IMGC

Ingenierie de la Maintenance du Génie Civil

LA NUMÉRISATION DU PATRIMOINE GÉNIE CIVIL AU SERVICE DE LA MAINTENANCE

Journée Technique

MARDI 5 Novembre 2024

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

en collaboration avec

AFGC
Association Française de Génie Civil

PIARC France
ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE
COMITÉ FRANÇAIS

IMGC

Ingenierie de la Maintenance du Génie Civil

LA NUMÉRISATION AU SERVICE DES TRAVAUX DE REFECTION DU TUNNEL LOUIS-HYPPOLITE-LA-FONTAINE (MONTREAL)

Florian HERVIEU

Sixense Engineering

Journée Technique

MARDI 5 Novembre 2024

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

en collaboration avec

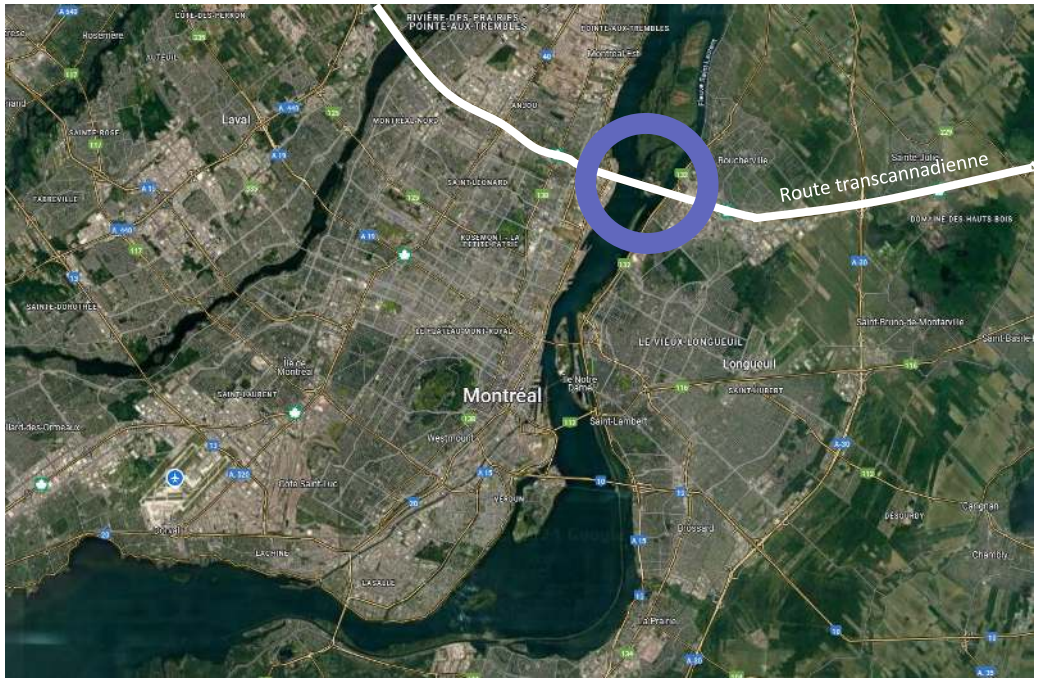
AFGC Association Française de Génie Civil

PIARC France Association Mondiale de la Route Comité Français

Tunnel Louis-Hyppolite-la-Fontaine

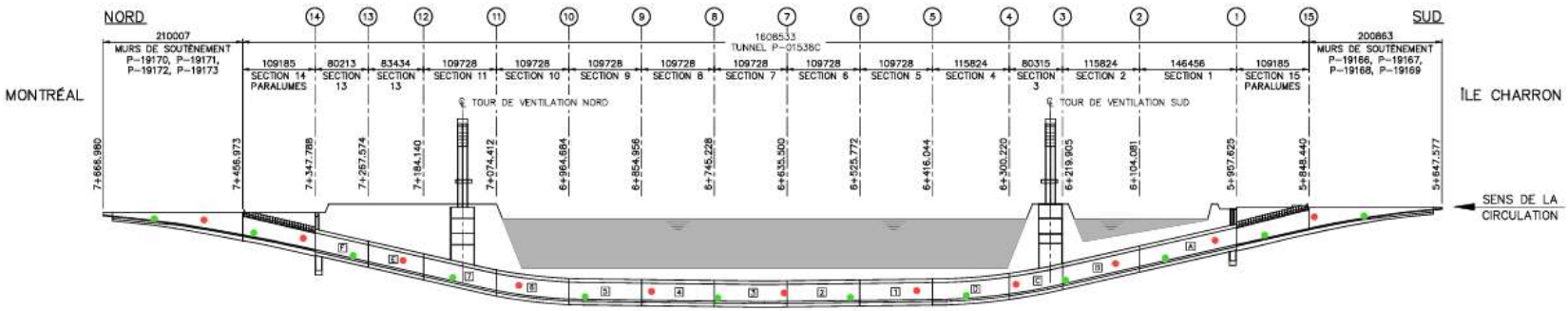
- Le tunnel relie la partie Est de l'île de Montréal à la ville de Longueuil, avec un trafic de 120 000 véhicules par jour

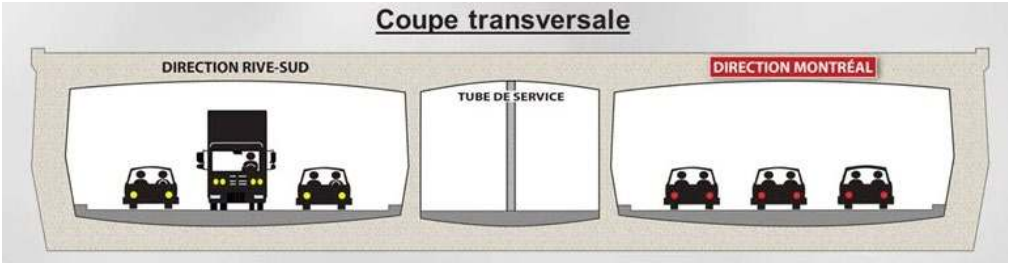




Tunnel Louis-Hyppolite-la-Fontaine

- Le tunnel relie la partie Est de l'île de Montréal à la ville de Longueuil, avec un trafic de 120 000 véhicules par jour
- Le plus long tunnel immergé du Canada (1,5km), inauguré en 1967, composé de caissons en béton armé précontraints par post-tension





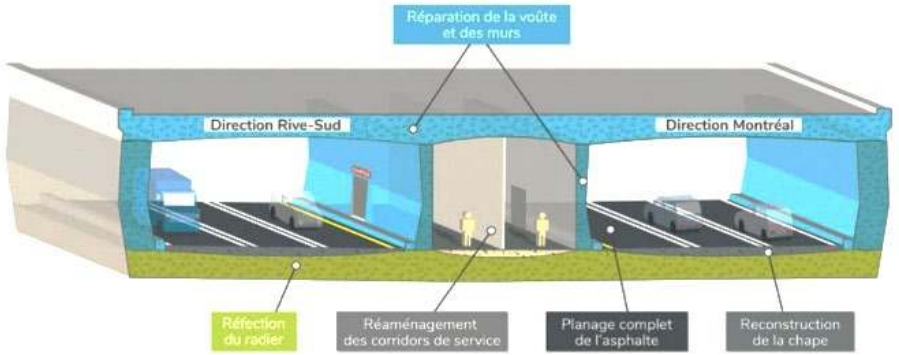
Objet des travaux

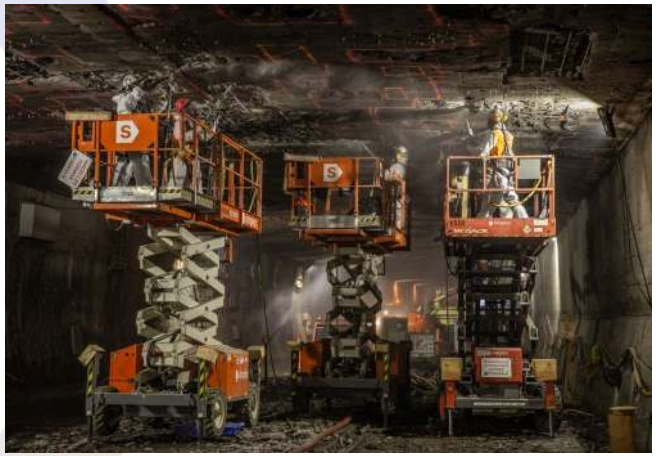
Prolonger la durée de vie de 40 ans

- Réhabilitation des structures
- Mise aux normes sismiques
- Renforcement de la résistance à la corrosion

Améliorer la sécurité routière et incendie

Coût du projet : 2,5 Md CAD





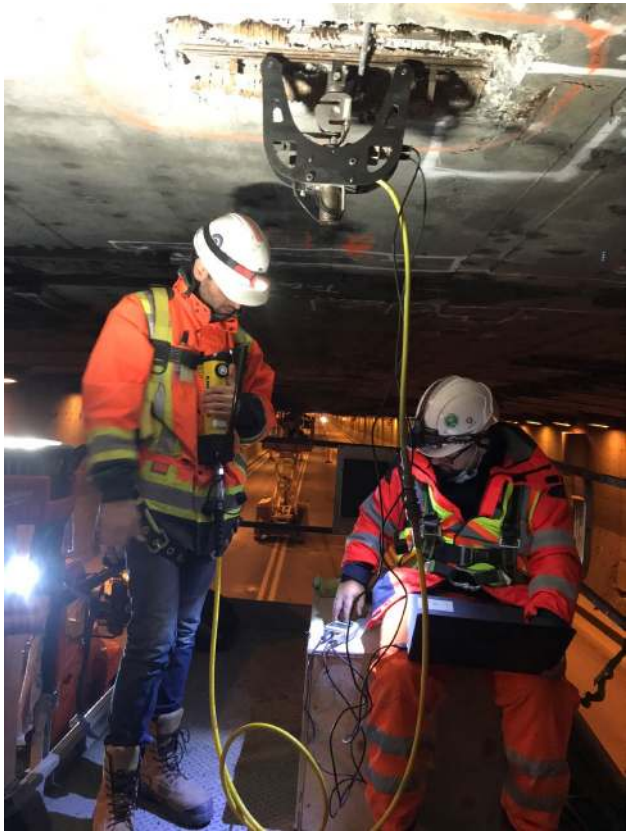




Investigations au service des travaux

Evaluer l'état de la structure pour cartographier les zones à réparer

- Relevé numérisé de l'état des parements (photogrammétrie)
- Repérage et positionnement du ferraillage passif (radar, pachomètre)
- Cartographie de corrosion des armatures (mesures de potentiels)
- Repérage et implantation de la précontrainte (radar, tomographie)
- Evaluation de l'effort résiduel de précontrainte (essais à l'arbalète, libération de contraintes)



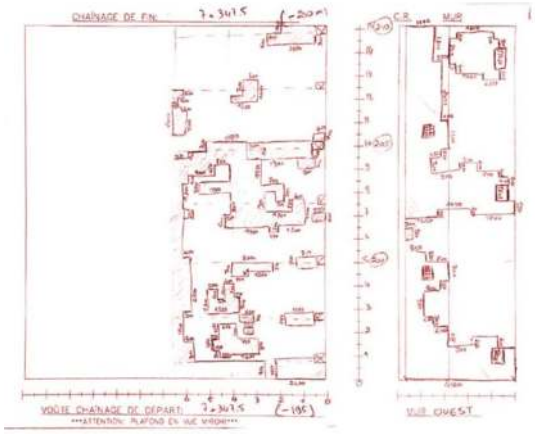
La numérisation au service des travaux

Descriptif slide

Les besoins du chantier

- **Identifier et délimiter les zones de réparation** du béton armé dégradé par corrosion
- **Suivre l'avancement des étapes de réparation** dans le temps
- **Faire valider les travaux** facilement par le Ministère des Transports du Québec





Les besoins du chantier

- **Identifier et délimiter les zones de réparation** du béton armé dégradé par corrosion
- **Suivre l'avancement des étapes de réparation** dans le temps
- **Faire valider les travaux** facilement par le Ministère des Transports du Québec

Solution mise en œuvre par Sixense

1. Conception et mise à disposition d'un système de captation permettant au constructeur de numériser l'ouvrage en autonomie
2. Exploitation des données et production à distance des supports de travail numériques (orthoimages, modèles 3D)
3. Intégration des données dans une plateforme collaborative (Beyond Asset) pour la visualisation, le suivi des réparations et les interactions avec le maître d'ouvrage

[1] Le système de captation

Système de relevé photogrammétrique sur chariot **adapté à la géométrie de l'ouvrage** (solution démontable, expédiée en kit, légère et simple à déployer)

- 12 capteurs photos
- projecteurs puissants pour une qualité d'image homogène
- prise de vues synchronisées et séquencées
- résolution des images jusqu'à 0,5mm/pixel





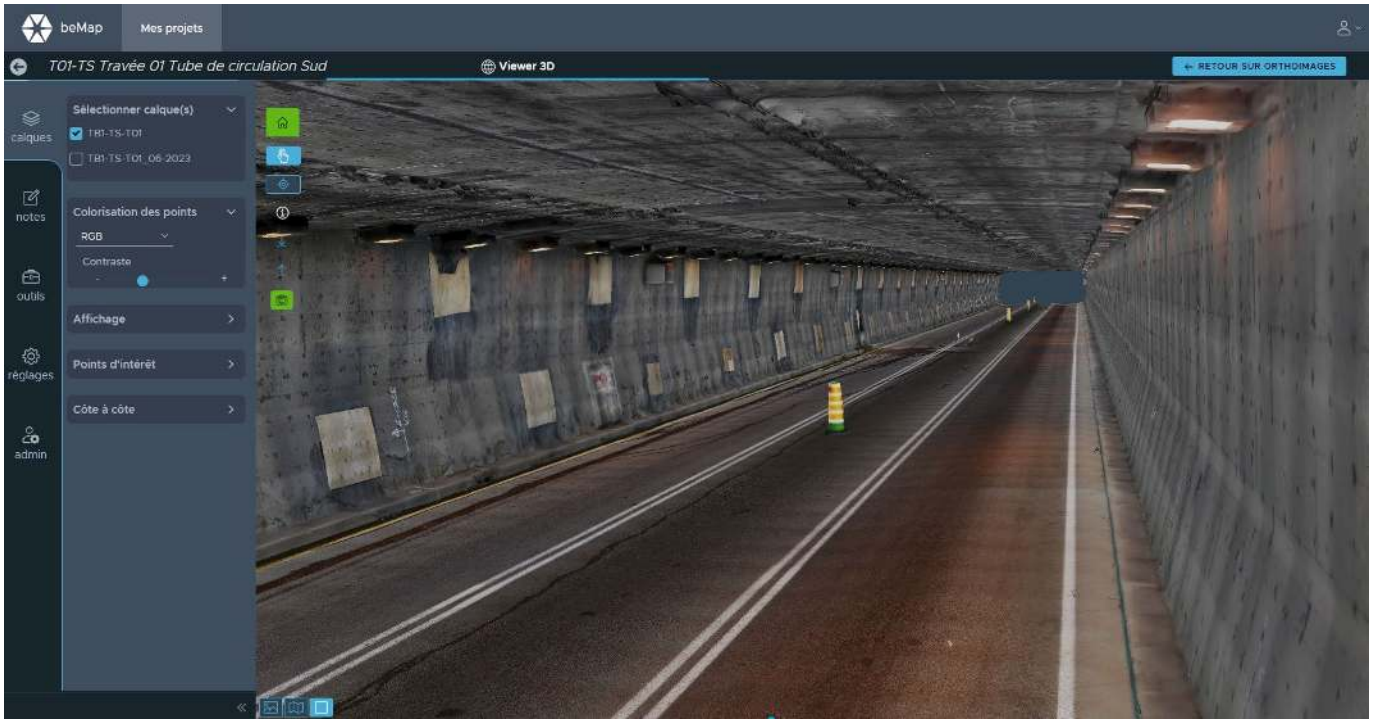


IMGC

[2] Traitement des données

Exploitation des données par photogrammétrie et **création de supports de travail numériques**

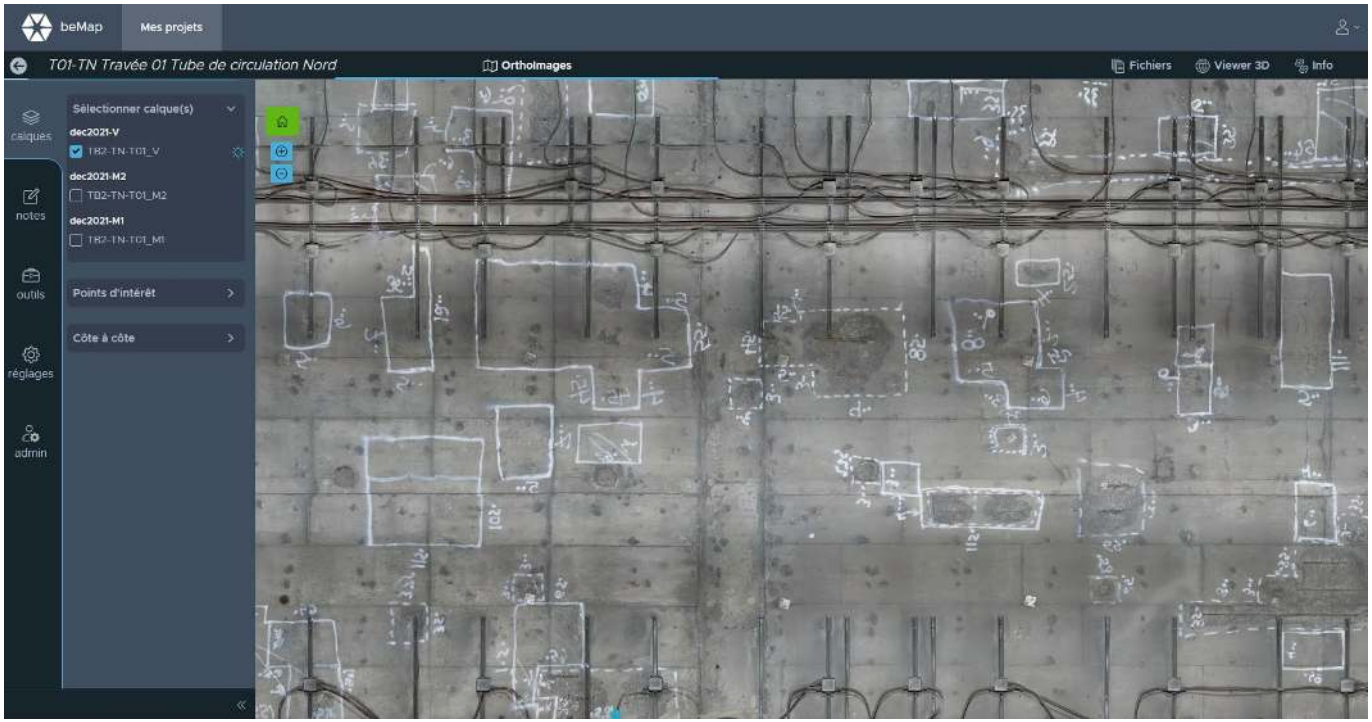
- Génération de modèles 3D



[2] Traitement des données

Exploitation des données par photogrammétrie et **création de supports de travail numériques**

- Génération de modèles 3D
- Création d'orthoimages haute résolution 2D des piédroits et de la traverse du tunnel



[3] Gestion et suivi des réparations

Repérage et visualisation 2D / 3D

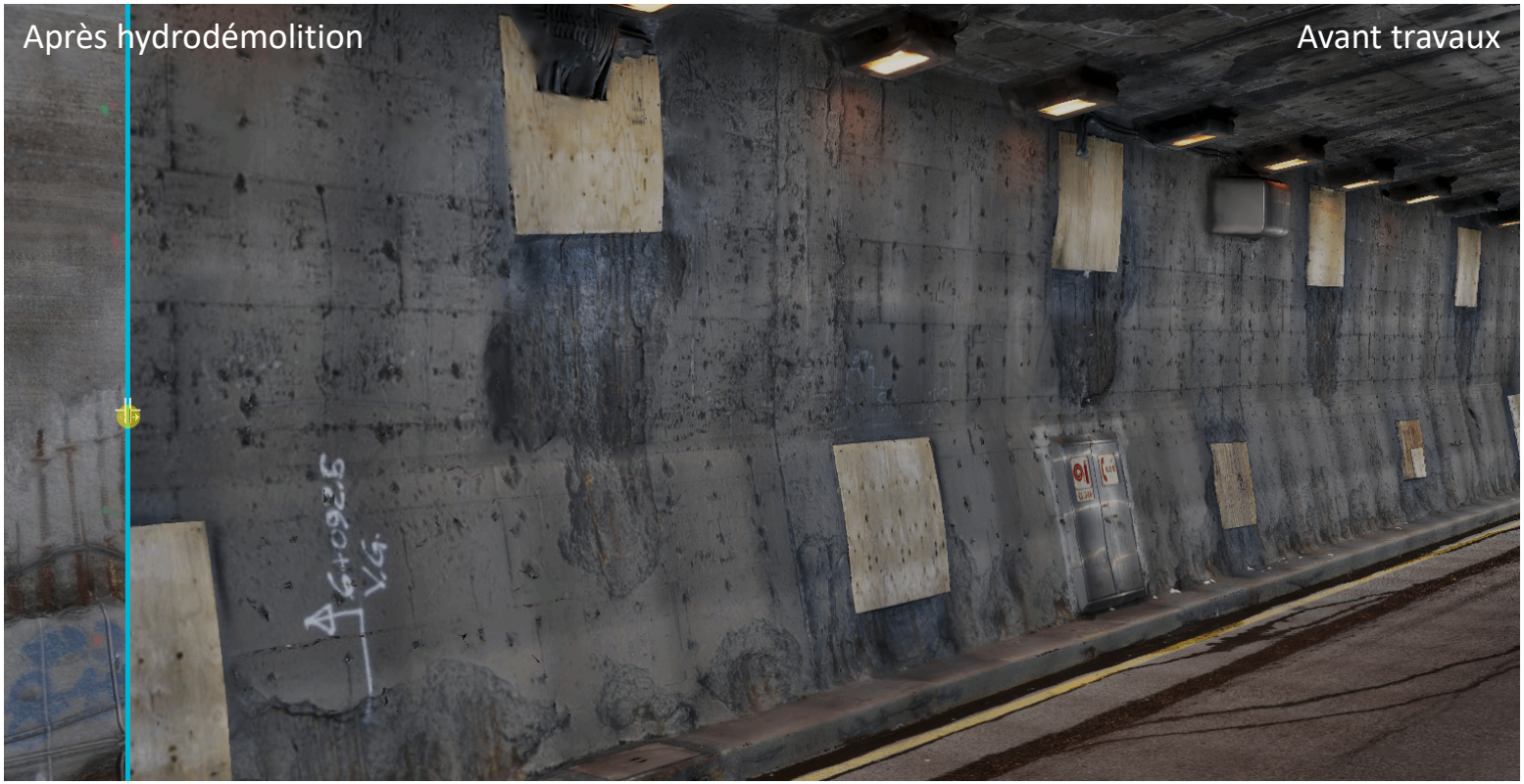
- Identification et documentation des zones à réparer



[3] Gestion et suivi des réparations

Repérage et visualisation 2D / 3D

- Identification et documentation des zones à réparer
- Visualisation des différents états d'avancement (avec ou sans superposition)



[3] Gestion et suivi des réparations

Processus de suivi des réparations

- Documentation des étapes de réparation et suivi des points d'arrêt

5 étapes de validation pour chaque réparation

Etape 1 : démolition du béton



Etape 3 : mise en place des anodes



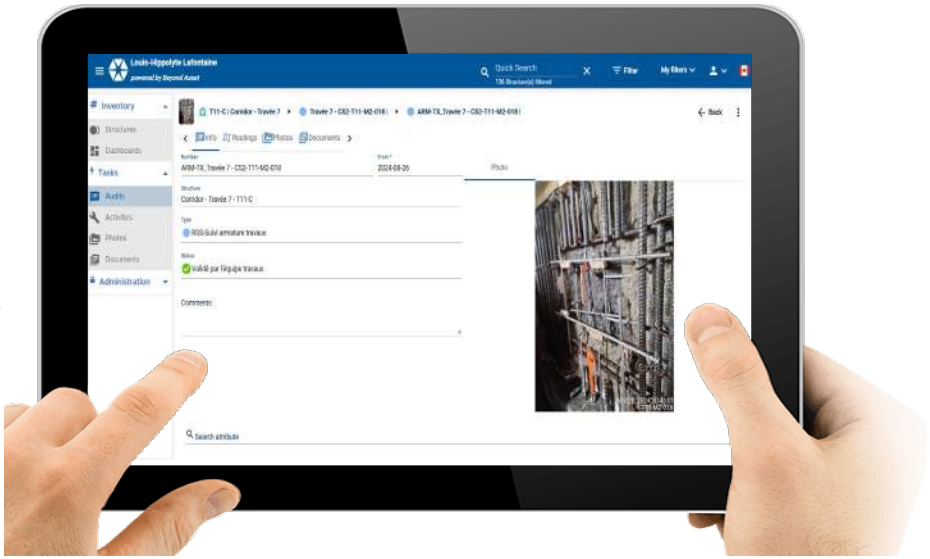
Etape 5 : projection et finition

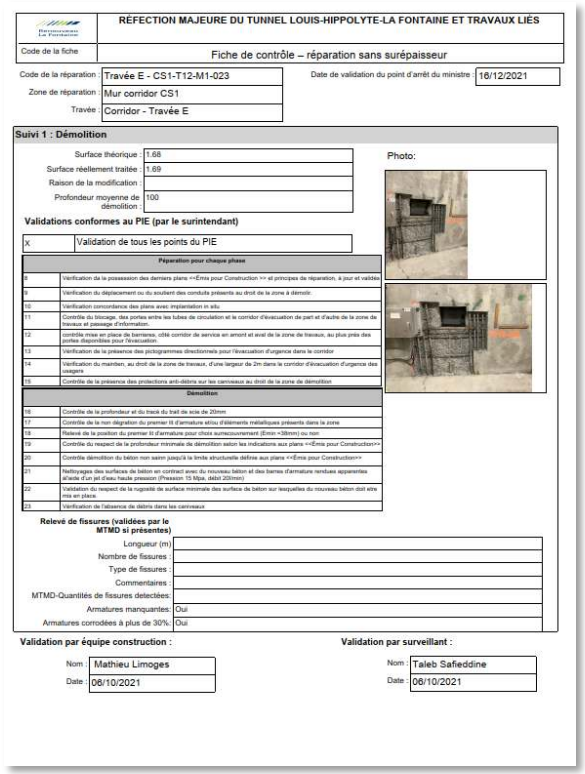


[3] Gestion et suivi des réparations

Processus de suivi des réparations

- Documentation des étapes de réparation et suivi des points d’arrêt
- Suivi qualité et gestion du circuit de validation [Entreprise / Contrôleur / MOA]
- Génération des fiches de contrôle pour archivage





RÉFECTION MAJEURE DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE ET TRAVAUX LIÉS

Code de la fiche | Fiche de contrôle – réparation sans surépaisseur

Code de la réparation :	Travée E - CS1-T12-M1-023
Zone de réparation :	Mur corridor CS1
Travée :	Corridor - Travée E

Date de validation du point d’arrêt du ministre : 16/12/2021

Suivi 1 : Démolition

Surface théorique :	1.68
Surface réellement traitée :	1.69
Raison de la modification :	
Profondeur moyenne de démolition :	100

Photo:

Validations conformes au PIE (par le surintendant)

X	Validation de tous les points du PIE

	Préparation pour chaque phase
8	Vérification de la possession des derniers plans <<Émis pour Construction >> et principes de réparation, à jour et validés
9	Vérification du déplacement ou du soutient des conduits présents au droit de la zone à démolir.
10	Vérification concordance des plans avec implantation in situ.
11	Contrôle du blocage, des portes entre les tubes de circulation et le corridor d’évacuation de part et d’autre de la zone de travaux et passage d’information.
12	contrôle mise en place de barrières, côté corridor de service en amont et aval de la zone de travaux, au plus près des portes disponibles pour l’évacuation.
13	Vérification de la présence des pictogrammes directionnels pour l’évacuation d’urgence dans le corridor
14	Vérification du maintien, au droit de la zone de travaux, d’une largeur de 2m dans le corridor d’évacuation d’urgence des usagers
15	Contrôle de la présence des protections anti-débris sur les carrosseux au droit de la zone de démolition
	Démolition
16	Contrôle de la profondeur et du tracé du trait de scie de 20mm
17	Contrôle de la non dégration du premier lit d’armature et/ou d’éléments métalliques présents dans la zone
18	Relevé de la position du premier lit d’armature pour choix aumoucovrement (Emin =38mm) ou non
19	Contrôle du respect de la profondeur minimale de démolition selon les indications aux plans <<Émis pour Construction>>
20	Contrôle démolition du béton non sain jusqu’à la limite structurelle définie aux plans <<Émis pour Construction>>
21	Nettoyages des surfaces de béton en contract avec du nouveau béton et des barres d’armature rendues apparentes à l’aide d’un jet d’eau haute pression (Pression 15 Mpa, debit 20l/min)
22	Validation du respect de la rugosité de surface minimale des surface de béton sur lesquelles du nouveau béton doit être mis en place.
23	Vérification de l’absence de débris dans les cannieaux

Relevé de fissures (validées par le MTMD si présentes)

Longueur (m) :	
Nombre de fissures :	
Type de fissures :	
Commentaires :	
MTMD-Quantités de fissures detectées:	
Armatures manquantes:	Oui
Armatures corrodées à plus de 30%:	Oui

Validation par équipe construction :

Nom : Mathieu Limoges

Date : 06/10/2021

Validation par surveillant :

Nom : Taleb Safieddine

Date : 06/10/2021

IMGC

Apports de la numérisation

Facilitation de la communication entre acteurs du projet
Outil de synthèse visuel permettant les interactions et facilitant la prise de décision entre le constructeur et la maîtrise d'ouvrage

Optimisation du processus de suivi des travaux
Gain du temps sur le terrain et au bureau par la digitalisation

Amélioration du contrôle Qualité
Exhaustivité des relevés et fiabilité du suivi

Merci

IMGC

Ingenierie de la Maintenance du Génie Civil