



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





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

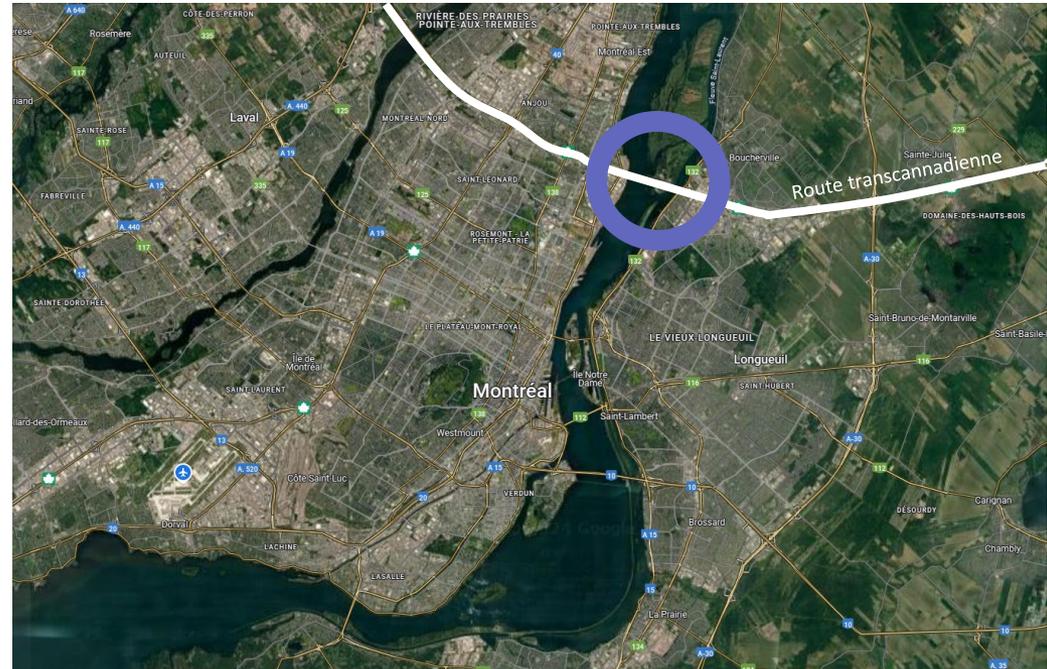
Journée Technique
MARDI 5 Novembre 2024
FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

en collaboration avec



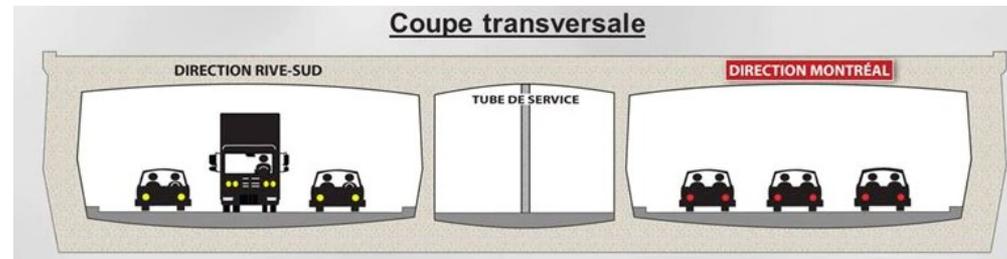
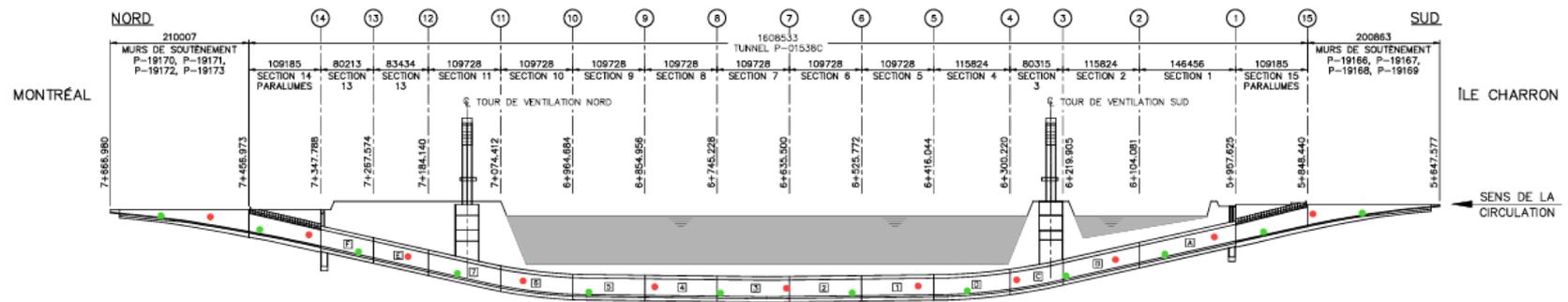
Tunnel Louis-Hyppolite-la-Fontaine

- 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



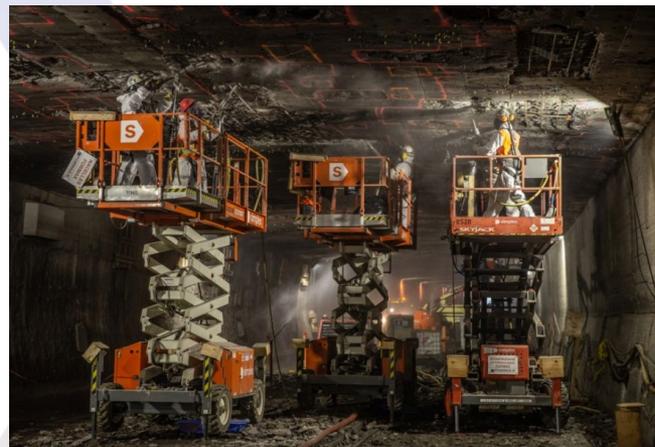
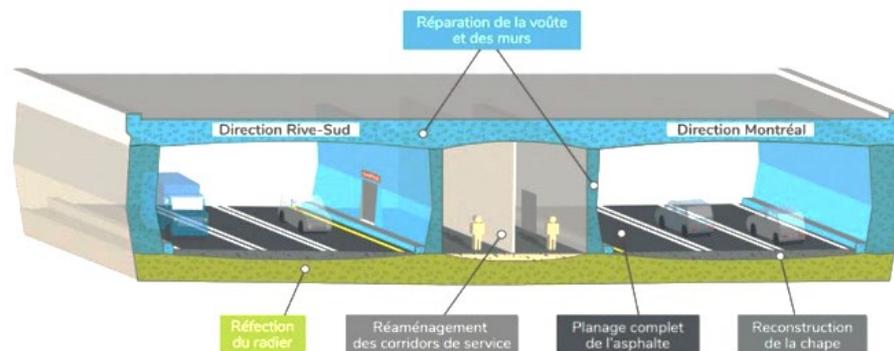
Objet des travaux

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 ferrailage 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)

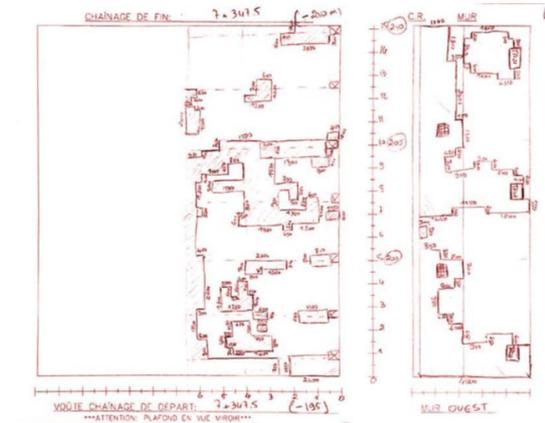


La numérisation au service des travaux

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)

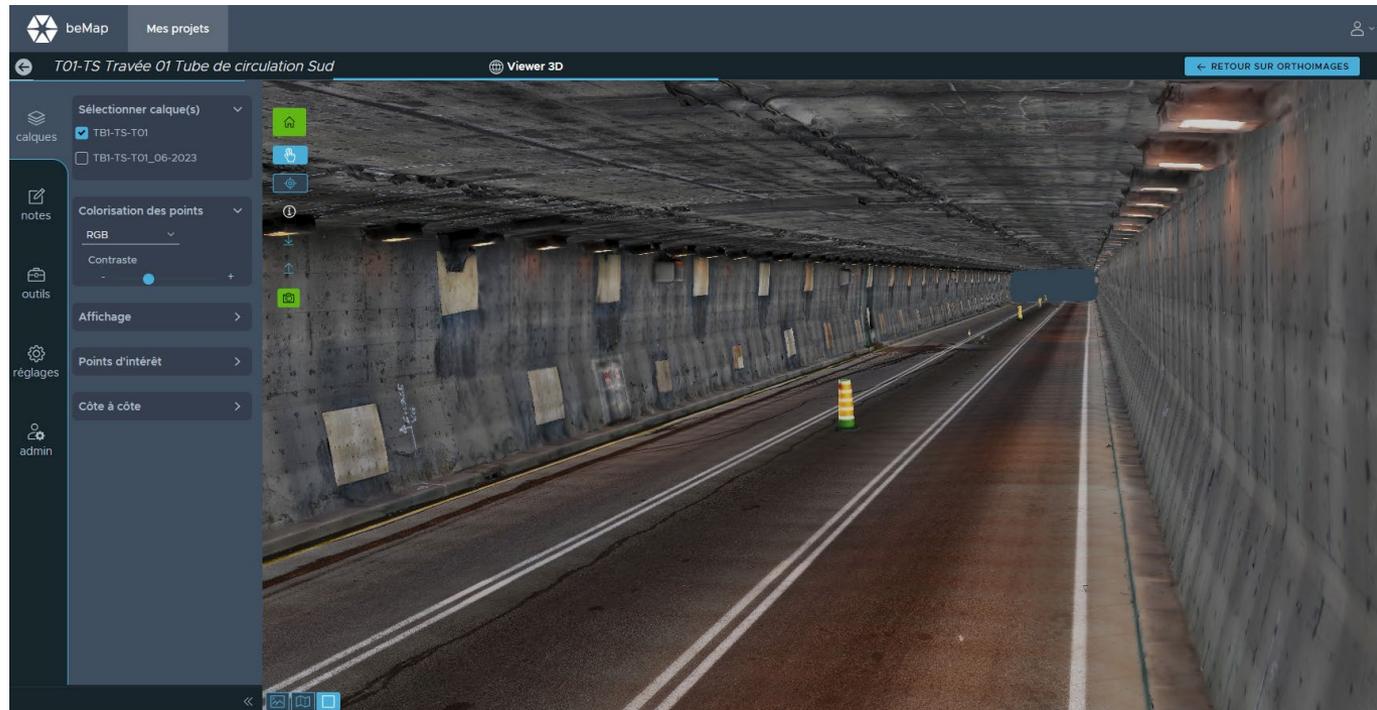
- 12 capteurs photos
- projecteurs puissants pour une qualité d'image homogène
- prise de vues synchronisées et séquencées
- résolution des images jusqu'à 0,5mm/pixel



[2] Traitement des données

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

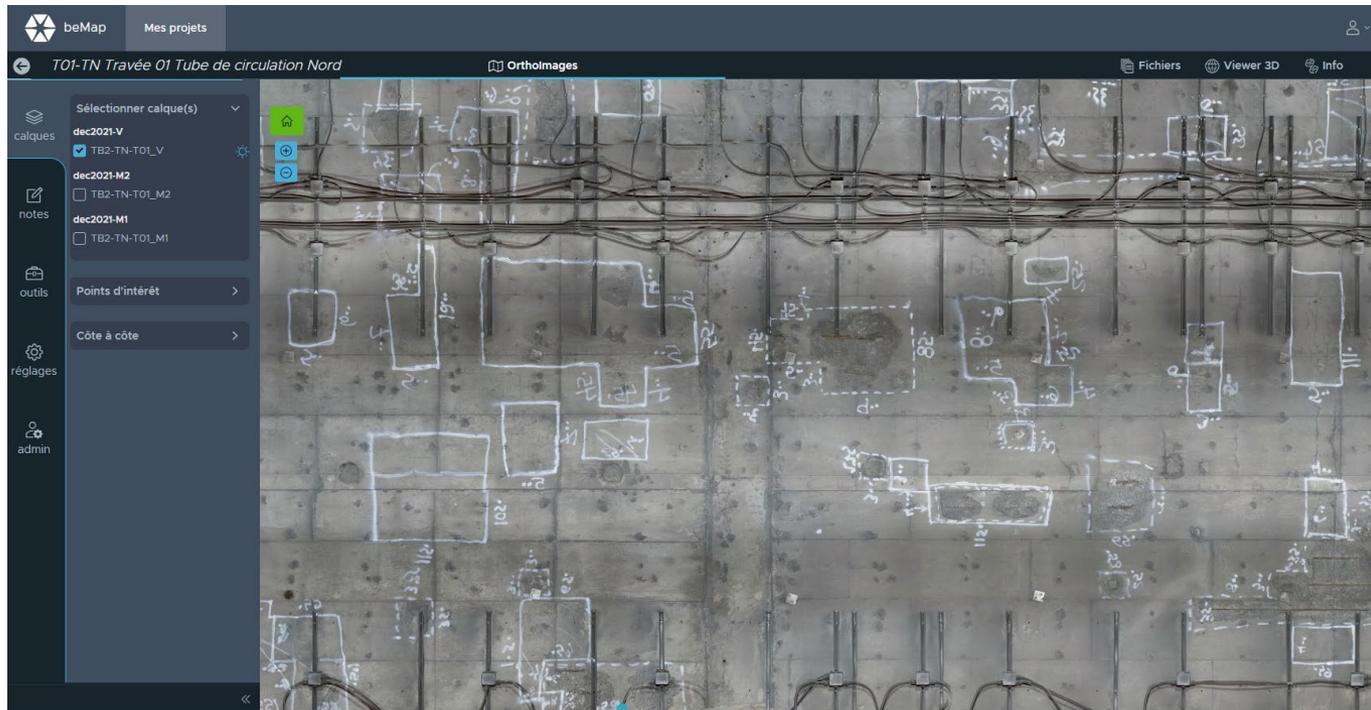
- Génération de modèles 3D



[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



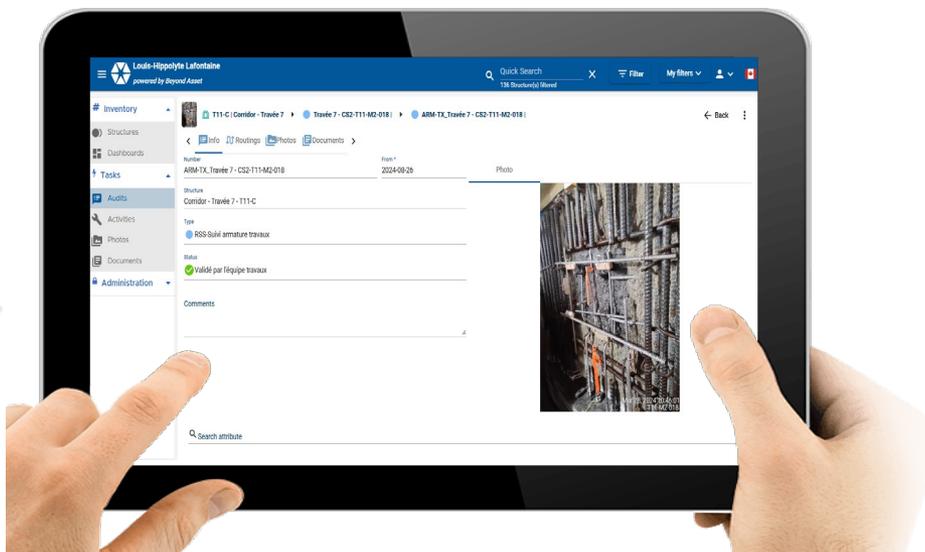
Etape 5 : projection et finition



[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



REFECTION MAJEURE DU TUNNEL LOUIS-HIPPOLYTE-LA FONTAINE ET TRAVAUX LIES			
Code de la fiche	Fiche de contrôle – réparation sans surpasseur		
Code de la réparation	Travée E - CS1-T12-M1-023	Date de validation du point d'arrêt du ministre	18/12/2021
Zone de réparation	Mur corridor CS1		
Travée	Corridor - Travée E		

Suivi 1 : Démolition			
Surface théorique	1.68	Photo:	
Surface réellement traitée	1.69		
Raison de la modification			
Profondeur moyenne de démolition	100		
Validations conformes au PIE (par le surintendant)			
X	Validation de tous les points du PIE		
Préparation pour chaque phase			
1	Verification de la possession des derniers plans «États pour Construction» et principes de réparation, à jour et validés		
2	Verification du déplacement ou du soulèvement des corniches présents au droit de la zone à démolir.		
3	Verification concordance des plans avec implantation in situ.		
4	Contrôle de montage des grilles entre les tubes de circulation et le corridor d'évacuation de part et d'autre de la zone de travaux et passage d'instrumentation.		
5	Contrôle mise en place de barrières, côté corridor de service en amont et aval de la zone de travaux, au plus près des points d'accès pour l'installation.		
6	Verification de la présence des programmes directionnels pour l'évacuation d'urgence dans le corridor.		
7	Verification des montants, au droit de la zone de travaux, d'une hauteur de 2m dans le corridor d'évacuation d'urgence des passages.		
8	Contrôle de la présence des protections anti-débris au sol au-dessous au droit de la zone de démolition.		
Démolition			
9	Contrôle de la profondeur et du nivelé du ball de vide de 20cm.		
10	Contrôle de la non obligation du premier 12 d'armatures après 02 éléments métalliques présents dans la zone.		
11	Prélevé de la position du premier 12 d'armatures pour photo archéométrique (E=100mm) ou non.		
12	Contrôle de respect de la profondeur requise de démolition selon les indications aux plans «E=100 pour Construction».		
13	Contrôle démolition de béton sans sautoy à la limite structurelle définie aux plans «États pour Construction».		
14	Nettoyage des surfaces de béton en contact avec du nouveau béton et des barres d'armatures restantes apparentes d'après un jet d'eau haute pression (Pression 13 Mpa, débit 200l/min).		
15	Validation de respect de la largeur de surface restante des surfaces de béton sur lesquelles du nouveau béton doit être versé en place.		
16	Verification de l'absence de débris dans les caniveaux.		
Relevé de fissures (validées par le MTMD si présentes)			
	Longueur (m)		
	Nombre de fissures:		
	Type de fissures:		
	Commentaires:		
MTMD-Quantités de fissures détectées:			
Armatures manquantes:	Oui		
Armatures corrodées à plus de 30%:	Oui		
Validation par équipe construction :		Validation par surveillant :	
Nom :	Mathieu Limoges	Nom :	Taleb Safeddine
Date :	06/10/2021	Date :	06/10/2021



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



Ingenierie de la Maintenance du Génie Civil