



L'humain au centre  
de l'ingénierie

# MODERNISATION DES SYSTÈMES DU TUNNEL DE MELOCHEVILLE

Présenté aux  
**Grands Prix du génie-conseil  
québécois 2021**

Catégorie  
Télécommunications et nouvelles technologies

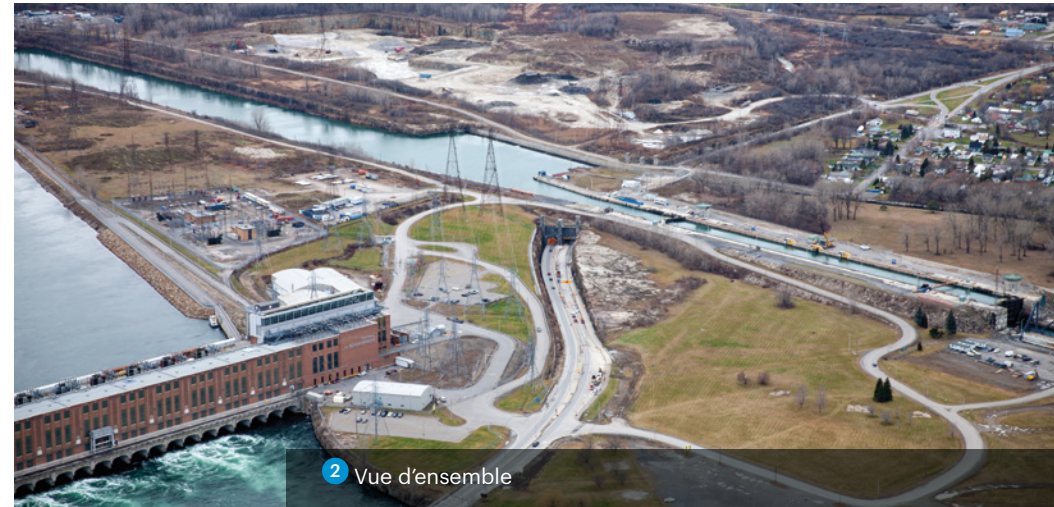
Avril 2021



# Innovation



1 Vue du tunnel de Melocheville et de la voie maritime du Saint-Laurent



2 Vue d'ensemble



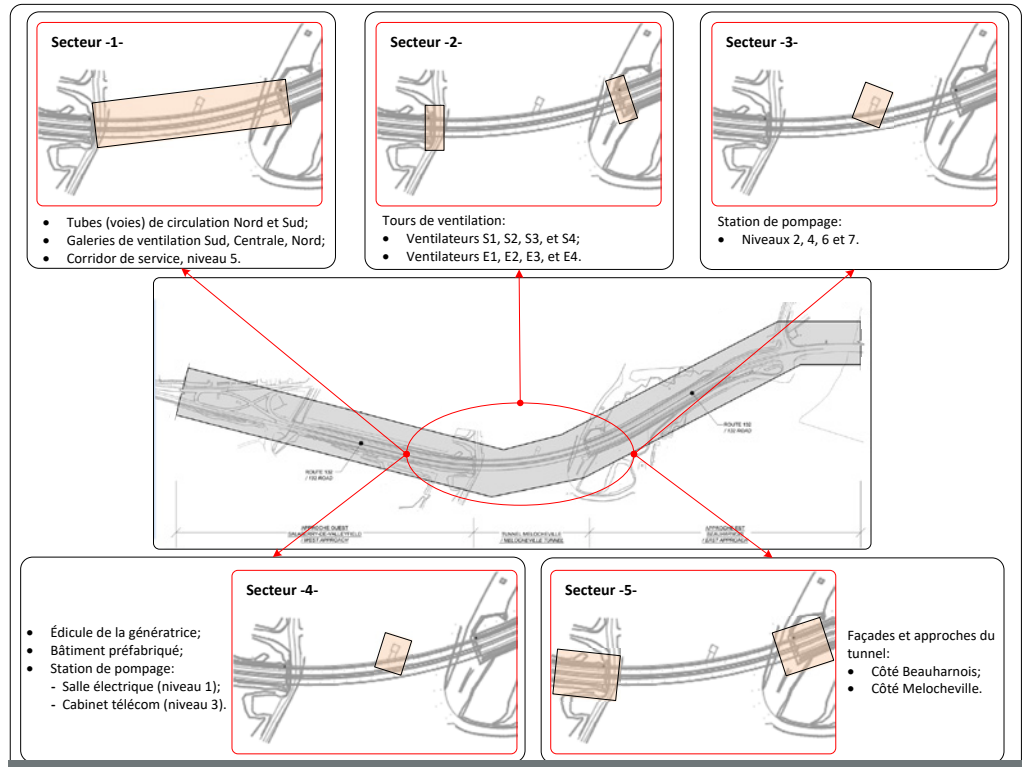
Tunnel de Melocheville

3 Localisation et caractéristiques du tunnel de Melocheville, construit en 1957, à proximité de la centrale hydroélectrique de Beauharnois

# Innovation (suite)

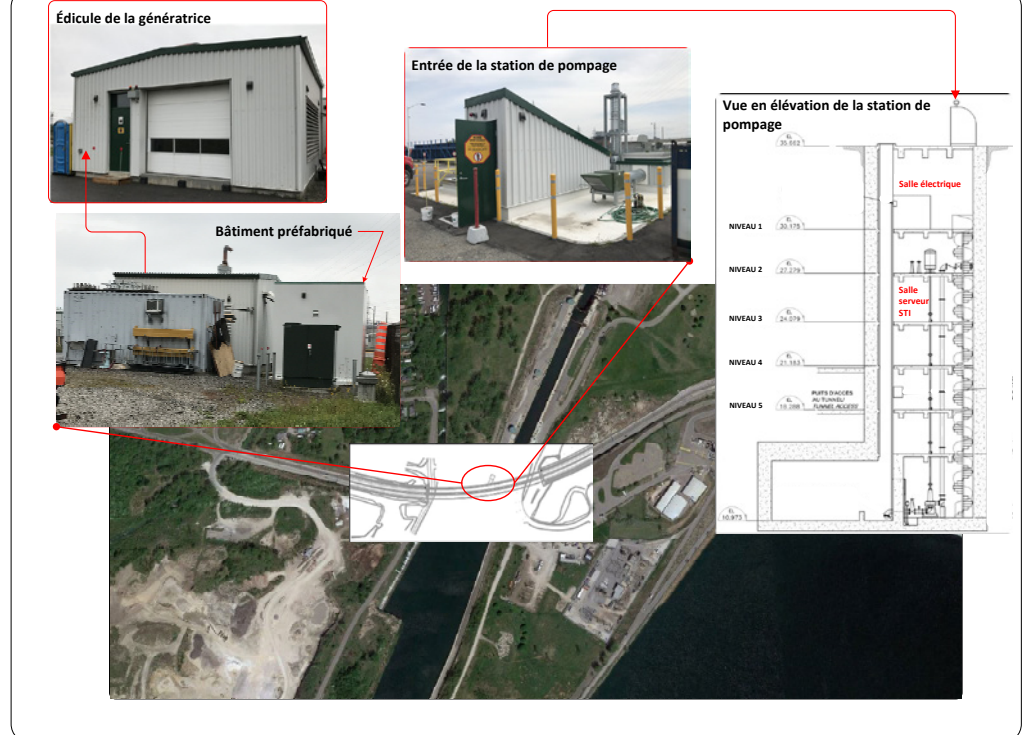
PJCCI maintient un programme d'entretien majeur du tunnel de Melocheville étant donné l'aspect critique de l'ouvrage situé sous le canal de la voie maritime du Saint Laurent, et ce, afin d'assurer aux usagers un passage fluide et sécuritaire. Ce projet d'envergure portait sur la « **Modernisation des systèmes électriques, d'automatisation-contrôle et de télécommunications** ».

Les travaux pour l'ensemble du projet consistaient principalement à remplacer les équipements électriques désuets, à repenser la distribution électrique de l'ensemble du tunnel, à corriger les problèmes de démarrage et améliorer l'efficacité des pompes, à mettre en place un nouveau réseau de télécommunications robuste, à faciliter la supervision à distance ainsi qu'à mettre à jour le système d'automatisation-contrôle du tunnel.



1 Secteurs du tunnel touchés par les travaux

2 Installation de PJCCI dans l'emprise de la voie maritime

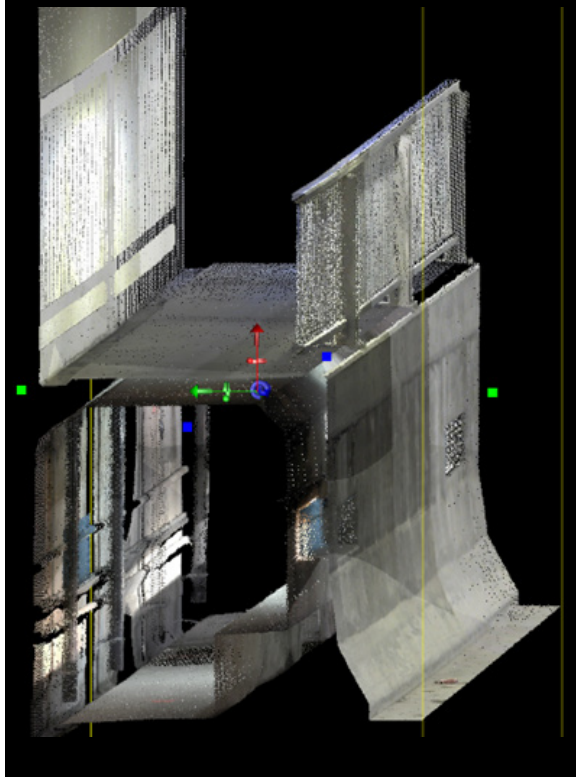


# Innovation (suite)

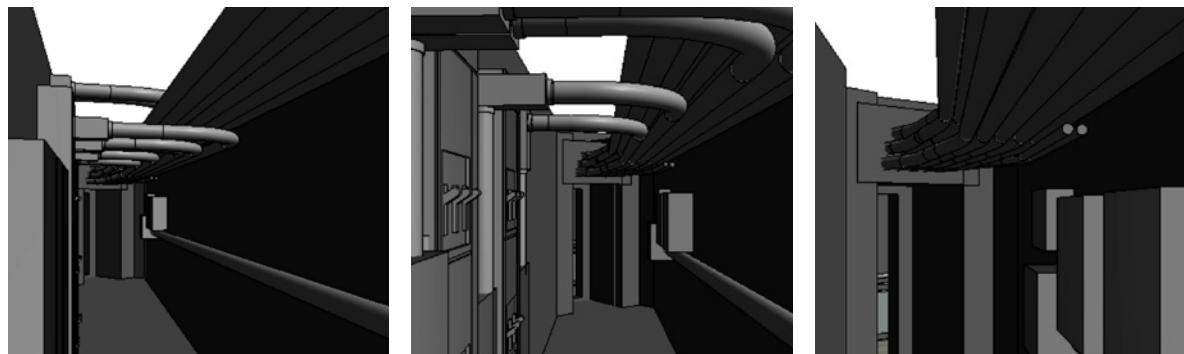
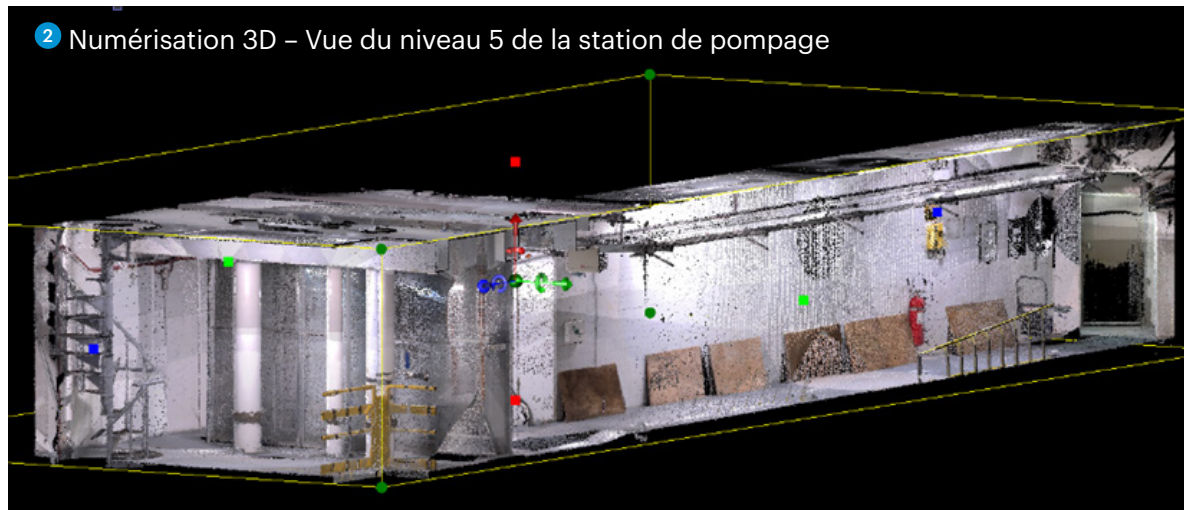
## Numérisation 3D

CIMA+ a recommandé d'effectuer la numérisation 3D du tunnel, qui devait être d'une densité élevée de points, d'une très grande précision et géoréférencée. Plus de 200 numérisations ont été effectuées, pour un total approximatif de 1,3 milliard de points. L'utilisation de cette technologie a permis de limiter le nombre de visites au site, d'optimiser la collecte de données et de mieux évaluer les contraintes d'espacement pour l'installation des équipements. Contrairement à un relevé conventionnel, PJCCI a un aperçu global de l'ensemble de ses installations et de son inventaire.

1 Numérisation 3D – Vue en coupe de la galerie de ventilation Nord



2 Numérisation 3D – Vue du niveau 5 de la station de pompage

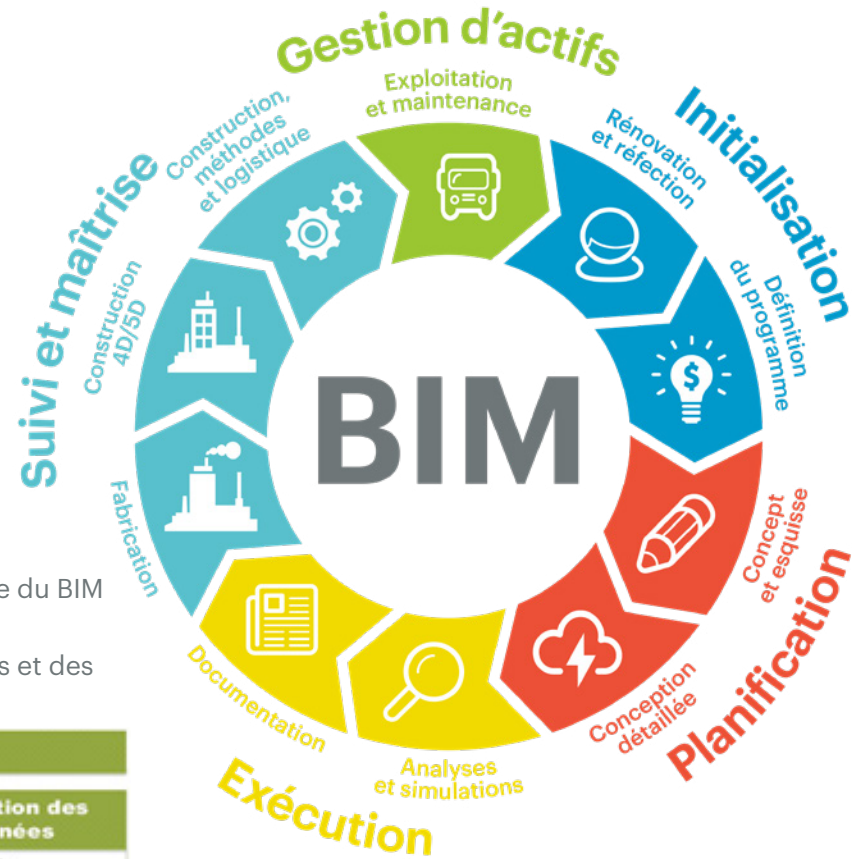


3 Animation 3D – Passage d'équipement dans le corridor du niveau 5

# Innovation (suite)

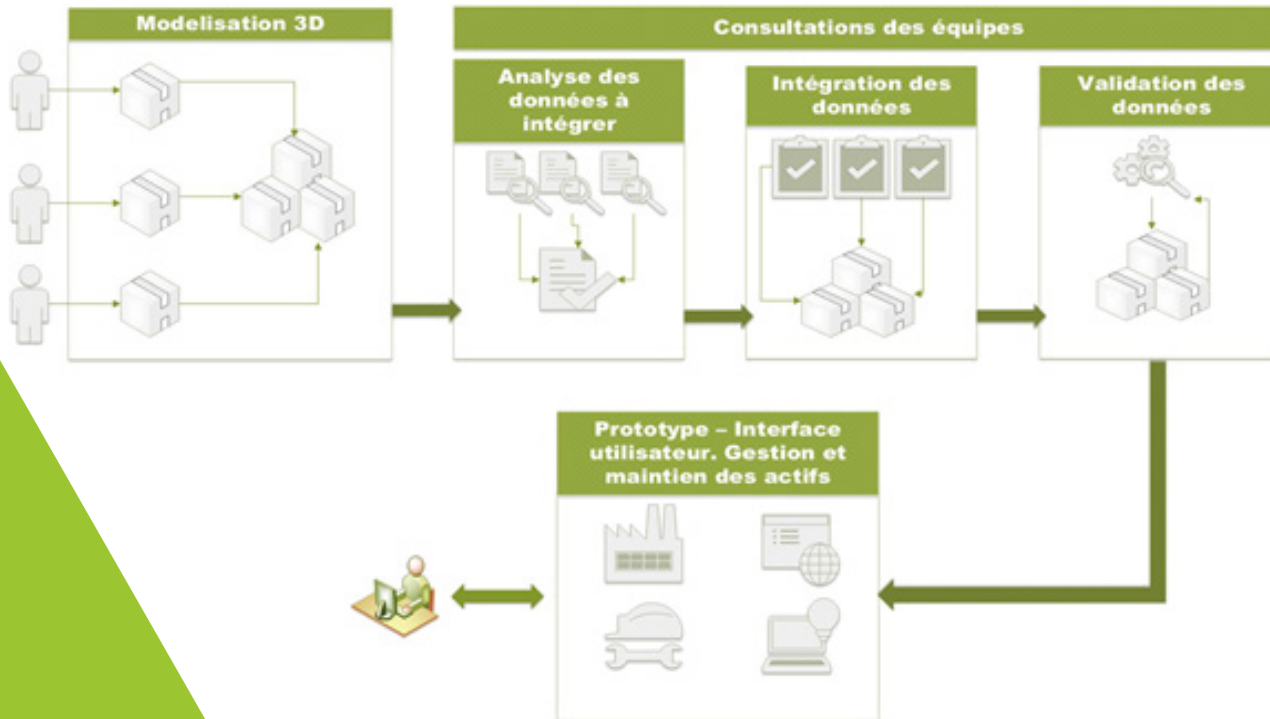
## Projet pilote Building Information Modeling (BIM) / Virtual Design and Construction (VDC)

CIMA+ a accompagné PJCCI dans un processus BIM/VDC. Le BIM est un processus intelligent basé sur des modèles 3D permettant aux divers acteurs d'un projet de planifier, concevoir, construire et gérer des infrastructures de manière plus efficace.



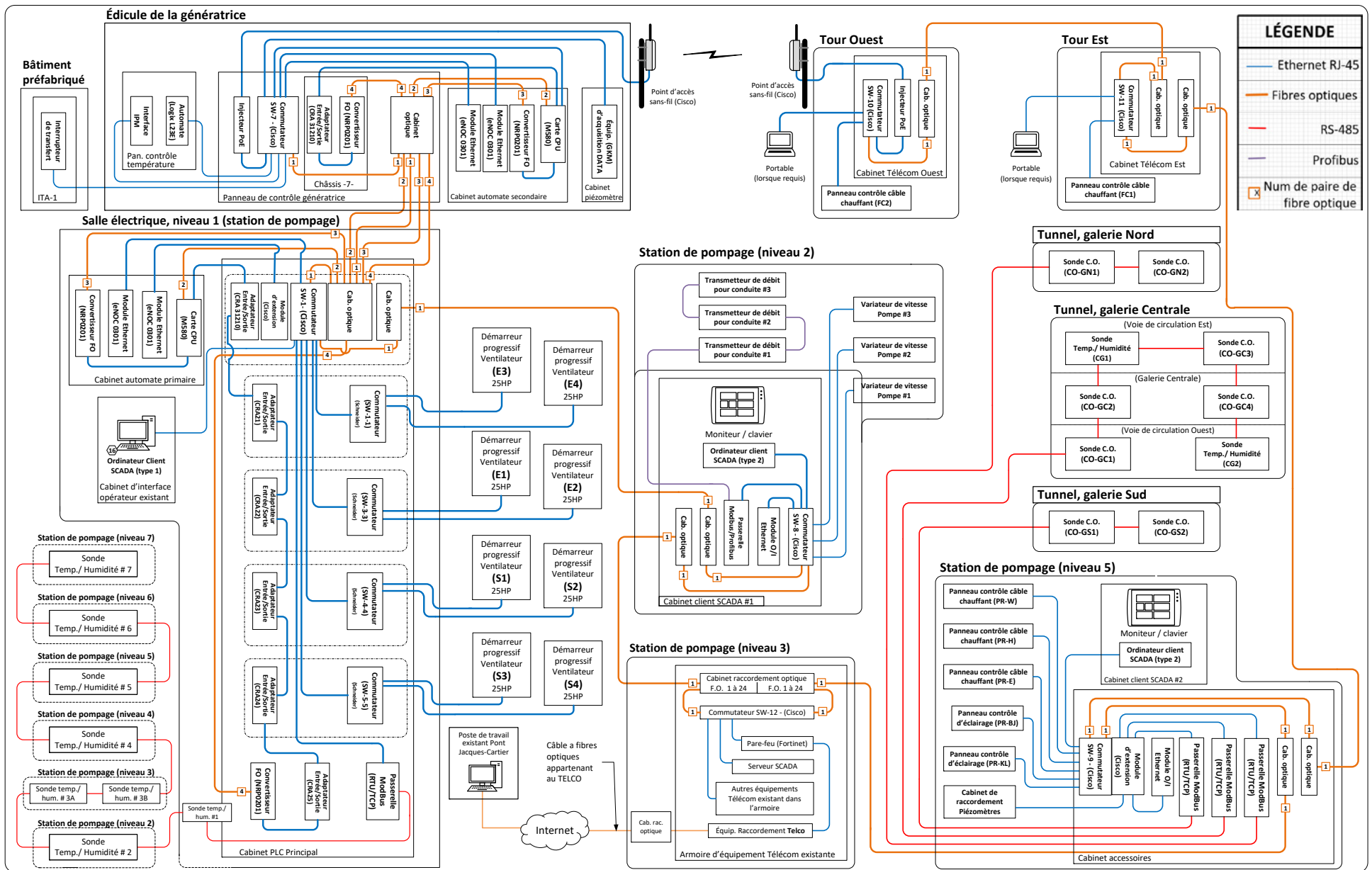
1 La roue du BIM

2 Processus accéléré du projet pilote spécifique et adapté à la modélisation des ouvrages et des installations du tunnel



### Plans maîtres de services et manuels synthèses

Dans le cadre de ce projet, des plans maîtres de services ont été réalisés; l'intention étant de regrouper l'information indépendamment des différents contrats. Également, des manuels synthèses d'opération et d'entretien des équipements ont été produits; ceux-ci étant entièrement électroniques avec indexation.



Une des principales innovations est l'implantation d'un nouveau système d'automatisation-contrôle. Les différents systèmes sont reliés via un nouveau réseau numérique sur fibres optiques pour l'ensemble du tunnel. Le réseau est robuste, intégré à l'automatisation-contrôle et assure une redondance physique en diversité de parcours. Il dessert l'ensemble des équipements, tant les nouveaux que ceux conservés et

comprend, entre autres, des commutateurs, serveurs, ordinateurs, pare-feu et passerelles de communication. Un réseau sans fil a été implanté pour la redondance réseau ainsi que la collecte automatisée des données de piézomètres en surface, ce qui a permis d'éviter d'effectuer des parcours câblés sur le territoire des partenaires de PJCCI et d'avoir à percer le radier du tunnel.

# Complexité

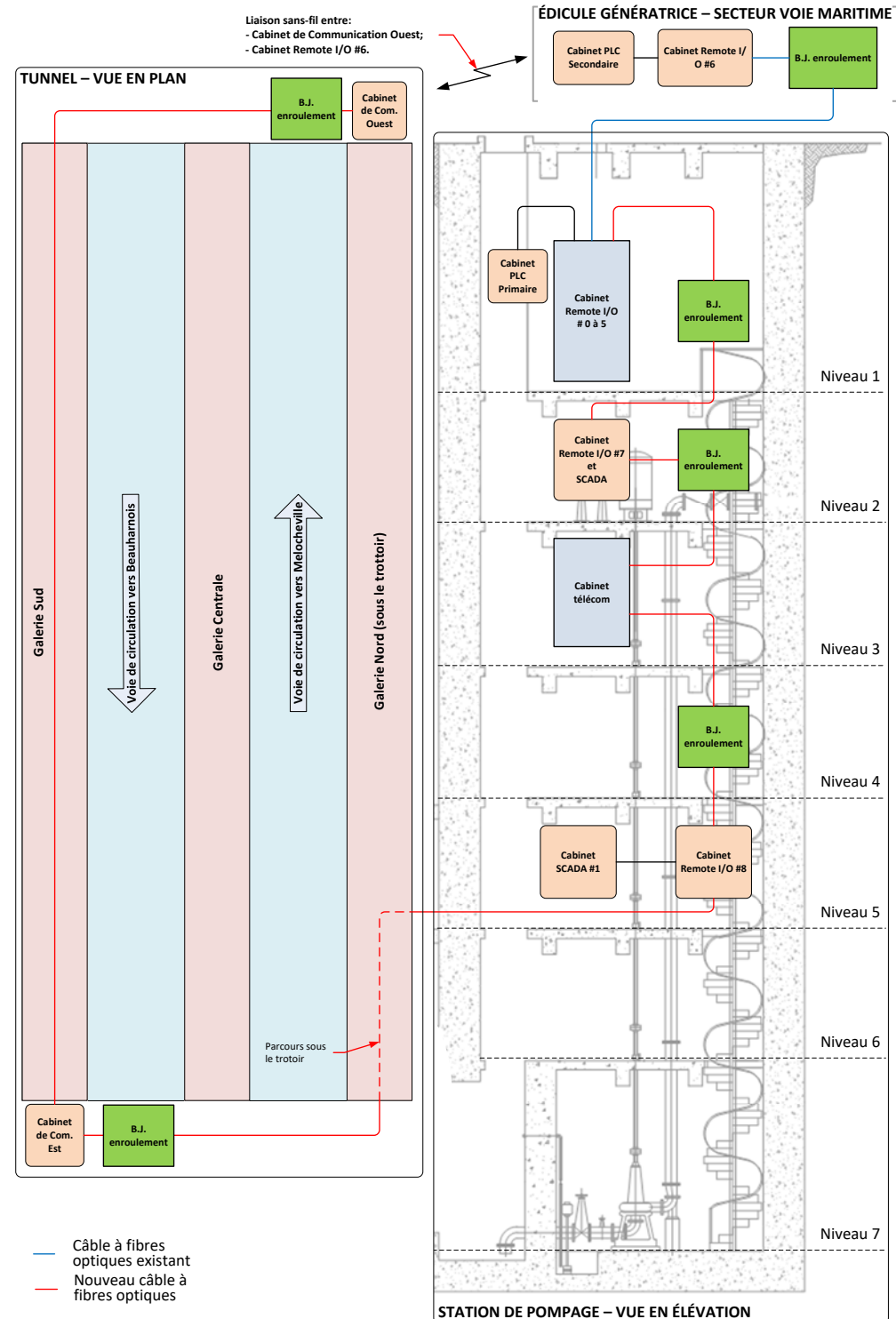
Quoique technologique à la base, ce projet impliquait de multiples disciplines compte tenu du milieu industriel dans un contexte de transport : électricité de puissance, automatisation-contrôle, instrumentation, programmation, télécommunications, systèmes de transport intelligents, gestion d'information, éclairage, ventilation, gestion de la circulation, structure, génie routier, drainage, services d'utilités publiques. Également, les éléments étant interreliés, un changement dans un système a un impact direct sur la performance en matière de sécurité, de mode d'exploitation et de coûts d'entretien.

Les travaux dans l'existant sont complexes par rapport à ceux effectués dans le cadre d'une nouvelle installation. Les conditions environnementales difficiles en tunnel dans lesquels opèrent les équipements devaient également être prises en compte. Les activités de PJCCI et de ses partenaires ne pouvaient subir aucune interruption dans leur exploitation. De plus, les impacts sur la qualité de l'environnement du personnel et des usagers devaient être réduits au minimum.

L'espace restreint à plusieurs endroits ainsi que les difficultés d'accès constituaient une problématique particulière. Or, l'utilisation de la numérisation 3D a grandement facilité l'élaboration de l'ingénierie détaillée.

L'isolation de divers éléments du tunnel est un facteur important dans l'élaboration des parcours de câbles. Entre autres, il fallait éviter de percer le radier en surface et de couper des barres d'armature du tunnel. CIMA+ a donc eu recours à une firme spécialisée en auscultations géoradar.

Plusieurs intervenants ont juridiction sur le tunnel. L'obtention de l'accord de chacun d'eux représentait un défi additionnel, ce qui a pu être réalisé via une consultation dès la planification des travaux.





1 Encombrement des installations



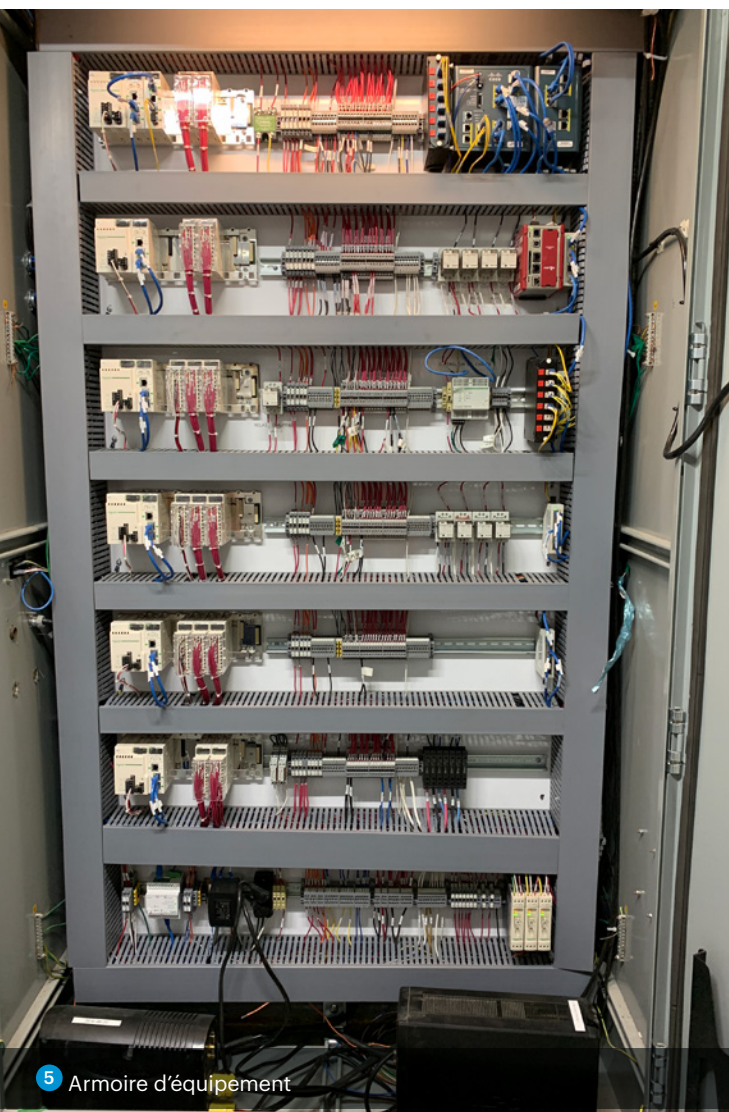
2 Guérite d'accès au secteur de la voie maritime



3 Travailleur dans une galerie



4 Salle des pompes



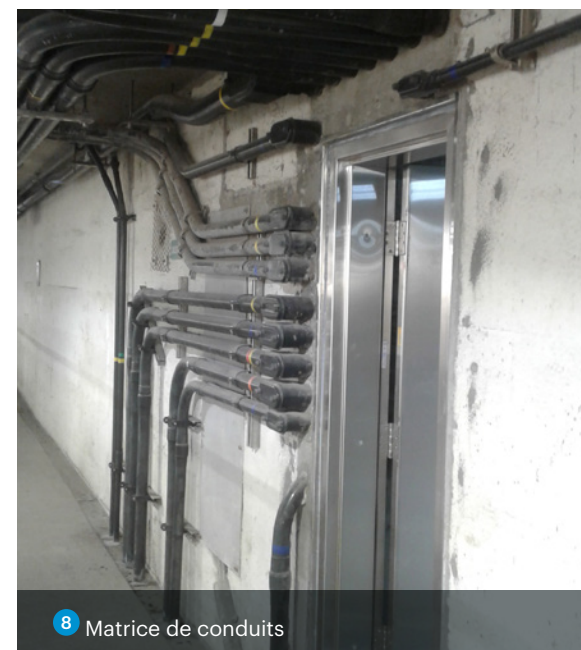
5 Armoire d'équipement



6 Installation d'un panneau de câbles chauffants



7 Travaux d'installation



8 Matrice de conduits



9 Installations de PJCCI dans le secteur de la voie maritime





## Bénéfices sociaux et/ou économiques

### Au niveau social

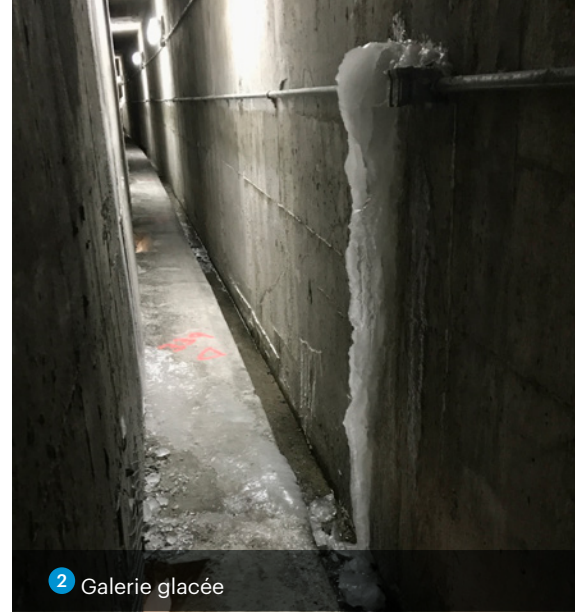
- > La quiétude des usagers n'a pas été affectée puisque la circulation bidirectionnelle a pu être maintenue pendant la durée complète des travaux, ainsi que les passages piétons et cyclistes, à la suite d'une planification innovante lors de la conception; des événements comme le Marathon ont ainsi pu utiliser le tunnel.
- > Des mesures préférentielles ont été mises en place pour les services d'urgence. Une coordination étroite a d'ailleurs été effectuée avec le Service des incendies.
- > Les divers intervenants concernés ont été impliqués lors de la conception, ce qui a permis de maintenir une collaboration étroite avec la Corporation de Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent, Hydro-Québec, les Services d'urgences, le ministère des Transports et les résidents

### Au niveau économique

- > Le projet a permis de réguler l'intensité de la ventilation, ainsi que d'utiliser les 3 pompes de façon optimale. La consommation électrique du tunnel a été optimisée; la fréquence des pointes de surcharge étant réduite.
- > Le nouveau réseau de fibres optiques ainsi que la disponibilité des données via le lien dédié ont permis de faciliter l'opération à distance du tunnel.
- > Le fait d'avoir réalisé les travaux d'instrumentation pour la piézométrie dans le cadre d'un contrat de construction spécialisé sous la responsabilité de CIMA+ a permis à PJCCI d'obtenir de précieuses données sur l'écoulement de l'eau dès l'hiver 2018-2019, plutôt qu'en 2020, si cela avait été effectué avec le contrat de construction principal.
- > Le contrat de construction principal a été réalisé par un entrepreneur de la région, ce qui a permis le développement de l'expertise locale.



1 Paroi glacée à l'entrée du tunnel



2 Galerie glacée



3 Piézomètre sans fil pour mesure de niveau d'eau

## Bénéfices pour l'environnement

Durant ses 40 premières années de vie, le tunnel a été peu entretenu et PJCCI a assumé des coûts d'entretien importants depuis l'an 2000. Les travaux réalisés ont permis de prolonger la durée de vie du tunnel, estimée à 75 ans, et d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

L'hiver, l'eau sur les parois du tunnel constitue un danger de chute de glace sur la chaussée, d'où un épandage préventif de sel déglacant. Or, ces produits ne sont pas efficaces en dessous d'une certaine température. CIMA+ a veillé à améliorer le drainage ainsi que le système de câbles chauffants, ce qui a permis de prévenir la formation de glace et d'utiliser moins de sel déglacant.

Les données disponibles à la suite de la nouvelle instrumentation (piézomètres, débitmètres, pluviomètre) ont également permis de mieux comprendre les interactions entre les différents apports d'eau liés au tunnel.

Dans le cadre de ce projet, la consommation électrique du tunnel a été optimisée, également les conduites de plomb ont été retirées, ce qui a été bénéfique pour l'environnement.



4 Signalisation temporaire

À la suite de l'optimisation de la ventilation, les émissions de carbone sont évacuées de la station de pompage, d'où une réduction des impacts sur la santé des responsables de l'entretien.

Le maintien en service du tunnel durant les travaux a permis d'éviter aux usagers des détours importants par l'autoroute A-30, ce qui a entraîné une réduction des GES qui auraient été émis en cas de fermeture complète du tunnel et de la route 132.

# Satisfaction des besoins du client

PJCCI réalise des travaux d'entretien dans le cadre du «Programme d'entretien majeur du tunnel et de ses approches», ce qui comprend l'entretien et la mise à jour des différents systèmes d'exploitation du tunnel. L'objectif de ces interventions est «d'assurer au public un passage sécuritaire, efficace et de préserver l'intégrité du tunnel dans son ensemble».

Les travaux devaient permettre de fiabiliser l'exploitation du tunnel en cas de panne, de faciliter la supervision et le contrôle des équipements du tunnel à distance et de mettre les systèmes à niveau.

Les objectifs ont été atteints :

- > Élaborer des solutions techniques et technologiques efficaces pour résoudre les problématiques prioritaires.
- > Élaborer des solutions qui permettent à PJCCI de respecter ses engagements relatifs à la sécurité des usagers et à l'amélioration du fonctionnement des différents systèmes du tunnel.
- > Proposer des solutions qui tiennent compte des limites budgétaires de PJCCI. Les coûts de construction estimés à 6M\$ ont été respectés.

Finalement, les travaux de modernisation des systèmes ont été réalisés dans les délais prescrits, soit deux ans. L'ensemble des travaux a été complété à l'automne 2020.

*« Travailler avec René et son équipe dans ce beau projet ne manquait pas de défis au quotidien. Nous avons rencontré divers enjeux pour arriver à des solutions bien pensées et adaptées aux différentes particularités du tunnel de Melocheville. CIMA+ a su répondre aux besoins de PJCCI tout en apportant des idées et des solutions bien particulières à des problèmes d'un ouvrage aussi distinctif. »*

- Radouan El Kaak, ing., Chargé d'ingénierie, Ingénierie, PJCCI



1 Numérisation 3D – Approche du tunnel



Source : Orthophotographie : © Communauté métropolitaine de Montréal, 2005-2019

# Annexe A.1

## Court texte de présentation

### Description de la firme

CIMA+ fournit une variété de services d'ingénierie, notamment dans les domaines de l'ingénierie des bâtiments, des infrastructures, des transports, de l'énergie et des ressources, de même qu'en gestion de projet, en environnement et en systèmes de communication.

La recherche de l'excellence fait partie de notre ADN depuis notre fondation en 1990. Cet engagement a permis à CIMA+ de se hisser au rang des plus grandes firmes de génie-conseil au Canada. Aujourd'hui, avec 30 bureaux à travers le Canada, CIMA+ emploie 2 400 personnes, dont plus de la moitié sont actionnaires de l'entreprise.

Chez CIMA+, nous croyons que l'ingénierie existe pour améliorer et bonifier la vie qui nous entoure. Les solutions durables inspirées de l'ingénierie permettent de relever les nombreux défis d'aujourd'hui et de demain. Parce que lorsque vous concevez pour les gens, vous créez également un monde meilleur. Pour plus d'informations, veuillez visiter [www.cima.ca](http://www.cima.ca).



L'humain au centre  
de l'ingénierie

# Personnes-ressources



**Radouan El Kaak**, ing.  
Chargé d'ingénierie, Ingénierie

**Les Ponts Jacques Cartier et Champlain inc.**

500-1225, rue St-Charles Ouest  
Longueuil QC J4K 0B9 Canada

Tél : 450 651-8771, 2318

[relkaak@pjcci.ca](mailto:relkaak@pjcci.ca)



L'**humain** au centre  
de l'ingénierie

**René Marcouiller**, ing.  
Expert-conseil principal  
Secteur Systèmes de communications

**CIMA+ s.e.n.c.**

600-3400, boul. du Souvenir  
Laval QC H7V 3Z2 Canada

Tél : 514 337-2462

[rene.marcouiller@cima.ca](mailto:rene.marcouiller@cima.ca)



210413\_CIMA+\_Tunnel Melocheville\_v8.indd

**CIMA+**

L'humain au centre  
de l'ingénierie

**30** ANS

▶ 🐦 in f [cima.ca](http://cima.ca)