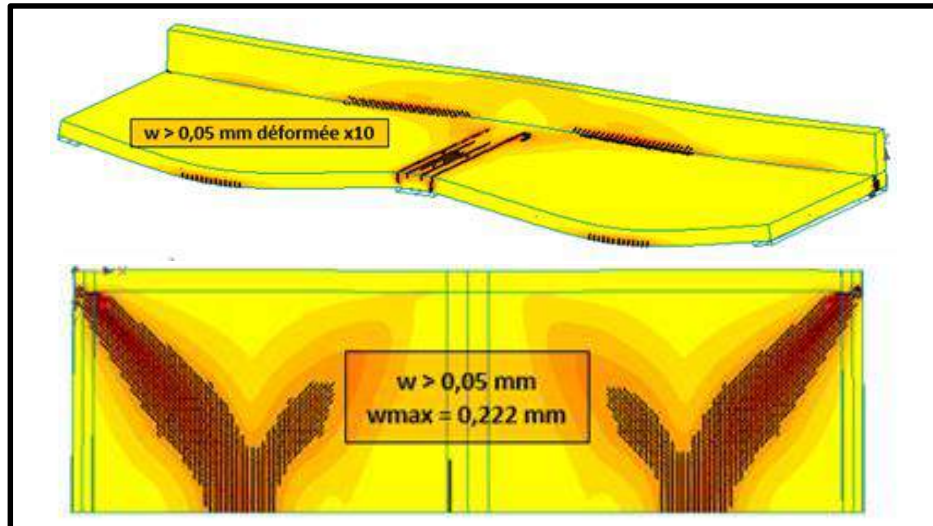
### ■ Comparaison avec dalle en béton armé

- Réduction significative de béton : -64%
- Réduction significative d'armature : -91%
- Réduction du poids de la dalle : -67%

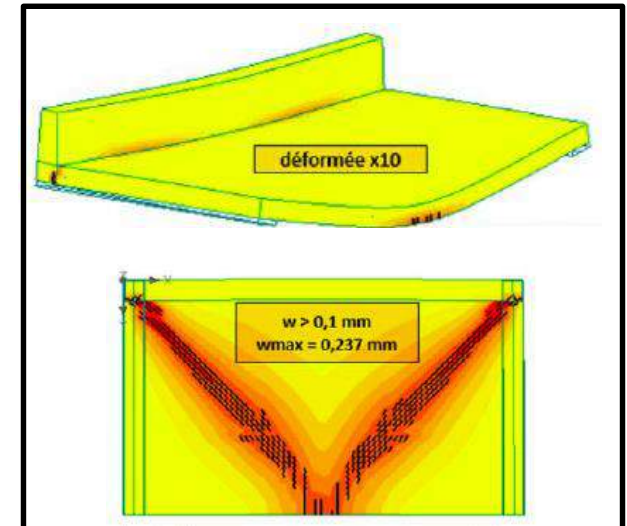
# Conception

- Modélisations par éléments finis
  - Dalles (utilisation symétrie)

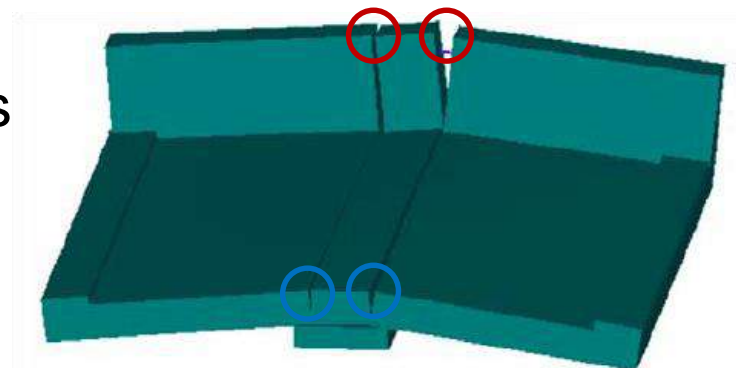
Vue 3D



Vue 2D  
dessous  
dalle



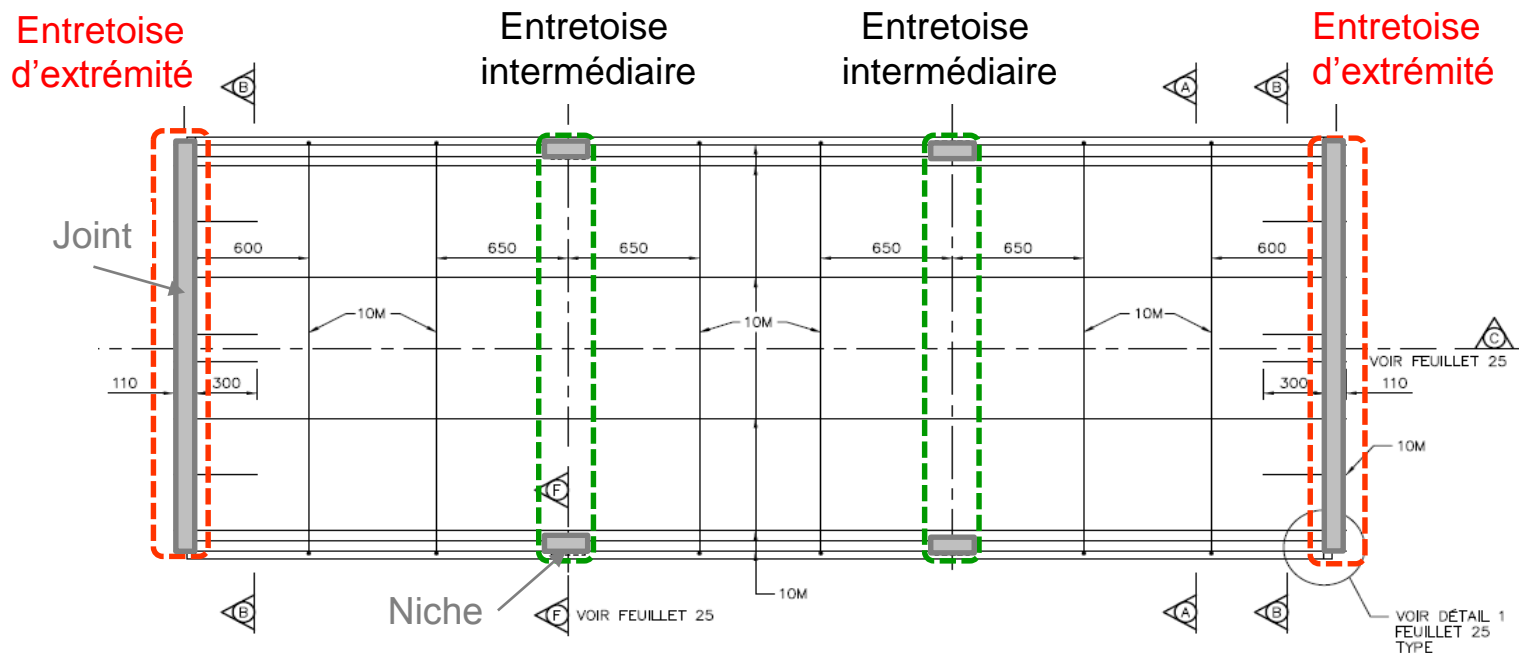
- Joints de connexion des dalles





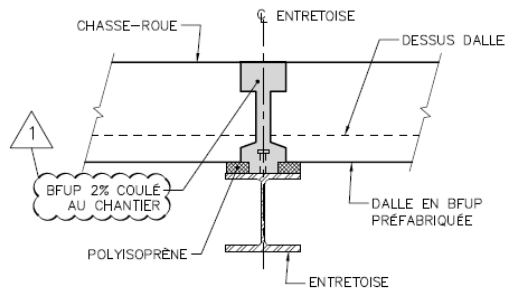
# Joints et niches de connexion

- Dalles préfabriquées de 6 m
  - Déposées sur 4 entretoises (poutres en acier)
  - Joints de connexion aux entretoises d'extrémités
  - Niches de connexion aux entretoises intermédiaires

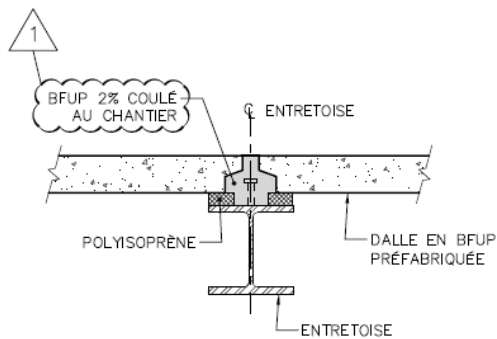
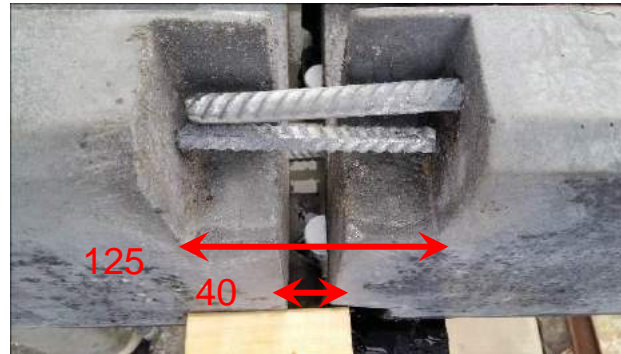


# Joints et niches de connexion

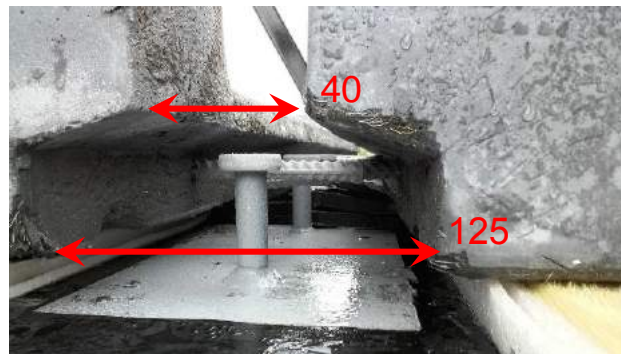
- **Détail entretoises aux extrémités des dalles**
  - Position des joints de connexion
  - Joint rempli avec un BFUP



ÉLEVATION AU CHASSE-ROUE

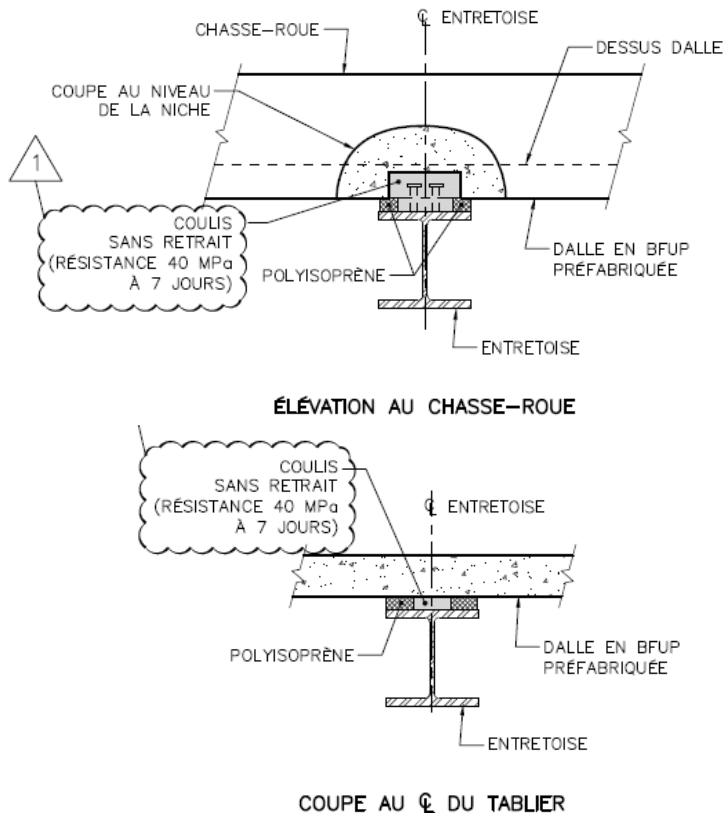


COUPE AU C DU TABLIER



# Jointes et niches de connexion

- **Détail entretoises intermédiaires**
  - Position des niches de connexion
  - Niche remplie avec coulis sans retrait (tuyau préinstallés)





# Autres caractéristiques

- Drains intégrés aux dalles préfabriquées



- Surface de rugosité BPTN50 (moule texturé et coulée inversée)

- Joint avec surface rugueuse (retardateur et jet de sable)



# Devis

## ■ Exigences de performance du BFUP

- Composition, autoplaçant, résistances mécaniques, durabilité

## ■ Production

- Coffrage texturé, coulée inversée
- Coffrage non métallique ou avec membrane de coffrage
- Tolérances (plus sévères que pour BA)
- Mise en place du BFUP, cure de murissement

## ■ Manutention : efforts maximaux

## ■ Installation

- Séquence d'installation des dalles (stabilité de la passerelle)
- Tolérances d'installation ( $\pm 5$  mm position dalles)
- Exigences pour les niches et joints (matériaux)

# Devis

## ■ Contrôle qualité (3 niveaux de vérification)

### ① Coulée de convenance

- Vérification du respect des caractéristiques matériaux au devis
- Essais : état frais, mécaniques (compression, flexion), durabilité

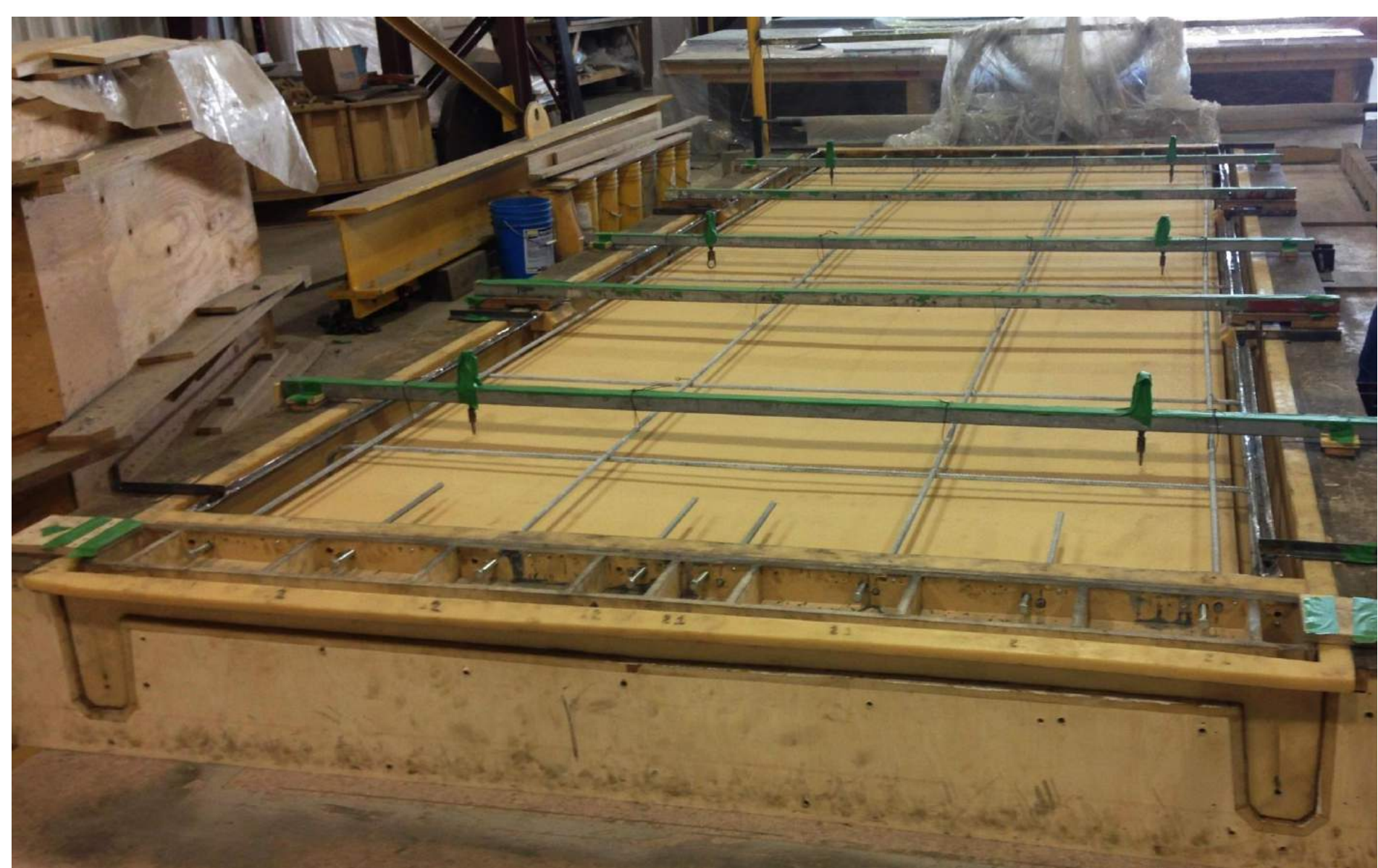
### ② Production d'un corps d'épreuve (demi-dalle)

- Vérification du respect des caractéristiques matériaux dans la dalle
- Sciage partiel du corps d'épreuve : vérifier l'impact de l'orientation des fibres et ainsi vérifier la note de calculs
- Essai en laboratoire sur le corps d'épreuve (aspect recherche du projet, non requis pour la construction)

### ③ Contrôle qualité sur chaque production

- Vérification du respect des caractéristiques matériaux pendant production
- Essais à l'état frais, essais mécaniques (compression, flexion)





Fabrication des dalles





Fabrication des dalles





Fabrication des dalles





Fabrication des dalles



Installation de la charpente d'acier





Installation des dalles



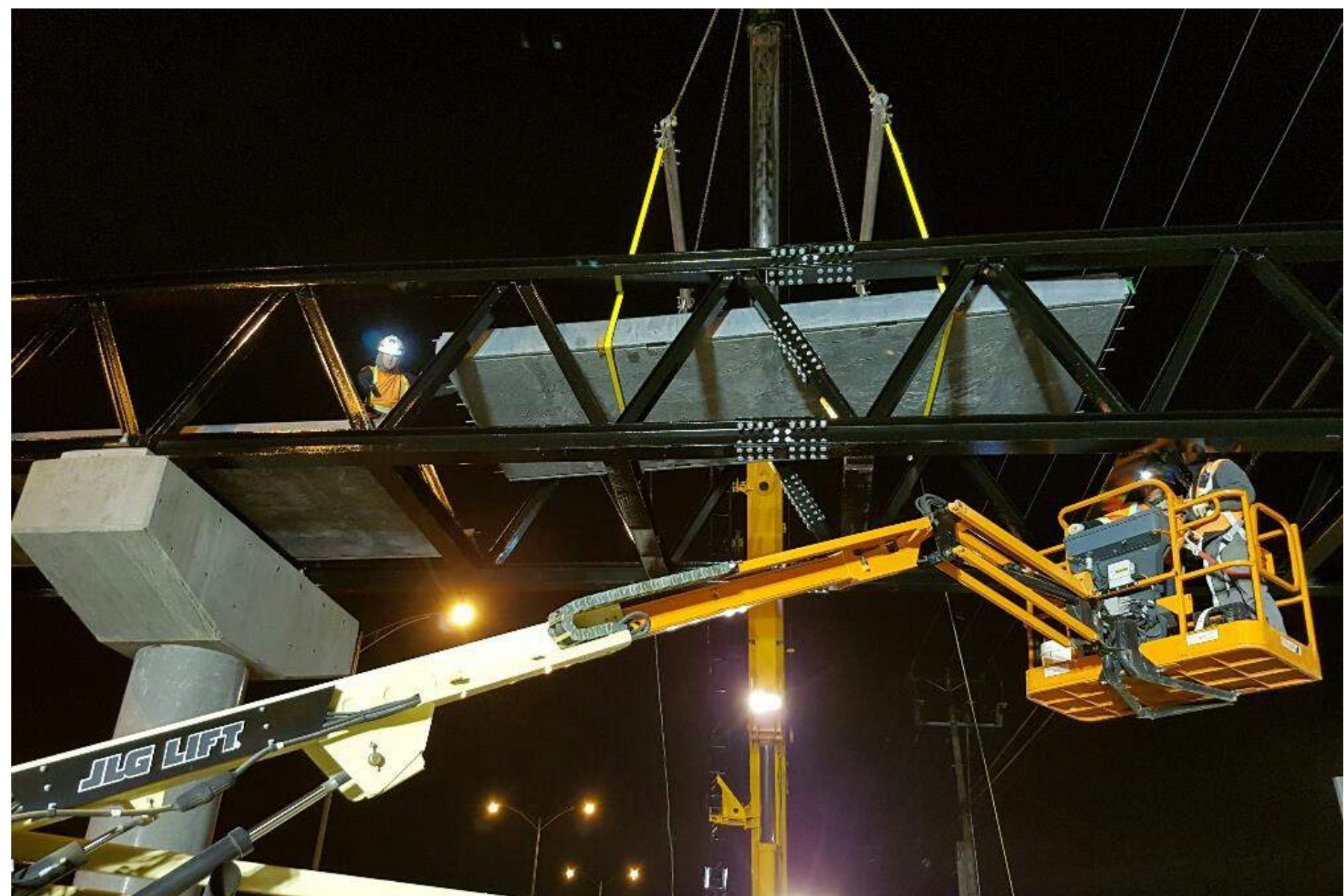


Installation des dalles



Installation des dalles





Installation des dalles





Installation des dalles



Installation des dalles





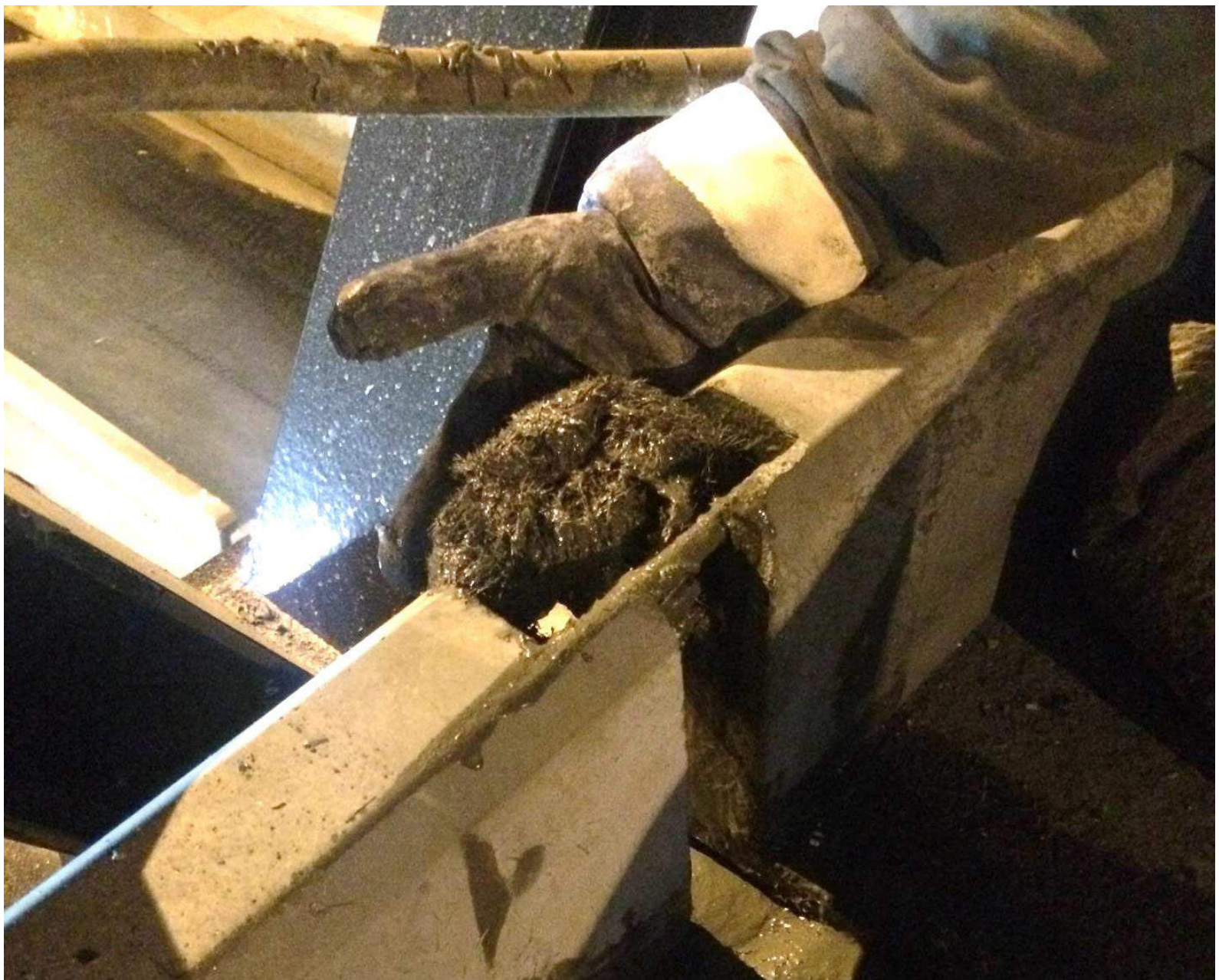
Bétonnage des joints





Bétonnage des joints





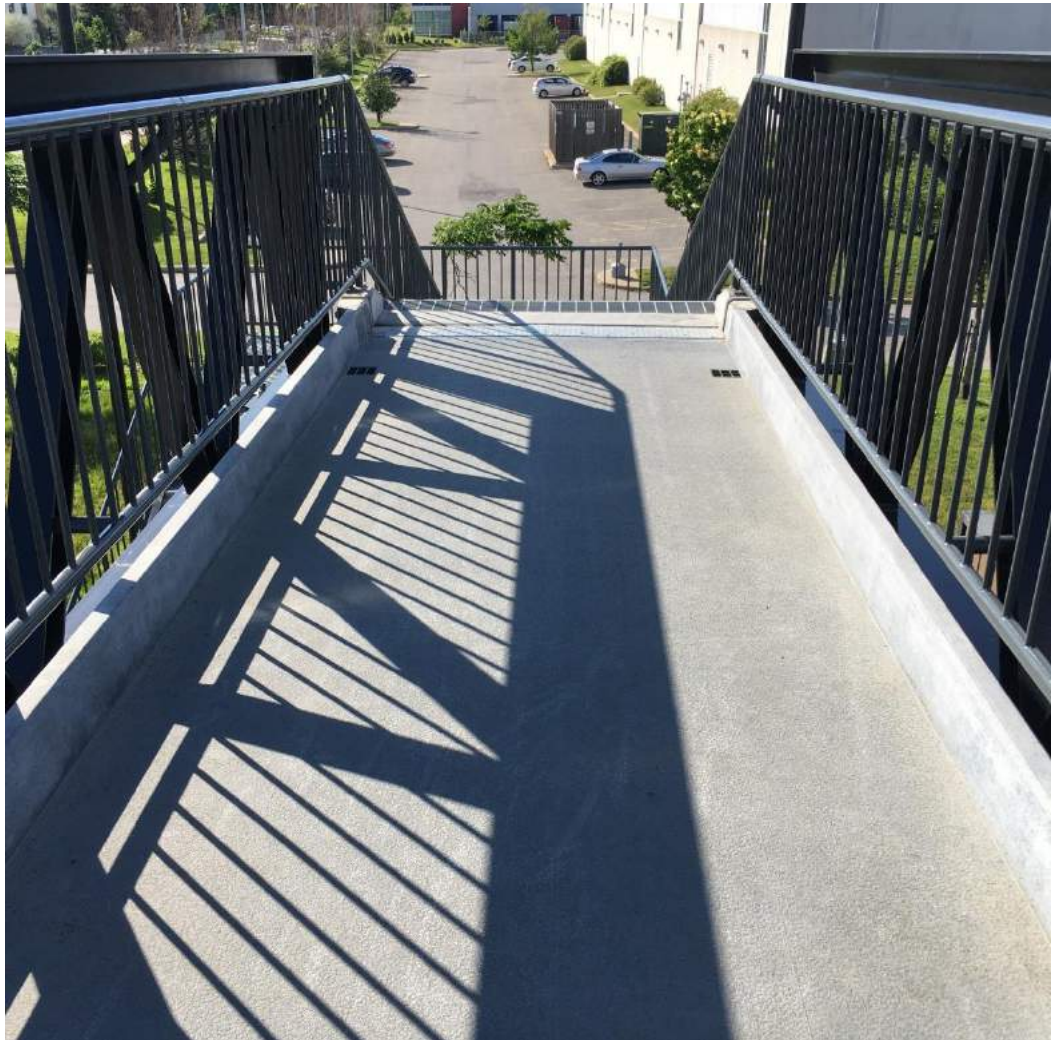
Bétonnage des joints





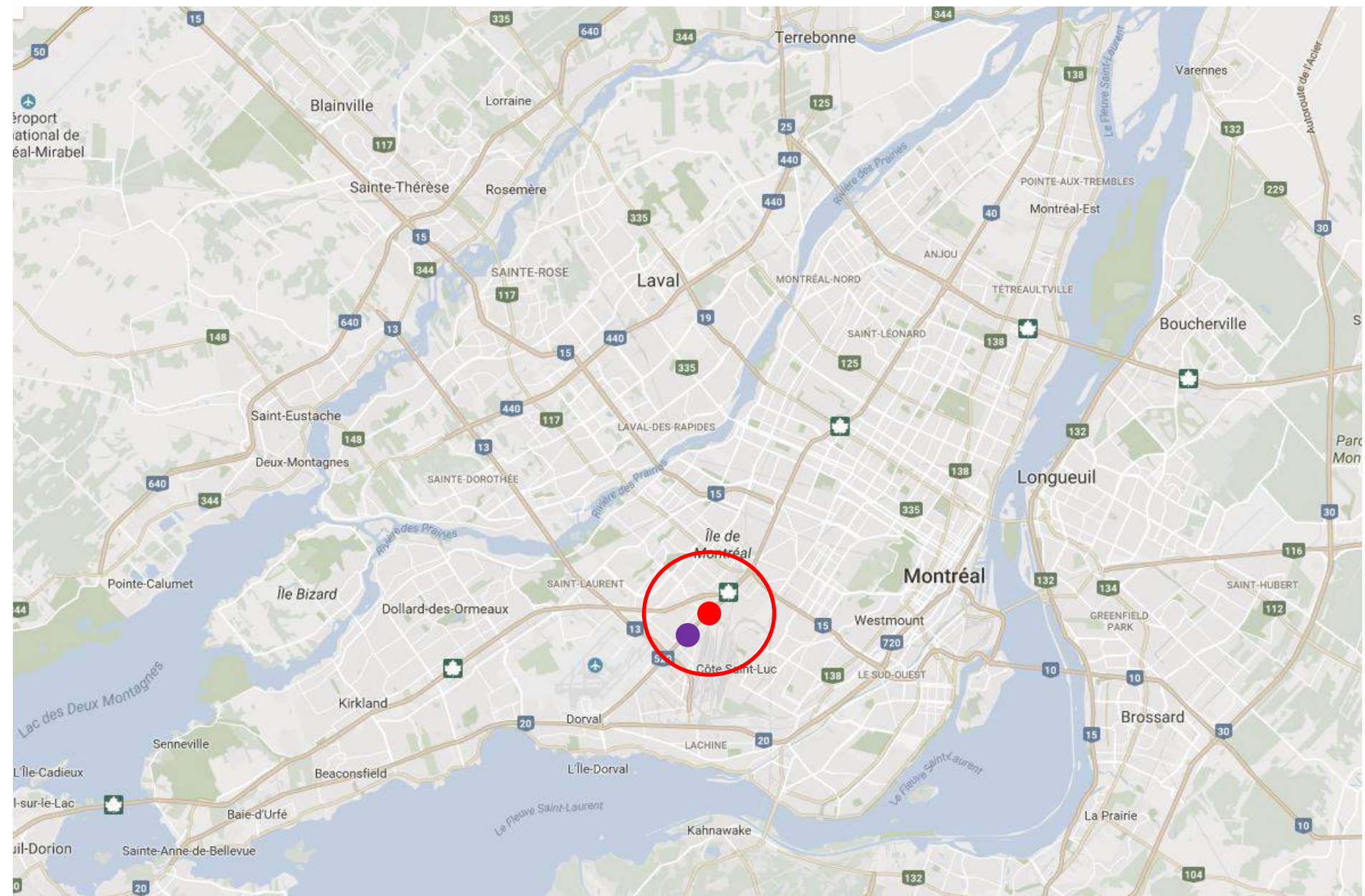
Bétonnage des joints



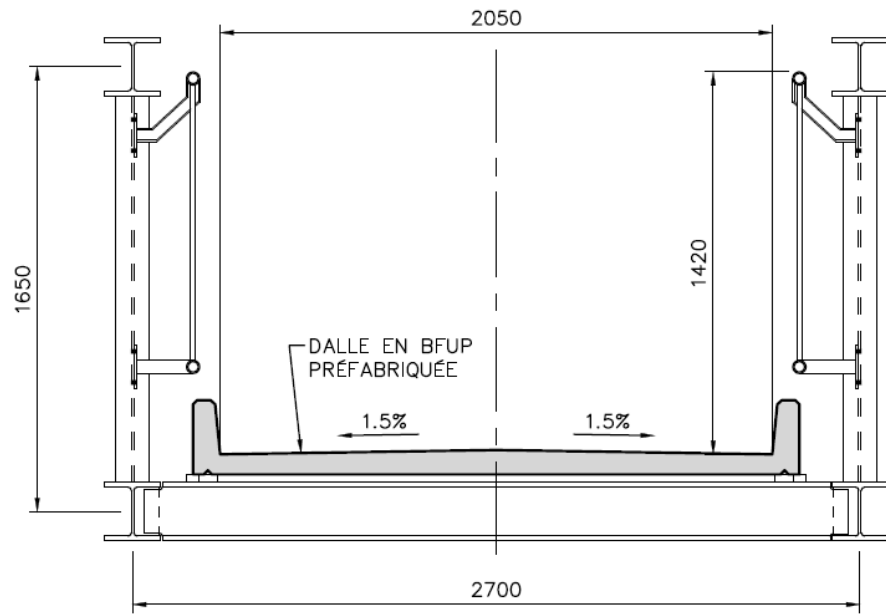


Oxydation des fibres en surface

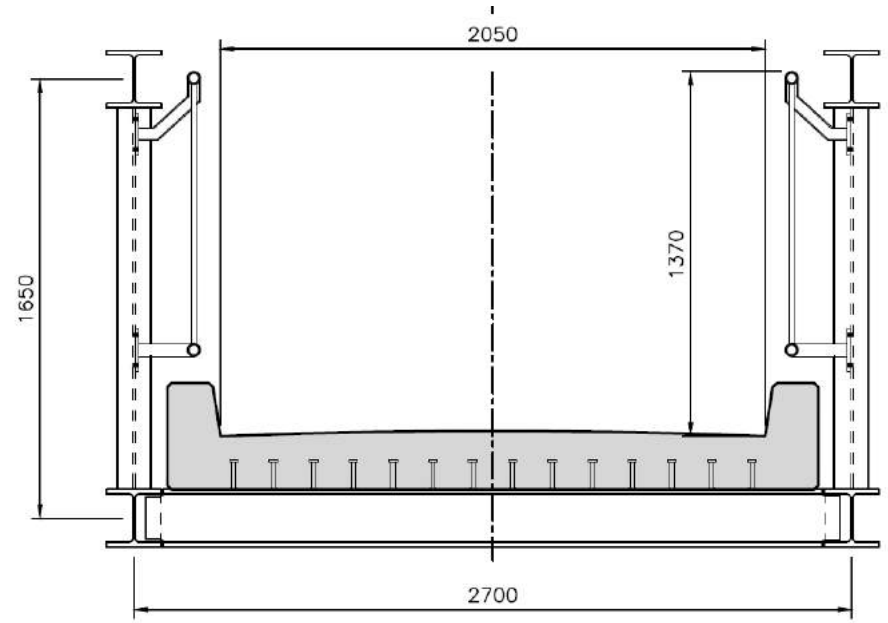




# Suivi de la performance



Passerelle  
Isabey-Darnley



Passerelle  
Barr

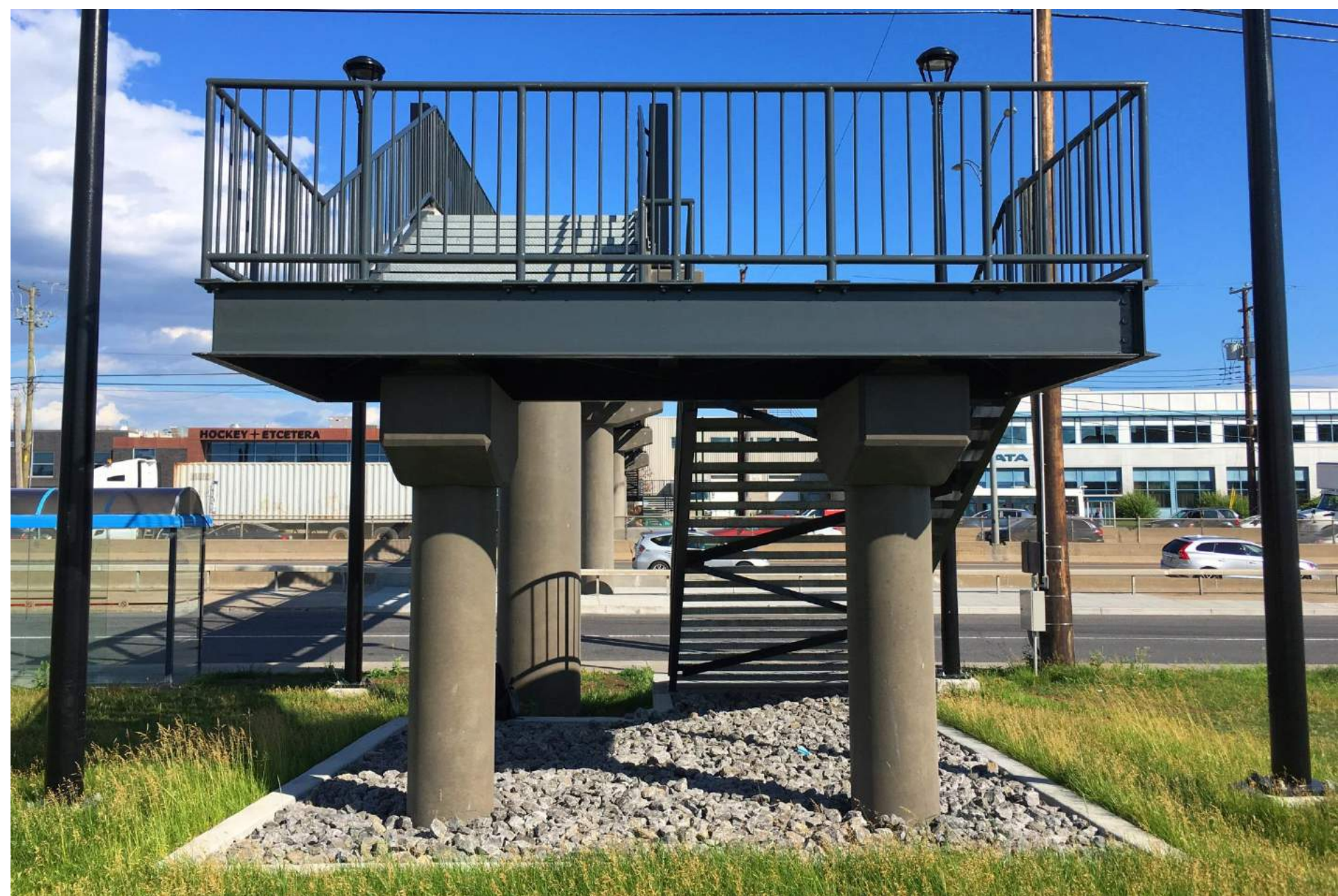
Suivi de la performance





Résultat final





Résultat final





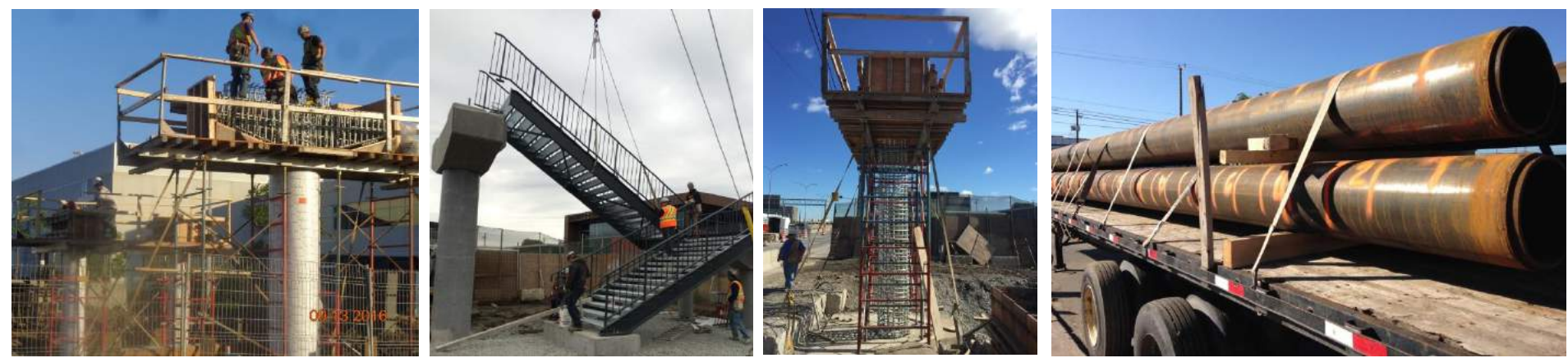
Résultat final





Résultat final





# Conclusion







# Questions