

Routes et transports

PUBLICATION DE L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES TRANSPORTS

VOLUME 51, NO 2, AUTOMNE-HIVER 2022-2023

DÉCARBONATION

Transformation des transports,
propulsion verte

+

CAHIER SPÉCIAL FERROVIAIRE

Une industrie stratégique
au cœur de l'économie
québécoise

AQTr

L'expertise en transport

Routes et transports

PUBLICATION DE L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES TRANSPORTS

VOLUME 51, NO 2, AUTOMNE-HIVER 2022-2023

Décarbonation du secteur ferroviaire - Édition spéciale ferroviaire

Mot du président p. 6 | Mot de la directrice générale p. 7 | Des nouvelles de l'AQTr p. 9 | TransForm p. 12 | Les experts de ce numéro p. 16
Cahier spécial ferroviaire p. 22 | Section Pensons à l'avenir p. 72 | Bulletin PIARC-Québec p. 82 | Calendrier associatif p. 89

GESTION DES ENTRAVES SUR LES AXES ROUTIERS

François Paradis

CIMA+

Page 20

LA PLACE DES MATÉRIAUX DE CHAUSSEE DANS LE FERROVIAIRE

Diego Ramirez-Cardona

ÉTS Montréal | Université du Québec

Page 32



Cahier spécial ferroviaire

ENJEUX DE MAIN-D'ŒUVRE ET DE FORMATION DANS LE DOMAINE FERROVIAIRE: LE MILIEU SE MOBILISE

Luc Faucher

Centre d'expertise ferroviaire

Page 24

L'INGÉNIERIE FERROVIAIRE AU MINISTÈRE

Simon Paquette, Samuel Morin

Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Page 28

TRACER UNE FEUILLE DE ROUTE VERS LA DÉCARBONATION DU FERROVIAIRE AU QUÉBEC ET AU CANADA

Caroline Healey

Association des chemins de fer du Canada

Page 37

CYBERSÉCURITÉ : COMMENT SÉCURISER UN ÉCOSYSTÈME FERROVIAIRE DE PLUS EN PLUS INTERCONNECTÉ

Louis-Philippe Desjardins et Grégory Lemaire

Deloitte

Page 42

AQTr.com

57^e CONGRÈS

DU 27 AU 29 MARS 2023
Centre des congrès de Québec

À METTRE À VOTRE AGENDA

LA PROPULSION VERTE, L'ALTERNATIVE FERROVIAIRE POUR LUTTER CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Adrien Vernhes

Alstom

Page 47

CONCEPTION DE TABLES TOURNANTES FERROVIAIRES : COMMENT INNOVER ?

Faouzi Méribout et Patrice Pagé

Norda Stelo

Page 52

TROIS GARES EN PLEIN CŒUR D'UN QUARTIER D'AFFAIRES EN EFFERVESCENCE

Ianik Marcil

District Central

Page 56

ÉTAGEMENT FERROVIAIRE CASAVANT À SAINT-HYACINTHE, UNE RÉALISATION INNOVANTE ET UNIQUE DANS LE MONDE FERROVIAIRE AU CANADA

RomiAnne Beaudoin, Raffi Guiragossian et Youssef Maalouf, *AECOM*

Véronique Lapalme, CN

Page 60

QUATRE FAÇONS DONT EXO RÉDUIT L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE SES OPÉRATIONS FERROVIAIRES

Daniel Koudolo et Paul Dorval

Exo

Page 65

THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS AND ADVANCED INTELLIGENT COMPUTING FOR RAIL TRANSPORT OPTIMIZATION

Ilham Benyahia

Université du Québec en Outaouais

Omar Abdul Wahab

École Polytechnique de Montréal

Page 68



Pensons à l'avenir

UNE CHAIRE QUÉBÉCOISE DÉDIÉE À LA TRANSFORMATION DES TRANSPORTS

Catherine Morency, Danielle Maia de Souza, Emma Frejinger, Martin Trépanier, Normand Mousseau et Radhwane Boukelouha
CIRRELT-ÉTS – Université de Montréal – Polytechnique Montréal

Page 73

COMMENT ACCORDER SANS FAUTE ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS ET MOBILITÉ DURABLE

Benjamin Docquière

Vivre en ville

Page 78

Bulletin PIARC-Québec

UN NOUVEAU GROUPE D'ÉTUDE A RÉCEMMENT LANCÉ SES TRAVAUX AU SEIN DE PIARC

Jean-François Rioux et Frédéric Champagne
Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Page 86

RÉDACTRICE EN CHEF

Josée Rainville

Contribution à la rédaction : Alexandre Lampron

AUTEURS

Adrien Vernhes

Benjamin Docquière

Caroline Healey

Catherine Morency

Danielle Maia de Souza

Daniel Koudolo

Diego Ramirez-Cardonas

Emma Frejinger

Faouzi Méribout

François Paradis

Frédéric Champagne

Grégory Lemaire

Jean-François Rioux

Ianik Marcil

Ilham Benyahia

Louis-Philippe Desjardins

Luc Faucher

Martin Trépanier

Normand Mousseau

Omar Abdul Wahab

Patrice Pagé

Paul Dorval

Radhwane Boukelouha

Raffi Guiragossian

RomiAnne Beaudoin

Samuel Morin

Simon Paquette

Thomas Bélanger

Véronique Lapalme

Youssef Maalouf

RECHERCHE DE COLLABORATEURS ET D'AUTEURS

Direction des partenariats stratégiques et des Tables d'expertise

COORDINATION

Maryse Vinet

DIRECTION ARTISTIQUE

France Vachon

MONTAGE GRAPHIQUE

France Vachon

RÉVISION LINGUISTIQUE

Aycha Fleury

ORIENTATION

La revue Routes et transports s'adresse à tous ceux et celles qu'intéresse le domaine du transport. Sa liste de distribution comprend des représentants des autorités gouvernementales, paragouvernementales et municipales, des entreprises privées, des bibliothèques, des institutions d'enseignement, des médias, de même que tous les membres de l'AQTr.

Les opinions exprimées dans la revue Routes et transports n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions de l'Association québécoise des transports. Pour reproduire les articles, veuillez communiquer avec communication@aqtr.com.

ÉDITEUR

Association québécoise des transports

IMPRESSION

Productions Klone

MEMBERSHIP ET VENTES

Lynda Frenière : 514 523-6444

INDEXÉE PAR REPÈRE

Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Canada, ISSN 0319-3780

ENVOI DE PUBLICATION

Poste-publications

Convention n°: 40038871

Port de retour garanti

PARUTIONS 2022

	Thèmes	Parution
VOL. 51 N°1	Routes et transports – En route vers le congrès	Printemps 2022
VOL. 51 N°2	Routes et transports – Décarbonation du secteur ferroviaire	Automne 2022

Articles et suggestions

Vous aimeriez nous faire connaître vos dernières réalisations et derniers projets innovants ? Envoyez-nous vos propositions d'articles et vos suggestions à communication@aqtr.com

Publicité

Maximisez votre visibilité auprès de votre clientèle cible ! Réservez votre espace publicitaire ou votre contenu commandité à communication@aqtr.com.

Bureau de Montréal (AQTr)

6666, rue Saint-Urbain, bureau 450, Montréal (Québec) H2S 3H1

PARTENAIRE PRINCIPAL

Québec



Mot du président

Nicolas Théberge

Président du conseil d'administration de l'Association québécoise des transports

Les rails du changement

Les rails du changement ont été posés. La décarbonation est sur toutes les lèvres et le moment est venu de passer à l'action, ensemble et maintenant. Nous sommes plus que jamais à la croisée des chemins et nous pouvons enfin choisir de prendre des moyens concrets et significatifs pour lutter contre la dévastation de nos écosystèmes. Mais la réussite d'un tel projet dépend de la mise en place d'actions concertées et d'une collaboration multimodale, multidimensionnelle et multidisciplinaire.

L'AQTr est fière d'offrir un espace privilégié qui permet de réunir à une même table les différentes parties prenantes du transport au Québec. Notre prochain colloque ferroviaire nous permettra, nous espérons, de poser les bases d'une collaboration à long terme entre les acteurs des différents modes de transport — de personnes et de marchandises — pour encourager le dialogue et les échanges.

Du train au camion au bateau : ensemble, nous pouvons développer la connaissance, innover et contribuer à ce grand chantier qu'est la décarbonation des transports.

Cher lecteur, chère lectrice, je vous souhaite une très bonne lecture et j'espère que nous aurons la chance de nous voir et de discuter de notre contribution au monde de demain. En cette fin d'année 2022, prenons ensemble les rails du changement et engageons le transport ferroviaire dans la voie de la décarbonation des transports.

Nicolas Théberge

Président du conseil d'administration de l'Association québécoise des transports



Mot de la directrice générale

Susanne Proulx

Directrice générale AQTr

L'AQTr, à fond de train vers le changement

Chaque jour, notre Terre est sillonnée d'est en ouest, du nord au sud, parcourue par des routes, des chemins de fer et des couloirs aériens qui traversent les montagnes, les rivières et les frontières. Nous devons faire face à des défis ici alors que les solutions sont là-bas. Nous devons ouvrir la porte à l'inconnu et reconnaître toutes ces possibilités insoupçonnées. Nous devons faire face, ensemble, à la décarbonation. Nous devons accepter de monter dans un train en marche.

Avec ses partenaires, l'AQTR est au cœur de l'enrichissement et de la diffusion de l'expertise québécoise en transport, une source continue de solutions salutaires à nos sociétés. Nous profitons donc de ce numéro pour vous présenter des articles techniques de haut niveau et un cahier spécial sur l'industrie ferroviaire. Ces derniers sont des compléments au Colloque ferroviaire sur la décarbonation organisé par l'AQTr, pendant lequel vous pourrez partager votre point de vue, vos projets, vos préoccupations et vos pistes de solutions avec plusieurs acteurs clés de l'industrie.

Avant de vous laisser à votre lecture, je voulais simplement vous dire : merci. Merci à tous nos collaborateurs, experts et partenaires, tant privés que gouvernementaux. Chaque année, vous contribuez au succès de nos activités. Vous contribuez à ce que nos efforts apportent un changement concret.

Sur ce, je vous souhaite une agréable lecture et un bon colloque ferroviaire !

Suzanne Proulx, MBA, ADM.A.

Directrice générale, AQTr

AQTr

L'expertise en transport



L'AQTr, c'est vous! ADHÉREZ MAINTENANT

Profitez des avantages membres

aqtr.com

- Intégration à une large communauté d'experts
- Rabais sur les formations et aux événements
- Abonnement à la revue Routes et transports
- Accès exclusif aux outils techniques

L'humain et la mobilité au cœur de nos projets

Experts en mobilité
Des solutions qui s'adaptent
aux besoins en transport

intervia intervia.ca

Tables d'expertise

LE PLUS GRAND
RÉSEAU D'EXPERTS
EN TRANSPORT

DES PROJETS CONCRETS
POUR L'INDUSTRIE

Joignez une Table
aqtr.com/association/tables-dexpertise

AQTr
L'expertise en transport



DES NOUVELLES DE L'

AOTR



Mot des Tables d'expertise et des partenariats stratégiques

Josée Rainville

Directrice des partenariats stratégiques et des Tables d'expertise

Un colloque ferroviaire organisé par la Table d'expertise ferroviaire !

L'édition automnale de la revue Routes et Transports met l'accent sur le secteur des rails et la nécessité de décarboner ce secteur dans une perspective de mobilité durable! Cette publication est coordonnée avec la réalisation du colloque de cette industrie. Merci à tous nos partenaires pour votre précieuse contribution.

Avec ses membres, experts et partenaires, la direction des partenariats stratégiques et des Tables d'expertise ouvre le bal automnal de ses événements techniques en proposant le premier colloque sur la décarbonation de l'industrie ferroviaire, dûment travaillé avec son comité organisateur de la Table d'expertise ferroviaire, qui propose une programmation axée sur les efforts à mettre de l'avant et les grands projets roulants au Québec qui changeront le visage de demain!

Au nombre des prochains livrables qui seront annoncés sous peu par la Table mobilité intelligente et la Table sécurité routière, voici la question qui nous préoccupe : Avec l'idée de répondre à notre mission d'être la référence dans tous les secteurs, à quand la prochaine Table d'expertise sur la décarbonation ? À vous les lecteurs, nos membres, qu'en pensez-vous ?

Le changement est dans l'air et c'est sur cette lancée que le thème du 57e Congrès sera sous la thématique du changement. Véhiculons le changement ! L'appel de conférences est en cours.



Mot du Centre de formation TransForm

Francesca Chantoiseau
Directrice, Centre de formation TransForm

On travaille pour vous !

Comme chaque année, TransForm mettra à jour en 2023 ses formations selon les nouvelles normes exigées par le ministère des Transports du Québec. Nous travaillerons aussi à actualiser notre catalogue de formation pour répondre aux besoins constants de l'industrie. La priorité de TransForm étant de s'assurer de la qualité de ses formations afin de maintenir le développement de la main-d'œuvre.

Nous développons également des formations personnalisées selon vos besoins et adaptées à la réalité de votre organisation.

TransForm

Centre de formation de **L'AQTR**

**Forme plus de 6 500 personnes
par année**

**Subventionné pour développer,
mettre à jour et diffuser**

**Création de formations
sur mesure**

**Diffusion en ligne, en présentiel
et en format hybride**

Formations privées

Planifiez vos formations 2023

Pour plus d'informations
Francesca Chantoiseau
Directrice, Centre de formations
TransForm

T | 514 523-6444 no320
C | fchantoiseau@aqtr.com

Pour une formation privée
en entreprise
Marie-France Coutu
Responsable, gestion des opérations
Centre de formation TransForm
transform@aqtr.com

Consultez notre catalogue
complet de formations au
aqtr.com/formations



**REJOIGNEZ NOTRE
ÉQUIPE DE FORMATEURS**

CALENDRIER DE FORMATION

2023



INFRASTRUCTURES ET ENVIRONNEMENT

GESTION DE LA MISE EN ŒUVRE DES TRAVAUX D'INFRASTRUCTURES MUNICIPALES
Classe virtuelle | *Durée 11 h*



GESTION DES CHAUSSÉES

Transports
Québec

APPRENTISSAGE DU LOGICIEL ANALYSEUR THERMO
Classe virtuelle | *Durée 3 h*

CHAUSSÉE 2: Logiciel de dimensionnement structural des chaussées souples
Classe virtuelle | *Durée : 7 heures*

EXPERTISE EN CHAUSSÉES SOUPLES
Classe virtuelle | *Durée : 7 heures*

INTERVENTION D'ENTRETIEN ET DE RÉFECTION DES CHAUSSÉES SOUPLES
Classe virtuelle | *Durée : 7 heures*

UTILISATION DE LA THERMOGRAPHIE pour le contrôle qualitatif de la mise en place des enrobés bitumineux
Classe virtuelle | *Durée : 7 heures*

Transform

Centre de formation de **L'AQTr**



SIGNALISATION DE CHANTIERS ROUTIERS

SIGNALEUR ROUTIER
Formation en ligne | *Durée 3 h*

SIGNALEUR DE CHANTIER
Formation en ligne – En continu | *Durée 1 h*

INSTALLATION DE LA SIGNALISATION DE CHANTIERS ROUTIERS
Volets 1 et 2 : formation en ligne | *Durée 3 h 30*
Volet 3 : classe virtuelle | *Durée : 7 heures*

SUPERVISION ET SURVEILLANCE DE LA SIGNALISATION DE CHANTIERS DE TRAVAUX ROUTIERS
Classe virtuelle | *Durée : 8 heures*

GESTION DES IMPACTS DES TRAVAUX ROUTIERS
Classe virtuelle | *Durée 13 h*

PETITES ENTRAVES EN MILIEU URBAIN
En présentielle | *Durée 7 h*

Inscrivez-vous au aqtr.com/formations

Routes et transports

VOLUME 51, NO 2, AUTOMNE-HIVER 2022-2023

Des projets majeurs, comme ceux présentés dans *Routes et transports*, ne pourraient se réaliser sans l'apport d'experts qui en assurent le développement.

Découvrez le parcours de ces professionnels en consultant la présente section.

Les experts de ce numéro

Les experts de ce numéro



CAROLINE HEALEY
Association des chemins de fer du Canada (ACFC)
Vice-présidente exécutive et avocate générale

Caroline Healey apporte quinze années d'expérience en transport à son rôle à la direction des opérations et des affaires juridiques et réglementaires de l'ACFC, ainsi que de ses activités de relations gouvernementales. Elle est titulaire d'un Juris Doctor (J.D.) en common law nord-américaine, d'un certificat d'études supérieures en droit chinois, ainsi que d'un MBA et d'un baccalauréat en droit civil (LL.B.). Avant de se joindre à l'ACFC, elle a occupé un poste exécutif chez la filiale canadienne de Genesee & Wyoming et a travaillé dans divers grands cabinets d'avocats nationaux dans les domaines du droit corporatif, commercial et du transport.



CTT-CHAIRE EN TRANSFORMATION DU TRANSPORT

Catherine Morency professeure titulaire de l'École Polytechnique de Montréal. **Danielle Maia de Souza** est la coordinatrice principale de la Chaire en transformation du transport. **Emma Frejinger** est professeure titulaire à l'Université de Montréal. **Martin Trépanier** est ingénieur civil et professeur titulaire à Polytechnique Montréal. **Normand Mousseau** est professeur de physique à l'Université de Montréal et directeur scientifique de l'Institut de l'énergie Trottier. **Radhwane Boukelouha** est stagiaire postdoctoral, Polytechnique Montréal.



DANIEL KOUIDOLO
Exo
Gestionnaire de projet, Acquisition de matériel roulant

Daniel Kouidolo est gestionnaire de projet, Acquisition de matériel roulant chez Exo. Il supervise le projet d'« Exo » d'acquies 10 nouvelles locomotives et a contribué à l'achat récent de 44 nouvelles voitures. Grâce à son expertise dans les structures ferroviaires, Daniel a également participé à la création de deux nouveaux brevets au cours des dernières années.



ADRIEN VERNHES
Alstom Amériques
Responsable de communication

Passionné par le secteur des transports et les enjeux de mobilité durable, il met au service d'Alstom son expertise à 360° des métiers de la communication, mais aussi sa connaissance de l'industrie ferroviaire où il compte plus de dix ans d'expérience. Au Canada depuis trois ans, il mène plusieurs projets au sein d'Alstom et dirige la communication du consortium Groupe PMM qui fournit actuellement au Réseau express métropolitain de Montréal un système de métro léger 100% automatique et 100% électrique.



AECOM

Youssef Maalouf, ingénieur, DESS, directeur de projet majeur – équipe ferroviaire. **Raffi Guiragossian, ingénieur**, chargé de projet – conception et surveillance des travaux durant la phase de construction. **RomiAnne Beaudoin, ingénieure**, chargée de projet – conception et surveillance en ouvrages d'art ferroviaires.

CN

Véronique Lapalme, ingénieure, GDBA, directrice Conception et Construction



BENJAMIN DOCQUIERE
Vivre en Ville
Conseiller nouvelles mobilités et électrification

Récipiendaire d'une maîtrise en études urbaines obtenu à l'Université du Québec à Montréal, Benjamin Docquiere s'intéresse aux enjeux urbains. Il a développé une compréhension élargie des enjeux d'accessibilité, de mobilité urbaine et de planification territoriale. Au sein de Vivre en Ville, il contribue à la transition vers des modes de déplacements plus respectueux de l'environnement en développant une approche dans laquelle l'électrification des transports participe au développement de la mobilité durable.



DIEGO RAMIREZ CARDONA, PH.D.
École de technologie supérieure (ÉTS)
Professeur en génie de la construction

Diego Ramirez Cardona est ingénieur civil, docteur en sciences des matériaux de l'ENTPE, France. Entre 2013 et 2018, il a travaillé à la Direction de l'ingénierie de la SNCF, où il a développé une expertise dans les domaines des matériaux et du dimensionnement des structures ferroviaires et routières. Par la suite, il a intégré la direction technique d'Eiffage Infrastructures, 4e constructeur européen, où il a mené la politique d'innovation de la branche ferroviaire. Aujourd'hui, il est professeur au département de génie de la construction à l'ÉTS, où il travaille sur les matériaux et technologies innovants pour les infrastructures routières et ferroviaires.



FAOUZI MÉRIBOUT, ING., PH.D.
Norda Stelo
Expert en ponts et ouvrages d'art

Faouzi Méribout est un ingénieur civil spécialisé en structures. Il est également détenteur d'une maîtrise en structure et d'un doctorat. Il possède plus de 30 années d'expérience diversifiées couvrant plusieurs aspects du génie civil en études, conception, surveillance et gestion de projets. Depuis 2012, M. Méribout est l'ingénieur senior principal en structures ferroviaires pour les services rendus aux divers clients de Norda Stelo dans ce domaine.



FRANÇOIS PARADIS, ING., M.SC., PH.D.
CIMA+
Directeur de projet, Transport

Diplômé en génie civil, monsieur François Paradis a perfectionné sa scolarité par une maîtrise et un doctorat avec spécialité en « Modélisation des composites minces en béton » ainsi qu'en « Durabilité des structures - corrosion des aciers d'armature dans le béton ». Directeur et chargé de projet, il est reconnu pour ses compétences techniques approfondies qui l'amène à mettre de l'avant des solutions novatrices et de promouvoir le développement durable dans ces projets hors du commun en réfection, démolition ou construction de ponts d'envergure.

Les experts de ce numéro



FRÉDÉRIC CHAMPAGNE, ING.

Ministère des Transports
et de la Mobilité durable
Ingénieur en systèmes de transports
intelligents

Frédéric Champagne a participé comme ingénieur à plusieurs projets de systèmes d'information en météorologie routière et de systèmes de transports intelligents au cours des 13 dernières années. Ses principaux intérêts sont les nouvelles technologies permettant l'amélioration de la sécurité routière et appuyant la prise de décision pour les opérations.



GRÉGORY LEMAIRE

Deloitte
Associé au sein de la pratique,
Conseil en gestion des cyberrisques

Grégory Lemaire possède une expertise en conception d'architectures de sécurité et en systèmes d'information sécurisés d'envergure pour des comptes internationaux dans les domaines de l'aérospatiale ainsi que du transport aérien et ferroviaire.



JEAN-FRANÇOIS RIOUX

Ministère des Transports
et de la Mobilité durable
Coordonnateur en systèmes de
transport intelligents

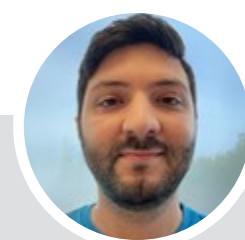
Spécialiste en systèmes d'information formé à l'Université Laval, Jean-François Rioux travaille au ministère des Transports depuis 2018 à titre de Coordonnateur en systèmes de transport intelligents à la Direction du développement durable et des mobilités innovantes. Il œuvre dans le domaine des technologies d'informations au gouvernement du Québec depuis 17 ans.



LUC FAUCHER

Centre d'Expertise Ferroviaire Rail
Directeur

Diplômé d'un doctorat en génie des matériaux et de la métallurgie, Luc Faucher a débuté sa carrière en devenant titulaire d'une chaire de recherche industrielle dans les collèges du CRSNG en exploitation et maintenance ferroviaire. En 2020, il a lancé le Centre d'expertise ferroviaire RAIL au Cégep de Sept-Îles. Il préside également la table d'expertise sur la pérennité des infrastructures de Transports Québec.



OMAR ABDUL WAHAB

Polytechnique de Montréal
Professeur

Omar Abdel Wahab received his Ph.D. degree in information and systems engineering from Concordia University, Montreal, QC, Canada. He is Assistant Professor with Polytechnique Montréal, Canada. His research activities include cybersecurity, Internet of Things and artificial intelligence. He is a recipient of many grants from prestigious agencies, such as NSERC.



PATRICE PAGÉ, ING.

Norda Stelo
Expert, Gestion intégrité et
fiabilité des actifs

Patrice Pagé est diplômé en génie mécanique de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC, 2001) et détient également un certificat d'études supérieures en génie civil des structures de bois et d'acier (UQAC, 2011). Au cours de sa carrière, M. Pagé a acquis une solide expérience dans les industries de l'aluminium et des mines, ayant géré et réalisé plus de 60 projets majeurs pour de nouvelles conception ou pour le prolongement d'actif.



IANIK MARCIL

District DC
Auteur-économiste

Ianik Marcil est un économiste indépendant spécialisé en développement économique régional, innovations et technologiques, justice économique et économie de la culture. Auteur de centaines d'études et analyses au cours des vingt-cinq des dernières années, il a travaillé auprès de ministères, organismes publics, entreprises privées et organismes communautaires. Régulièrement sollicité par les médias, il est outre auteur de plusieurs livres, chroniqueur et conférencier.



ILHAM BENYAHIA

Université du Québec en Outaouais
Professeure

Ilham Benyahia is a professor at the Université du Québec en Outaouais from 1997. She obtained her doctorate in computing at the Université Pierre et Marie Curie in Paris, France (1993). She is Director at ITS Canada from 2017. Her research interests include artificial intelligence and ITS (Safety and Mobility).



LOUIS-PHILIPPE DESJARDINS, ING.

Deloitte
Ingénieur logiciel et Directeur Principal au
sein du groupe conseils en cybersécurité

Louis-Philippe Desjardins aide les entreprises évoluant dans différents secteurs à développer et implanter des stratégies afin de gérer efficacement les risques liés à la cybersécurité, incluant ceux en lien avec la continuité des affaires.



PAUL DORVAL

Exo
Chercheur principal

Paul Dorval possède une expérience impressionnante de 37 ans dans le secteur ferroviaire. De 1986 à 1996, Paul a contribué à la modernisation des lignes de trains de banlieue Deux-Montagnes et Vaudreuil-Hudson. Il a également contribué à l'expansion du réseau de trains de banlieue en développant quatre nouvelles lignes qui ont été progressivement mises en service de 1996 à 2014.



SAMUEL MORIN

Ministère des Transports
et de la Mobilité durable
Conseiller expert en gestion
des ressources humaines

Véritable passionné du secteur des ressources humaines, Samuel Morin est conseiller expert en stratégies d'attraction de la main-d'œuvre au ministère des Transports et de la Mobilité durable. Il adore mettre en valeur l'expertise des membres de son équipe et veille constamment à recruter les meilleurs talents pour faire rayonner son organisation.



SIMON PAQUETTE

Ministère des Transports
et de la Mobilité durable
Ingénieur

Détenteur d'un Baccalauréat en génie de la construction de l'École de technologie supérieure (ÉTS), Simon Paquette cumule plusieurs années d'expérience dans le domaine ferroviaire à titre d'ingénieur stagiaire, d'inspecteur, de superviseur et de directeur. Il évolue maintenant au sein du ministère des Transports et de la Mobilité durable à titre d'ingénieur et occupe les fonctions d'inspecteur-enquêteur en sécurité ferroviaire.



Gestion des entraves sur un axe routier stratégique

François Paradis, CIMA+

Durant l'été 2021, le ministère des Transports et de la Mobilité durable a entamé des travaux accélérés pour la réfection complète de la chaussée sur le pont Pierre-Laporte. La superstructure qui assure la principale liaison entre les villes de Québec et Lévis, avec plus de 125 000 déplacements interrives par jour, nécessitait des travaux de remplacement de la membrane d'étanchéité et de l'enrobé sur le pont. CIMA+ a assuré la surveillance de ce chantier couvrant plus de 1,5 km et en activité 24 heures sur 24, innovant à la fois par la rapidité d'exécution et les solutions techniques déployées.

En raison de l'importance stratégique de l'axe routier et de l'intérêt du grand public pour ces travaux, ce projet devait être exemplaire à tous les niveaux. Exigence absolue du ministère, l'échéancier à respecter était immuable. Tous les travaux dans une direction devaient être réalisés dans un délai maximum de sept jours, de la fermeture des voies de circulation à leur réouverture. Dans la mesure où plusieurs étapes étaient dépendantes des conditions météorologiques, le défi à relever était de taille. L'échéancier critique était intimement lié à plusieurs impondérables, incluant entre autres le point de rosée, les conditions de vent, la température ambiante et l'humidité relative.

Pour CIMA+, la mise en œuvre de solutions novatrices allait de soi. En raison des immenses répercussions que ces entraves à la circulation avaient sur le réseau routier, l'échéancier était réglé au quart de tour. Ce projet a nécessité la mobilisation de plus d'une trentaine de ressources spécialisées pour la surveillance et le contrôle de la qualité, et de 14 entrepreneurs spécialisés (200 travailleurs). Tous ont prêté main forte afin de relever ce défi.

Plusieurs plans de contingence et mesures de mitigations (équipements en double, équipe mécanique à temps plein, équipements lourds d'assèchement) ont été élaborés et suivis de près par CIMA+ en collaboration avec l'entrepreneur Stellaire Construction inc. de manière à

Pour CIMA+, la mise en œuvre de solutions novatrices allait de soi. En raison des immenses répercussions que ces entraves à la circulation avaient sur le réseau routier, l'échéancier était réglé au quart de tour.



Figure 1

SOURCE:
CIMA+

atténuer au maximum les risques inhérents à toutes les étapes. La gestion et le maintien de la circulation sur un trajet où circulent plus de 125 000 véhicules par jour, dont environ 7 500 poids lourds, ne sont pas une mince affaire. La fermeture de quatre des six voies de circulation étant nécessaire, CIMA+ a été proactive en adaptant localement la signalisation en cours de travaux selon les exigences du ministère afin de minimiser les impacts sur les usagers.

Plusieurs mesures de mitigation ont également été mises en place par les différentes instances publiques, afin de limiter les embouteillages lors des travaux et leurs effets néfastes sur l'environnement. Par exemple, la réduction des tarifs du transport en commun, l'augmentation de la fréquence des navettes d'autobus et la modification des horaires pour la traverse Québec-Lévis, seul lien par bateau entre les deux rives, afin d'offrir plus de départs. Les efforts déployés plusieurs semaines avant le début

des travaux pour bien informer la population des mesures extraordinaires adoptées ont contribué à faire du projet un franc succès sur le plan de la gestion de la circulation. Une réduction de 60 % du nombre habituel de véhicules en circulation sur le tronçon a été observée à divers moments en cours de projet.

Ce projet d'une grande complexité a nécessité l'intervention et la collaboration de plusieurs acteurs clés, notamment le ministère des Transports et de la Mobilité durable, le surveillant, les entrepreneurs, les municipalités, la sûreté du Québec, la sécurité publique, les services d'incendies, policiers et ambulatoires, les CISSS et CIUSSS de Chaudière-Appalaches et Québec et les services publics concernés. Dès le début du projet, une étroite collaboration s'est installée entre les parties prenantes, ce qui a permis d'atténuer les risques au fur et à mesure qu'ils se présentaient, ce qui fut déterminant pour la réussite du projet. |



CAHIER SPÉCIAL FERROVIAIRE

Une industrie stratégique au cœur de l'économie québécoise



Mot du directeur de la Table ferroviaire

Thomas Bélanger
Directeur de la table ferroviaire

Notre expertise au service de l'action !

Nous évoluons dans un monde en perpétuel changement. À l'heure où l'urgence climatique nous envoie un appel à l'action, notre rôle au sein des Tables d'expertise devient primordial dans la mise en place de solutions mobilisatrices permettant de capter, d'enrichir, de diffuser et de faire rayonner l'expertise québécoise en transport.

En tant que directeur de la Table d'expertise Ferroviaire, je suis particulièrement fier du travail accompli à ce jour par nos experts. Au cours des derniers mois, nous avons concentré nos énergies, entre autres, dans la réalisation d'un colloque sur la décarbonation du secteur ferroviaire qui aura lieu les 23 et 24 novembre 2022, à Québec.

Dès le départ, les membres de la Table d'expertise ont été unanimes sur le fait que le Québec doit passer dès maintenant à la vitesse supérieure vers des transports plus verts pour atteindre nos objectifs de réduction de gaz à effet de serre (GES). La décarbonation des transports passe, entre autres, par le rail.

Le rail, un vecteur de prospérité propre

Les trains transportent quotidiennement des biens et des gens de manière écologique, les chemins de fer étant parmi les plus faibles émetteurs de gaz à effet de serre (GES) du secteur des transports. Pilier fondamental de notre économie, le secteur des transports par rail a néanmoins besoin d'un appui fort et continu afin de demeurer un des vecteurs de croissance et de prospérité propre au Québec.

Notre colloque sur la décarbonation du secteur ferroviaire permettra d'ailleurs d'explorer la thématique importante de la décarbonation dans sa globalité, avec la vision d'acteurs nationaux d'envergure, jusqu'aux solutions techniques et technologiques, sans oublier la mise en œuvre et l'intégration sur notre territoire.

Au nom des membres de la Table d'expertise Ferroviaire, je demeure convaincu que les joueurs de notre industrie jouent et joueront dans l'avenir un rôle de premier plan dans cette lutte aux changements climatiques et dans la transition énergétique de notre économie.



Enjeux de main-d'oeuvre et de formation dans le domaine ferroviaire : le milieu se mobilise

Luc Faucher
Centre d'expertise ferroviaire RAIL

Historiquement, le maintien du savoir et le transfert des connaissances ont majoritairement relevé des entreprises ferroviaires elles-mêmes. À l'exception d'une attestation d'étude collégiale pour les chefs de train, aucun programme ministériel ne forme actuellement la relève de cette industrie. En y ajoutant l'absence de structure publique ou d'un comité sectoriel, la formation de la relève est encore plus ardue, surtout en ces temps de pénurie de main-d'oeuvre.

La mobilisation autour de cet enjeu a débuté à l'été 2019. Dès juin, Transports Québec lançait une série de consultations sectorielles et régionales à travers le Québec afin de réviser son plan stratégique ferroviaire pour les prochaines années. Cette consultation élargie a mené au Sommet sur le transport ferroviaire du 9 décembre 2019. Plus de 400 personnes ont pris part aux consultations, et plus de 60 mémoires ont été

À l'exception d'une attestation d'étude collégiale pour les chefs de train, aucun programme ministériel ne forme actuellement la relève de cette industrie.

déposés. L'événement de décembre, tenu devant plus de 250 personnes, « avait pour but de susciter des réflexions sur l'avenir du transport ferroviaire au Québec et de dégager des pistes de solutions concrètes, durables et viables afin de favoriser le développement du transport ferroviaire des personnes et des marchandises ». Du Sommet, un Forum sur le transport ferroviaire a été lancé en 2020, duquel deux tables d'expertises, regroupant divers acteurs du milieu, ont été créées pour mener des travaux.

Enjeux de main-d'oeuvre et de formation dans le domaine ferroviaire : le milieu se mobilise

Initialement, Transports Québec avait identifié quatre (4) enjeux pour ses consultations, mais en a rapidement ajouté un cinquième dès les premières rencontres. Ce nouvel enjeu, constamment rapporté par les participants, était la formation et la disponibilité de la main-d'oeuvre. Pour les entreprises du domaine, cette difficulté était bel et bien présente, même avant la pandémie et l'accélération récente de la pénurie de main-d'oeuvre. Le défi est d'autant plus grand pour les petits chemins de fer. En effet, les chemins de fer de classe I (CN et CP) forment leurs employés à l'interne et ont un centre de formation dédié. En revanche,

les exploitants miniers et les sociétés publiques forment des gens à l'interne, avec l'aide du Cégep de Sept-Îles ou des consultants. De leur côté, les chemins de fer d'intérêt local (CFIL) et les cours industrielles font majoritairement affaire avec des consultants. Tel que discuté lors du Sommet sur le transport ferroviaire, ce modèle est de moins en moins viable. Les consultants sont habituellement des retraités du monde ferroviaire. Ces retraités ont déjà beaucoup donné et se retirent réellement du domaine à court terme. Les compagnies ont donc de plus en plus de difficulté à trouver des formateurs.

Pourtant, l'industrie ferroviaire représente une part importante du secteur des transports au Québec et au Canada. Cette branche emploie entre 7 250 et 8 755 personnes. Le Québec est la province ayant le plus de salariés dans ce domaine, ce qui représente 22 % de tous les emplois au Canada (figure 1). Ce nombre d'emplois est élevé, malgré le fait que le Québec n'opère que 5 887 des 42 780 km de voie ferrée en activité au Canada, soit 13,8 %. Le nombre élevé de salariés s'explique par la quantité de wagons complets à l'origine (1,15 M sur 6,1 M au pays, soit 18,8 % du total, figure 2). Également, l'importance des trains de banlieue dans la région de Montréal est un facteur important, tout comme la présence de différents sièges sociaux établis au Québec.

Lorsque comparé aux autres domaines du transport, le secteur ferroviaire se démarque. Au Canada, 39 700 des 554 800 emplois en transport se situent dans le domaine ferroviaire, soit 7,2 % (figure 3). Malgré cela, le secteur ferroviaire contribue à 19,9 % du produit intérieur brut (PIB) lié au domaine des transports. Chaque emploi a donc une contribution plus importante au PIB canadien. En moyenne, la contribution est de 212,8 k\$/emploi. Les autres

Figure 1
Répartition des emplois ferroviaires au Canada par province en 2018

SOURCE:
Centre d'expertise ferroviaire Rail
Luc Faucher.

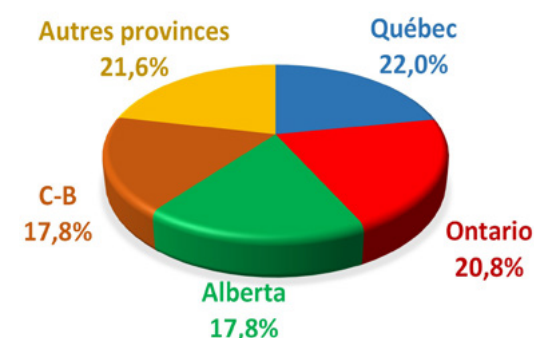


Figure 2
Répartition des wagons complets à l'origine au Canada par province en 2018

SOURCE:
Centre d'expertise ferroviaire Rail
Luc Faucher.

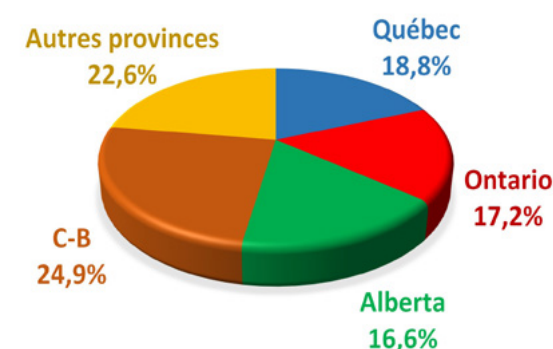
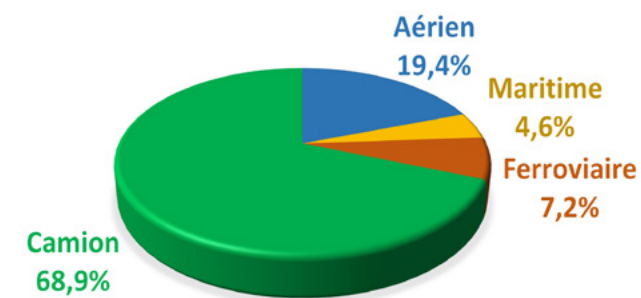


Figure 3
Répartition des emplois dans le domaine du transport au Canada en 2019

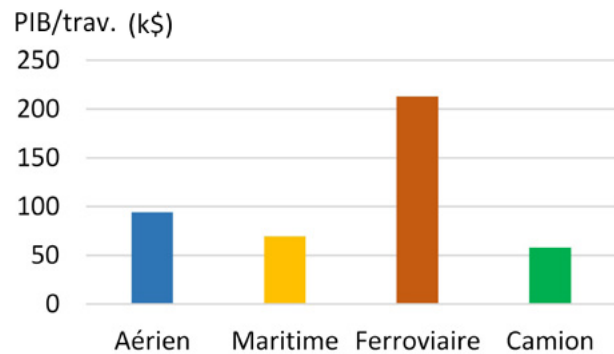
SOURCE:
Centre d'expertise ferroviaire Rail
Luc Faucher.



Enjeux de main-d'oeuvre et de formation dans le domaine ferroviaire : le milieu se mobilise

secteurs présentent des statistiques plus de 2x inférieures, soit 94,2 k\$/emploi dans l'aviation, 69,6 k\$/emploi dans le maritime et 58,2 k\$/emploi dans le camionnage (figure 4). Cela s'explique en grande partie par les économies d'échelle liées au domaine ferroviaire. En effet, chaque wagon a une capacité de transport qui équivaut à 3 camions-remorques. Un train de 100 wagons, opéré par deux personnes, peut donc transporter autant de marchandise que 300 camions-remorques opérés par 300 chauffeurs. Il en est de même dans le transport de passagers, où une équipe de trains transporte plus de personnes que deux chauffeurs dans deux autobus. Il est cependant important de noter que la vocation n'est pas totalement interchangeable, et que ces domaines sont complémentaires. Finalement, une autre particularité du secteur ferroviaire réside dans les salaires. Le salaire

septembre 2020, le Cégep regroupait ses activités ferroviaires en créant le Centre d'expertise ferroviaire RAIL. La vision du



Centre est de devenir un pôle national d'excellence en formation, aide technique et recherche ferroviaire. Son objectif est de rendre la formation accessible aux individus et aux entreprises par la création d'une école publique. Au moment où le Centre a été lancé, le Cégep offrait déjà une attestation

Figure 4
Contribution au PIB par travailleur dans les industries liées au transport en 2019

SOURCE:
Centre d'expertise ferroviaire Rail :
Luc Faucher.

En septembre 2020, le Cégep regroupait ses activités ferroviaires en créant le Centre d'expertise ferroviaire RAIL.

moyen d'un employé est de 94 k\$, alors qu'il est de 88,4 k\$ dans le maritime, 66,2 k\$ dans l'aviation, et 56,0 k\$ dans le camionnage. En ces temps de pénurie de main-d'oeuvre et de transition vers les économies vertes, le domaine ferroviaire peut apporter plusieurs solutions : son rendement est plus élevé, et cela, en consommant 3,7 fois moins d'hydrocarbures que le camionnage pour transporter la même quantité de matériel sur la même distance. De plus, la bande de terrain nécessaire pour construire une voie ferrée est plus étroite qu'une autoroute à plusieurs voies.

Depuis 2020, plusieurs initiatives ont été lancées au Cégep de Sept-Îles pour combler le vide de formation. En

d'étude collégiale pour former les chefs de train depuis 2007 et une douzaine de formations ferroviaires sur mesure. Il était également l'hôte d'une Chaire de recherche industrielle dans les collèges sur l'exploitation et la maintenance ferroviaire depuis 2013. Cette Chaire existe toujours et est financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et différentes entreprises partenaires. D'autres activités de recherche sont également financées par Transports Canada et l'industrie.

Le travail accompli dans les deux dernières années s'est d'ailleurs traduit par des résultats tangibles. En mai 2022, le Cégep annonçait l'obtention

Enjeux de main-d'oeuvre et de formation dans le domaine ferroviaire : le milieu se mobilise

de près de 16,9 M\$ pour construire un nouveau pavillon dont plus de 40 % des espaces laboratoires seront dédiés au secteur ferroviaire. Sa construction devrait commencer en 2023 (figure 5). Les simulateurs de conduite ferroviaire y seront déménagés, alors qu'une petite voie ferrée extérieure sera construite. Cette voie cheminera à l'intérieur du pavillon où un wagon sera présent pour la formation et la recherche.



Figure 5
Plan du futur pavillon au Cégep de Sept-Îles

SOURCE:
Centre d'expertise ferroviaire Rail :
Luc Faucher.

Le camion d'inspection 3D des voies ferrées y sera également entreposé, tout comme les bureaux des employés et les salles de cours. En parallèle à cela, le Centre d'expertise ferroviaire annonçait que le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur finançait les activités de base du Centre afin de l'appuyer dans son développement en formation. Ces sommes serviront entre autres à faire un état des lieux des emplois et des formations nécessaires dans le domaine. Pour ce faire, le Centre d'expertise a développé un partenariat avec l'Association québécoise des transports (AQTr), qui est également l'hôte d'une table d'expertise ferroviaire. Les différents acteurs se rassembleront

pour écrire un mémoire conjoint sur les métiers ferroviaires. Les besoins de formation pour les prochaines années seront également abordés. Cet état des lieux servira de base pour établir l'offre de formations nécessaire dans les années à venir.

En conclusion, même si le ferroviaire est un domaine très pointu, il n'a jamais vraiment eu sa place dans les maisons d'enseignement. L'accès à des experts formateurs et à une main-d'oeuvre qualifiée étant ardu, la mobilisation du milieu est nécessaire pour contrer les effets de la pénurie. L'importance de ce secteur et la nécessité de maintenir les connaissances à long terme justifient cette vision. De plus, l'implication financière du gouvernement créerait une équité envers tous les domaines du transport. Cette implication est plus que souhaitable dans une perspective où le gouvernement désire prioriser le transport sur rail pour ses vertus environnementales. En effet, ce domaine est voué à une forte croissance (REM, Train grande fréquence de VIA Rail, Tramway de Québec, EXO, Métro de Montréal, agrandissement des chemins de fer actuels, etc.). Il est facile d'imaginer à quel point ce secteur serait encore plus compétitif s'il avait accès aux mêmes avantages que les autres domaines du transport. ■

RÉFÉRENCES
1— Site web consulté le 20 octobre 2022 : https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/colloques-congres-conferences/sommet-transport-ferroviaire/
2— Pages/sommet-transport-ferroviaire.aspx
Profils provinciaux/régionaux 2018, Infographic, 2018, Association des chemins de fer du Canada
3— Addenda statistiques 2019, 2019, Transports Canada
4— Les chemins de fer au Canada : guide du parlementaire, janvier 2016, Association des chemins de fer du Canada
5— Site web consulté le 20 octobre 2022 : <https://lenord-cotier.com/2022/05/18/les-gouvernements-donnent-17m-pour-un-nouveau-pavillon-au-cegep-de-sept-iles/>
6— Site web consulté le 20 octobre 2022 : <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/572044/legault-ecole>
7— Site web consulté le 20 octobre 2022 : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1512801/quebec-premiers-ministres-canada-etats-unis-echanges-commerciaux?fromApp=applInfoIos&partageApp=applInfoIos&accVia=partage>



L'ingénierie ferroviaire au Ministère

Simon Paquette, Samuel Morin
Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Saviez-vous que le ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD) est responsable de l'encadrement législatif et de la surveillance d'environ 30 % du réseau ferroviaire au Québec? Cela inclut les équipements ferroviaires utilisés par les sites industriels connectés au réseau. Le MTMD assure aussi l'entretien et la réhabilitation du chemin de fer Québec Central et de celui de la Gaspésie, dont il détient la propriété. Et ce n'est pas tout : le Ministère joue un rôle clé dans l'élaboration et le respect de la réglementation de sécurité liée aux grands projets de transport collectif. C'est le cas du Réseau express métropolitain dans la région de Montréal et des projets de tramway dans la province, notamment celui de la Ville de Québec.

Les responsabilités du MTMD dans le domaine ferroviaire au Québec

Les responsabilités du Ministère dans le secteur ferroviaire se révèlent multiples. Voici les façons dont elles se déclinent.

Sur le plan de la sécurité

En vertu de la loi, la responsabilité première en matière de sécurité ferroviaire appartient aux compagnies de chemins de fer, et ce, tant pour les chemins de fer de compétence fédérale que pour ceux de compétence provinciale. Il incombe donc à ces compagnies de démontrer qu'elles gèrent leurs réseaux ferroviaires de manière sécuritaire en éliminant ou en minimisant les risques d'incidents dans leurs pratiques et opérations. Le MTMD, quant à lui, veille à ce que ces compagnies prennent tous les moyens à leur disposition pour assurer une exploitation sécuritaire de leurs équipements. De plus, une équipe du MTMD spécialisée et composée d'ingénieurs avec des profils de compétences différents (civil, électrique, mécanique, géologique) inspecte les installations de chacune des compagnies sous compétence québécoise. L'équipe enquête, au besoin, sur les accidents ou événements qui se produisent sur le réseau relevant de la compétence du Québec.

En fait, chaque inspecteur de l'équipe de sécurité du Ministère développe une expertise bien précise (exploitation, voies ferrées, ouvrages d'art, matériels roulants, équipements et passages à niveau) pour permettre au MTMD de mettre en œuvre son Programme de surveillance de la sécurité. Ce programme repose sur une analyse de risques rigoureuse des opérations ferroviaires.

Au total, une dizaine de compagnies de chemin de fer et près de 150 sites industriels sont visés par ce programme. Lorsqu'une inspection révèle un facteur de risque dans la circulation sur le réseau ferroviaire ou les activités sur un site industriel, le Ministère se déplace sur les lieux et peut exiger l'application immédiate de mesures par l'entreprise concernée. C'est le cas notamment si des lacunes ou des défauts sont observés sur une voie, un ouvrage d'art, un système de signalisation ou du matériel roulant. Aux mesures déployées peut s'ajouter un plan d'action pour enrayer le problème et réduire les risques identifiés.

Par ailleurs, l'équipe d'inspecteurs-enquêteurs assure une disponibilité 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 pour le volet enquête sur les accidents et incidents ferroviaires. En cas de situation majeure, peu importe l'endroit au Québec, l'équipe peut être dépêchée sur les lieux de l'événement afin de collecter

des données, d'interroger les intervenants concernés et de recueillir les renseignements permettant une compréhension complète des circonstances de l'incident. Ces informations permettent ensuite de déterminer les causes de l'accident ainsi que les facteurs de risques connexes et enfin de rédiger un rapport d'enquête.

Ultimement, selon le rapport, le MTMD peut formuler des recommandations aux compagnies de chemin de fer ou aux sites industriels pour réduire ou éliminer les lacunes de sécurité découvertes au cours d'une enquête.

Enfin, l'équipe d'inspecteurs-enquêteurs maintient des collaborations étroites avec les différents partenaires de l'industrie du transport ferroviaire au Québec. Ce travail de concertation est fort profitable pour permettre aux membres de l'équipe de demeurer à l'affût des bonnes pratiques

Concevoir le réseau ferroviaire de demain Plus qu'une carrière!

Quebec.ca/emplois-transport



dans le domaine de la sécurité ferroviaire et de contribuer à la conformité réglementaire des entreprises qui exploitent des engins ferroviaires au Québec.

En matière d'entretien et de réhabilitation

En tant que propriétaire des chemins de fer Québec Central et de la Gaspésie, le Ministère en assure l'entretien, le maintien d'actif ainsi que la réhabilitation. Il permet leur développement en collaboration avec ses nombreux partenaires.

Ces deux chemins de fer font l'objet de projets de réhabilitation qui impliquent la réalisation d'importants travaux. Le chemin de fer Québec Central est actuellement en service sur le tronçon de Lévis à Sainte-Marie, alors que celui de la Gaspésie est exploité entre Matapédia et Caplan. Le MTMD est à l'œuvre pour étendre l'exploitation de ces deux tronçons qui a cessé il y a quelques années.

Sur le terrain, les travaux se traduisent entre autres par la reconstruction de structures, le changement de ponceaux et de rails, le remplacement de traverses de bois et la réfection de passages à niveau. Tous ces travaux se doivent de respecter les plus hauts standards de conception et de sécurité

L'expertise ferroviaire de pointe du MTMD

Les interventions du Ministère en matière de transport ferroviaire ont permis le développement d'une expertise de pointe au sein de plusieurs unités dotées de mandats à la fois différents et complémentaires. Cette expertise ne fait pas l'objet d'un programme proposé dans les universités du Québec ou d'ailleurs. Les employés du secteur ont, pour la plupart, acquis leur propre savoir-faire sur le terrain, au fil de leur pratique.

De façon générale, ces parcours s'appuient sur les programmes de génie civil, mécanique, électrique et géologique. Ces formations et bien d'autres procurent les bases requises pour la gestion de projets d'infrastructures ferroviaires et la surveillance de voies ferrées, d'ouvrages d'art, de systèmes de signalisation aux passages à niveau, de locomotives et de wagons, ainsi que pour leur protection lors d'aléas naturels. Pour maintenir ce niveau de savoir-faire, les équipes suivent de la formation en continu autant à l'interne qu'à l'externe. De plus, plusieurs outils et procédures ont été élaborés par les ressources du MTMD dans une perspective de consolidation et de développement des compétences.

À titre d'exemple, l'équipe d'inspecteurs-enquêteurs ne se limite pas strictement à son champ de responsabilité. La multitude des mandats qui lui sont confiés en témoigne. En effet, ses tâches s'étendent du soutien aux entreprises jusqu'à l'analyse de demandes formulées dans le cadre de programmes d'aide financière en passant par l'émission d'avis pour des projets d'innovation technologique.

Pour maintenir ce niveau de savoir-faire, les équipes suivent de la formation en continu autant à l'interne qu'à l'externe.

de l'industrie ainsi qu'un ensemble de réglementations. Il peut s'agir par exemple des périodes de nidification, de celles de la reproduction des espèces aquatiques ou encore des règles environnementales tant fédérales que provinciales. L'expertise du Ministère permet d'intégrer les meilleures pratiques de sécurité, de favoriser le déploiement de technologies de pointe et d'optimiser le transport ferroviaire sur ces réseaux.



Ce contexte de diversité des mandats et d'intégration de connaissances en milieu de travail nécessite une synergie, un travail d'équipe continu et un accompagnement des nouvelles ressources.

Un ingénieur ferroviaire nous expose son parcours et son expérience personnelle

Monsieur Simon Paquette a étudié en génie de la construction à l'École de technologie supérieure (ÉTS) à Montréal. Pendant son parcours universitaire, il a fait un stage pratique au sein d'une grande compagnie de chemin de fer canadienne. Concrètement, il a contribué à l'inspection et à l'analyse de près de 15 000 km de voies ferrées dans le but de détecter les défauts pouvant compromettre la sécurité des opérations ferroviaires.

À la fin de ses études universitaires, Simon a gravi les échelons du métier et a su conjuguer son expérience théorique avec la réalité du terrain. Il poursuivait alors son rêve de devenir superviseur d'une voie ferrée au Canada.

Pour y parvenir, Simon a d'abord occupé un poste d'agent de la voie et d'inspecteur au sein d'une compagnie de chemin de fer. Il a commencé par se familiariser avec l'environnement en accomplissant diverses tâches reliées à la construction et à l'entretien

des voies ferrées. Ce tremplin a offert à Simon l'occasion de s'approprier les normes applicables en matière de sécurité des infrastructures.

Son expérience acquise sur le terrain pendant près de trois ans lui a permis par la suite d'accroître son niveau de responsabilité au sein de la même entreprise. Pendant quatre ans, Simon a occupé un poste de superviseur, où il a eu l'occasion de diriger une dizaine d'employés agents de la voie.

Alors que la progression de sa carrière allait bon train, un déclic s'est opéré dans l'esprit de Simon au moment où il collaborait avec des ingénieurs du MTQMD lors d'une inspection de conformité réglementaire. De nouvelles perspectives insoupçonnées se sont ouvertes alors à lui et son rêve est devenu réalité.

Aujourd'hui, Simon travaille en tant qu'inspecteur-enquêteur en sécurité ferroviaire au sein même de l'unité responsable de la surveillance du réseau ferroviaire québécois, laquelle relève de l'autorité législative du gouvernement du Québec. En transmettant son expérience acquise tout au long de sa carrière, il contribue à l'expertise de son équipe multidisciplinaire.

Les défis demeurent grands dans le transport ferroviaire des personnes et des marchandises. L'avenir de Simon est donc prometteur. Si le parcours de Simon vous inspire, le Ministère vous invite à visiter son site carrière au Quebec.ca/emplois-transport pour obtenir plus d'information. ¶



La place des matériaux de chaussée dans le ferroviaire

Diego Ramirez Cardona
École de technologie supérieure - ÉTS

L'utilisation d'enrobés bitumineux dans les assises ferroviaires est une technique courante depuis plus de 40 ans dans plusieurs pays. Ils sont utilisés dans tout type de projet ferroviaire : voies ballastées classiques, voies industrielles, voies sans ballast, passages à niveau, zones d'appareils de voie, zones de transition avec ouvrages d'art, détecteurs de défauts de roues, etc.

L'intérêt croissant pour cette technique émane des nombreux avantages apportés par les enrobés, par rapport aux matériaux granulaires non liés. Les enrobés sous ballast (en sous-couche) apportent, notamment, une réduction considérable des besoins d'entretien de la voie, diminuant ainsi le temps de fermeture pour effectuer des travaux. Ceci contribue à l'augmentation de la capacité du réseau ferroviaire, et aide à surmonter l'un des principaux inconvénients du transport ferroviaire par rapport au transport routier : l'indisponibilité de la voie. En effet, les routes sont rarement complètement fermées pour travaux. D'autres avantages des sous-couches bitumineuses incluent l'atténuation des vibrations, la réduction des efforts transmis au sol, l'imperméabilisation des sols d'infrastructure, la prévention du colmatage du ballast et le contrôle de la végétation sans l'utilisation de produits phytosanitaires. Par ailleurs, servant de voie d'accès au chantier, la sous-couche bitumineuse facilite la mise en place de la voie et d'autres équipements ferroviaires durant la phase travaux [1]-[6].



Figure 1
Coupe de principe d'une voie ballastée avec sous-couche en enrobé bitumineux

SOURCE:
ÉTS



Figure 2
Travaux de rénovation d'un aiguillage avec sous-couche en enrobé bitumineux

SOURCE:
ÉTS

Les enrobés sur le réseau classique

Depuis les années 1980, aux États-Unis, l'utilisation d'enrobés sous ballast a augmenté substantiellement dans les voies dédiées au fret et dans les lignes de banlieue. L'enrobé est souvent mis en oeuvre pour améliorer durablement la portance de la plateforme lors des projets de rétablissement de voie ou d'augmentation de capacité. La technique est aussi couramment utilisée dans des travaux spéciaux tels que les branchements, aiguillages et « voies au milieu de la route », ainsi que sur des linéaires précis où les solutions conventionnelles n'ont pas été efficaces [5],[7].

Étant donnée leur mise en oeuvre très rapide, les enrobés sont particulièrement adaptés aux fenêtres de temps très restreintes allouées aux travaux de rénovation d'aiguillages. Cette pratique est courante chez plusieurs compagnies américaines, dont NS, CSX, Caltrain et Metrolink. Par exemple, en 2019, une sous-couche bitumineuse a été mise en place sur 60 m de long en seulement 50 minutes pour un aiguillage de la voie NS près de Crandall (IN) [5].

Les enrobés sont aussi couramment utilisés dans les zones de transition avec les radiers en béton des ouvrages d'art. En effet, la présence d'enrobé de part et d'autre de l'ouvrage mène à une amélioration substantielle de la qualité de la géométrie de

la voie. Par exemple, en 1998, de l'enrobé a été placé sur 425 m de part et d'autre du pont sur le Tennessee à Bridgeport (AL) de la voie à fret lourd de la compagnie CSX. Malgré un trafic cumulé annuel de 70 millions de tonnes brutes, peu d'entretien a été nécessaire sur cette section de voie depuis les travaux [5].

En tunnel, l'enrobé facilite le drainage de l'eau vers l'extérieur, ce qui est particulièrement avantageux dans des tunnels présentant des sols humides et déformables. Depuis leur réhabilitation dans les années 1990 avec une sous-couche bitumineuse, plusieurs tunnels sur les réseaux NS et CSX ont performé correctement en termes de maintenance [5].

Une sous-couche bitumineuse, associée à un entretien adéquat du système de drainage, peut suffire à réduire drastiquement les problèmes d'instabilité de la voie au droit et aux abords de passages à niveau ou de voies au milieu de la route. Par exemple, en 2011, 1 km de voie au milieu de la route de la ligne de fret du réseau NS à West Brownsville (PA) a été rénové avec une sous-couche en enrobé. Auparavant très coûteuse en entretien, cette section n'a plus présenté de signes de détérioration depuis ces travaux. De même, une section de voie de 400 m de long avec 3 passages à niveau consécutifs à Cynthia (KY), sur le réseau CSX, n'a plus eu besoin de travaux de rectification de géométrie depuis l'installation d'une sous-couche en enrobé en 1985. En effet, l'enrobé réduit les tassements au droit des passages à niveau d'environ 60 %, par rapport aux sous-couches conventionnelles [7].

En général, l'expérience américaine met en évidence le rôle des enrobés dans la réduction des efforts de maintenance des voies par l'augmentation et la préservation de la portance du support de la superstructure (ensemble conformé par le ballast, les traverses et le rail). On peut citer comme exemples le Central Corridor Railroad à Wichita (KS) et la 3e voie de la ligne BNSF Transcon à Kansas City (MO), deux projets où aucune opération de reprise de la géométrie de voie n'a été nécessaire pendant plus de 10 ans d'exploitation sous trafic fret, après la mise en place d'une sous-couche bitumineuse, malgré leur situation sur des terrains argileux peu portants [5].

En matière de durabilité, des essais ont été réalisés en 2008 sur des échantillons extraits de sous-couches bitumineuses âgées de 12 à 29 ans, dans 5 états américains différents. Aucun signe de vieillissement du bitume ou

Les enrobés en ligne à grande vitesse

Le développement du réseau ferroviaire à grande vitesse (> 300km/h) en Europe a favorisé l'intégration des enrobés dans les infrastructures ferroviaires. Parmi les facteurs qui ont motivé l'adoption de la technique on retrouve leur disponibilité à proximité du chantier sur toute sa longueur, ce qui les rend économiquement compétitifs face aux matériaux conventionnels, et leur mise en service rapide, qui contraste avec les longs délais nécessaires avant utilisation des sols stabilisés aux liants hydrauliques. De plus, les enrobés sont moins sensibles au gel, protègent les sols d'infrastructure en attendant la pose de la voie et permettent une réduction de l'épaisseur de la voie pouvant mener à

une importante économie en matériaux granulaires.

En outre, pendant l'exploitation de la voie, les sections bitumineuses ont demandé considérablement moins d'entretien que les sections conventionnelles. Ceci a été attribué majoritairement à la réduction des vibrations dans la couche de ballast, qui se traduit par une plus longue durée de vie utile de celui-ci [6], [10]-[12]. Concernant les voies sans ballast, des systèmes mixtes ont été développés où le radier en béton repose sur une assise en enrobés. Ce type de structure est très courant au Japon [8], [9].

Enfin, la pression verticale appliquée sur l'enrobé sous ballast est de l'ordre de 8 fois plus faible que la pression typique exercée par les pneus d'un camion sur une chaussée.

de fatigue des enrobés n'a été repéré. De plus, il a été constaté que la teneur en eau des sols sous l'enrobé était très proche de l'optimum Proctor [5]. Ces mêmes conclusions ont été établies en Italie sur leur 1e ligne à grande vitesse (LGV), qui date des années 1970 [8].

L'utilisation d'enrobés sous ballast en voies classiques n'est pas unique aux États-Unis. L'exemple le plus ancien en Europe date de 1963 en Autriche. En Italie, les sous-couches bitumineuses sont considérées comme le standard pour tout type de voie ferrée. Au Japon, l'enrobé sous ballast est une obligation pour les voies du réseau structurant. En France, les enrobés bitumineux font partie du référentiel technique pour voies classiques depuis 2018 [8], [9].

Discussion

Les expériences internationales démontrent largement l'adéquation des enrobés au milieu ferroviaire.

Concernant leur durabilité, l'apparition de défauts (déformation permanente, fatigue, etc.) est très rare dans les enrobés sous ballast, avec à ce jour des sous-couches bitumineuses âgées de plus de 50 ans en parfait état. En contraste avec les routes, le ballast protège l'enrobé des variations de température et du rayonnement solaire, ce qui limite le vieillissement du bitume. Le risque de désenrobage est aussi limité grâce à l'absence des phénomènes de succion et usure par le contact direct avec des pneus. Enfin, la pression verticale appliquée sur l'enrobé sous ballast est de l'ordre de 8 fois plus faible que la pression typique exercée par les pneus d'un camion sur une chaussée [5].

Quant aux champs d'application, la diversité d'exemples de réussite dans le monde met en lumière la polyvalence des enrobés dans les infrastructures ferroviaires. Outre leur caractère avantageux pour la construction de nouvelles voies, l'intégration des sous-couches bitumineuses dans les travaux de régénération des voies anciennes semble être une solution possible pour l'abaissement des coûts d'exploitation du réseau classique, en réduisant l'entretien et en augmentant la capacité de la voie.

Du fait que les conditions de mise en œuvre des enrobés restent identiques à celles des travaux routiers, il est toutefois nécessaire d'avoir une portance minimale du terrain pour permettre le compactage. Au moment des travaux, il est donc préférable d'avoir un sol dans un état hydrique proche de l'optimum, qui sera pérennisé par l'action imperméabilisante de l'enrobé.

Néanmoins, il faut évaluer l'intérêt économique de l'utilisation d'enrobés dans les structures ferroviaires en fonction du contexte particulier de chaque projet et des performances attendues de la voie en service. |

RÉFÉRENCES
 1 — EAPA, « Asphalt in Railway Tracks », European Asphalt Pavement Association, Technical Review, 2021.
 2 — M. Fang, T. Hu, et J. G. Rose, « Geometric composition, structural behavior and material design for asphalt trackbed: A review », Constr. Build. Mater., vol. 262, p. 120755, nov. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120755.
 3 — Y. H. Huang, C. Lin, et J. G. Rose, « Asphalt Pavement Design: Highway versus Railroad », J. Transp. Eng., vol. 110, no 2, p. 276-282, mars 1984, doi: 10.1061/(ASCE)0733-947X(1984)110:2(276).
 4 — IDRRIM, « Réalisation d'assises de voie ferrée en grave bitume : Retour d'expérience de chantiers LGV », Institut de Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité, France, Note d'information n°36, 2019.
 5 — J. G. Rose, « Designs, applications, and performances of asphalt trackbeds in the United States », présenté à Railway Engineering 2019, Édimbourg, Écosse, 2019.
 6 — A. Buonanno et R. Mele, « The use of bituminous mix sub-ballast in the Italian State Railways », présenté au 2e Congrès EURASPHALT & EUROBITUME, Barcelona, Spain, 2000.
 7 — J. G. Rose, « Asphalt underlayment railway trackbeds: Designs, applications, and long-term performance evaluations », University of Kentucky, Final report for NURail Project- Pressure distributions and magnitudes at tie/ballast interface, sept. 2017.
 8 — D. Ramirez Cardona, H. D. Benedetto, C. Sauzéat, N. Calon, et J. G. Rose, « Designs, Application and Performances of Asphalt/Bituminous Trackbeds in European, Asian, and African Countries », Transp. Res. Rec., vol. 2674, no 11, nov. 2020, doi: 10.1177/0361198120945314.
 9 — Y. Momoya, « New Railway Roadbed Design », Railway Technology Avalanche, Newsletter from the Railway Technical Research Institute, no 20, 2007.
 10 — P. F. Teixeira, A. López Pita, et P. A. Ferreira, « New possibilities to reduce track costs on high-speed lines using a bituminous sub-ballast layer », Int. J. Pavement Eng., vol. 11, no 4, p. 301-307, août 2010, doi: 10.1080/10298431003749733.
 11 — J. M. Fernández de Puelles de Torres Solanot, « Experiencia italiana en empleo de subballasto bituminoso », Technol. Desarro., vol. 15, no 0, Art. no 0, déc. 2017.
 12 — J. Blanc et coll., « Monitoring of railway structures with bituminous and granular sub-layers: Assessment after four years of use », Constr. Build. Mater., vol. 336, juin 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127515.

+

Des solutions ingénieuses qui propulsent votre vision

Nous adoptons votre vision comme si elle était la nôtre. Nous fournissons des solutions personnalisées, novatrices et optimisées grâce auxquelles vos actifs atteindront un niveau de performance de classe mondiale en répondant aux exigences en matière de sécurité, de fiabilité, de performance et de productivité.

Ensemble, relevons les défis les plus complexes !

hatch.com



HATCH

CHEZ RAIL CANTECH NOUS
CONSTRUISONS ET
ENTRETONONS DES
CHEMINS DE FER



Notre expertise couvre la construction et l'entretien de lignes principales de classe 1, de transits urbains, de lignes et d'installations LRT, de mines et de liaisons ferroviaires industrielles.

Au fil des ans, Rail Cantech a exporté son savoir-faire pour soutenir les propriétaires et les exploitants de chemins de fer dans tout l'est du Canada.

RIGUEUR / RESPECT / RESPONSABILITÉ / RÉSULTATS

Bureau principal

650 boulevard Lionel Boulet

Varenes, QC, J3X 1P7

(450) 652-3010

info@railcantech.com



Tracer une feuille de route vers la décarbonation du secteur ferroviaire au Canada

Caroline Healey
Association des chemins de fer du Canada

Dans l'ensemble des secteurs et des régions, la décarbonation est bien plus qu'un slogan à la mode. C'est aujourd'hui une attente.

La firme de sondage montréalaise Léger a récemment constaté que malgré les pressions liées au coût de la vie, plus de Canadiens considèrent le changement climatique comme une priorité supérieure au fardeau fiscal ou aux prix de l'énergie. Ce même sondage indique qu'une grande majorité de Canadiens (70 %) estiment que l'économie et l'environnement vont de pair. De plus, 59 % des Québécois disent qu'ils ne voteraient pas pour un parti fédéral qui n'a pas de solide plan climatique – 5 % de plus que l'électorat canadien.

Il n'est donc pas étonnant que le gouvernement fédéral actuel bénéficie d'un important soutien public avec son engagement international envers une transition à la carboneutralité d'ici 2050 et un régime réglementaire qui dirige de grands segments de l'économie vers cet objectif.

Le transport ferroviaire est déjà la façon la plus économe de carburant de transporter les gens et les marchandises par voie terrestre. Alors, comment passer au niveau supérieur, celui de la décarbonation ? Différentes mesures en cours et prévues tracent une feuille de route pour les chemins de fer au cours des décennies à venir. Nous allons voir cela en détail aux pages suivantes en étudiant les défis et les possibilités et en expliquant comment les obstacles potentiels peuvent être surmontés.

Changements récents

Le secteur ferroviaire transporte environ 320 milliards de dollars de biens par année sur près de 43 000 kilomètres de voies ferrées, partout au pays. Malgré cet impact économique important, les chemins de fer sont parmi les plus faibles émetteurs de gaz à effet de serre (GES). En 2020, le Groupe d'experts intergouvernemental sur

l'évolution du climat a indiqué que le secteur ferroviaire du Canada ne représente que 3,8 % des émissions totales découlant du transport.

Les chemins de fer reconnaissent depuis toujours le rôle qu'ils jouent pour faire progresser le Canada, notamment dans le domaine de la responsabilité environnementale. Le secteur ferroviaire fait le suivi annuel de ses progrès dans le cadre d'un Protocole d'entente (PE) entre l'Association des chemins de fer du Canada et Transports Canada.

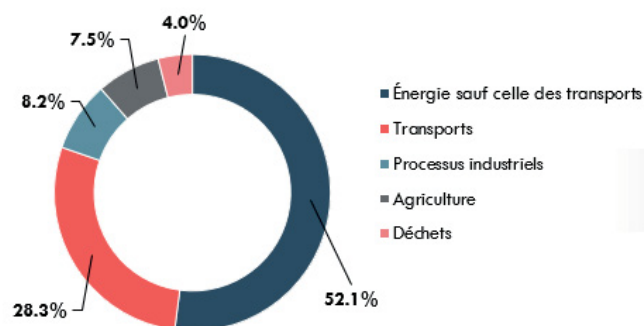
Le plus récent rapport produit dans le cadre de ce PE indique que les investissements innovateurs des chemins de fer dans le renouvellement de leur flotte, les innovations opérationnelles, les technologies d'économie de carburant, la formation des employés et les combustibles faibles en carbone entraînent une réduction des émissions dans le secteur.

Le rapport annuel du Programme de surveillance des émissions des locomotives donne un aperçu de la performance du secteur, notamment :

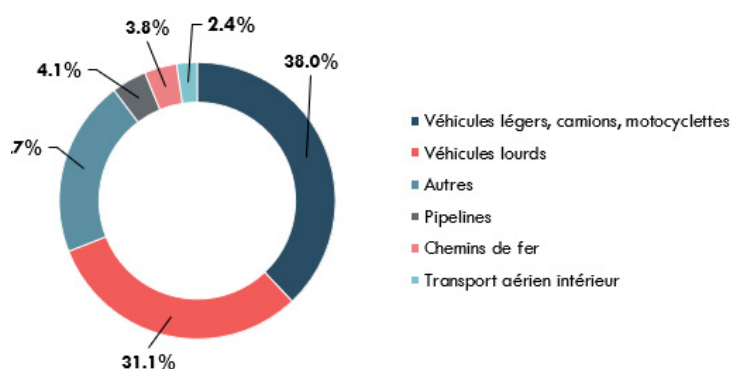
- Transport ferroviaire de marchandises et de voyageurs.
- Consommation de carburant.
- Inventaire de la flotte de locomotives.
- Données sur les émissions de GES et des principaux contaminants atmosphériques (PCA).

En 2020, malgré les différents défis posés par la pandémie de COVID-19, les chemins de fer canadiens ont investi 2,6 milliards de dollars dans de nouvelles technologies et des améliorations à leur réseau. Le secteur du transport ferroviaire de marchandises a affiché sa résilience, gérant efficacement l'incertitude et la volatilité créées par la pandémie.

Émissions de GES au Canada par secteur - 2020



Émissions de GES par secteur du GIEC - 2020



Note : « Autre » comprend les véhicules au propane et au naturel, le transport hors route, maritime, et transport aérien

Figure 1 Émission de GES par secteur du GIEC-2020.

SOURCE: Association des chemins de fer du Canada

Autres points saillants du dernier rapport sur les émissions des locomotives :

- Au cours des trois premières années (2018-2020) du PE quinquennal avec le gouvernement fédéral, les chemins de fer de classe 1 ont atteint 80,6 % de leur objectif de réduction de l'intensité des émissions pour la période visée.
- Depuis 2005, l'intensité des émissions des chemins de fer s'est améliorée de 25,1 %.
- Depuis 2005, malgré une augmentation du trafic ferroviaire de 28 % (mesuré en tonnes-kilomètres commerciales), les émissions de PCA des chemins de fer canadiens ont considérablement diminué : monoxyde de carbone (-5,2 %), oxydes d'azote (-44,1 %), hydrocarbures (-51,1 %), particules (-58,3 %) et dioxyde de soufre (-99,0 %).

de transport terrestre des biens et des personnes le plus économe de carburant – investissent des milliards de dollars dans de nouvelles technologies, des locomotives et des wagons, et des améliorations opérationnelles pour être encore plus respectueux de l'environnement. Et c'est loin d'être terminé.

À court terme : gains d'efficacité

Les chemins de fer canadiens travaillent avec des organismes sans but lucratif et d'autres partenaires pour élaborer une feuille de route sur la décarbonation du secteur ferroviaire fondée sur les technologies faibles en carbone émergentes. Ces activités reposent sur la compréhension que la trajectoire vers le net zéro se fera en trois « vagues » imbriquées : améliorations de l'efficacité, carburants faibles en carbone et propulsion alternative. L'efficacité est et

En investissant constamment dans l'efficacité et la durabilité, les chemins de fer marchandises du Canada ont réduit l'intensité de leurs émissions de GES de plus de 45 %.

- En 2020, les chemins de fer canadiens ont modernisé leur flotte en y ajoutant 46 locomotives de niveau 4 et en retirant 149 locomotives principalement de niveau inférieur et non supérieur (les locomotives plus efficaces respectent les exigences sur les émissions les plus sévères).
- 3 109 locomotives (82,8 % de la flotte totale) sont dotées de dispositifs anti-ralentis.

Depuis quelques années, les chemins de fer du Canada – qui sont déjà le mode

doit rester un objectif continu des activités de décarbonation du secteur ferroviaire.

En investissant constamment dans l'efficacité et la durabilité, les chemins de fer marchandises du Canada ont réduit l'intensité de leurs émissions de GES de plus de 45 % depuis 1990. Ces gains sont principalement dus à l'amélioration des moteurs des locomotives et à l'efficacité opérationnelle, ce qui comprend l'exploitation ferroviaire précise.

Il existe de nombreuses façons de continuer à augmenter l'efficacité du secteur ferroviaire, notamment par l'amélioration

de l'aérodynamique des locomotives et des wagons, l'automatisation et les solutions fondées sur des données. L'utilisation de carburants faibles en carbone et les améliorations de l'infrastructure permettent d'augmenter considérablement la capacité et la fluidité du réseau. Ensemble, ces éléments continueront à jouer un rôle essentiel dans la réduction de l'intensité carbone.

Comme ils l'ont toujours fait, les chemins de fer vont continuer à investir dans des mesures d'efficacité qui sont avantageuses dans leur contexte précis : des mesures qui ont un rendement raisonnable et qui permettent de faire des économies à long terme. Les mesures varieront entre les différents chemins de fer en fonction de ces facteurs principalement.

Alors que les améliorations de l'efficacité doivent être et demeurent une priorité pour les chemins de fer (car elles permettent de réduire le fardeau de la décarbonation sur les carburants et la propulsion), des nouveaux outils et des technologies émergentes ont aussi un potentiel de réduire les GES et sont utilisés en parallèle.

La voie vers la décarbonation profonde – selon les délais nationaux de décarbonation et tout en tenant compte des autres modes de transport de marchandises terrestre – nécessite une approche multidimensionnelle et multidirectionnelle.

En aval : carburants et systèmes de propulsion alternatifs

Les chemins de fer évaluent diverses technologies pouvant contribuer à la décarbonation profonde du secteur, mais la plupart sont nouvelles et peuvent

faire face à des défis de valorisation. Par exemple, le Canadien Pacifique (CP) évalue les piles à hydrogène et la technologie des batteries dans le cadre de son programme innovant de locomotives à hydrogène. Bien qu'il n'existe pas une seule option menant vers la décarbonation profonde, l'industrie ferroviaire canadienne relève le défi de tracer une voie à suivre.

Les deux chemins de fer marchandises, le CP et le Canadien National (CN), et un chemin de fer d'intérêt local, le Southern Railway, en Colombie-Britannique, ont récemment annoncé des projets pilotes visant à tester des technologies de propulsion alternative, et le principal chemin de fer voyageurs du Canada, dont le siège social se trouve à Montréal, a annoncé des plans pour électrifier la majeure partie de ses opérations.

Les carburants alternatifs (faibles en carbone), qui ne permettront probablement pas d'atteindre une décarbonation complète à eux seuls, sont une solution attrayante à court ou moyen terme, surtout s'ils sont combinés à de nouvelles technologies de propulsion alternative. Celles-ci devraient être la solution définitive de la décarbonation, mais il faudra des années, voire des décennies, pour qu'elles soient commercialement viables.

Compte tenu de l'importance de prendre les bonnes décisions en matière d'investissements et de ressources, l'ACFC et ses partenaires ont fait un travail de fond essentiel pour élaborer le Cadre d'évaluation analytique. (Figure 2)

Devant être lancé officiellement à Québec à la fin novembre 2022, il permet de suivre l'évolution du potentiel des carburants et des technologies de propulsion alternatifs pour les chemins de fer du Québec et du Canada. |

NOTE	COÛT				POTENTIEL DE RÉDUCTION DU CARBONE		DÉFIS		
	Développement	Mise en œuvre – Coût en capital	Mise en œuvre – Infrastructure	Exploitation	Potentiel de réduction	Adoption/ Applicabilité	Exploitation	Ravitaillement	Sécurité et conformité réglementaire
SELON	Coût total pour développer, tester et certifier	Coût en capital additionnel par locomotive	Infrastructure de ravitaillement/charge additionnelle requise	Coût d'exploitation additionnel	Potentiel de réduction des GES	Proportion du parc	Complexité, performance, mécanique	Disponibilité (complexité de la chaîne d'approvisionnement comprise), temps	Préoccupations de sécurité, conformité réglementaire
5	Disponible sur le marché : pas de coût de développement	Pas de coût additionnel	Aucune infrastructure additionnelle requise	Économies de >20 %	>80 %	Bien approprié pour le transport de marchandises de grande ligne	Égal au diesel ou meilleur	Égal au diesel ou meilleur	Égal au diesel ou meilleur
4	Presque disponible sur le marché : coût de développement <10 M \$	Jusqu'à 1 million \$	Utilisation de l'infrastructure existante avec modifications	Économies de jusqu'à 20 %	50-80 %	Partiellement approprié pour le transport de marchandises de grande ligne	Faible complexité pour maintenir la fiabilité du système et l'infrastructure existante et/ou entretenir le matériel.	Complexité modérée pour la chaîne d'approvisionnement et/ou les exigences de ravitaillement	Formation et/ou règlements additionnels requis
3	10-50M \$	1-3 millions \$	Nouvelle infrastructure significative requise aux gares de triage seulement	Égal au diesel	30-50 %	Bien approprié pour le matériel de triage	Complexité modérée pour maintenir la fiabilité du système et l'infrastructure existante et/ou entretenir le matériel	Chaîne d'approvisionnement complexe, >2x la durée/ fréquence de ravitaillement/charge	Formation et certification et/ou règlements additionnels requis
2	50-75M \$	3-5 millions \$	Nouvelle infrastructure significative requise aux gares de triage et à d'autres endroits	Jusqu'à deux fois le coût du diesel	10-30 %	Bien approprié pour le transport de passagers	Complexité élevée pour maintenir la fiabilité du système et l'infrastructure existante et/ou entretenir le matériel	Problèmes de disponibilité intermittents, jusqu'à 2x la durée/ fréquence de ravitaillement/charge	Préoccupations de sécurité et/ou règlements additionnels considérables requis
1	Développement significatif requis avec défis complexes : >75M \$	>5 millions \$	Nouvelle infrastructure significative requise sur l'ensemble du réseau	>2x	<10 %	Non approprié pour le transport de marchandises de grande ligne, et partiellement approprié pour le transport de passagers	Risque considérable pour la fiabilité. Risque considérable de perdre un bien.	Problèmes de disponibilité fréquents, jusqu'à 2x la durée/ fréquence de ravitaillement/charge	Graves préoccupations de sécurité, notamment pour le public, et/ou règlements additionnels complets requis
PONDÉRATION	6,7 %	6,7 %	6,7 %	13,3 %	16,7 %	16,7 %	11,1 %	11,1 %	11,1 %
	33,3 %				33,3 %		33,3 %		

Figure 2
Cadre d'évaluation analytique ve

SOURCE: Association des chemins de fer du Canada

RÉFÉRENCES
 1 — <https://cleanprosperity.ca/new-poll-shows-voters-still-expect-a-credible-climate-plan>
 2 — Sondage (en anglais) : https://cleanprosperity.ca/wp-content/uploads/2022/07/Results_of_June_2022_Poll_from_Leger.pdf
 3 — ACFC, Rapport annuel du Programme de surveillance des émissions des locomotives 2020.
 4 — <https://www.railcan.ca/wp-content/uploads/2022/04/RAC-Environment-White-Paper-FR.pdf>



Cybersécurité : Comment sécuriser un écosystème ferroviaire de plus en plus connecté

Grégory Lemaire, Louis-Philippe Desjardins
Deloitte

Avec une croissance pré-pandémique à des niveaux records, le transport ferroviaire des passagers et des marchandises au Canada est à un point d'inflexion en matière d'investissements financiers et technologiques. Les trains à haute fréquence, la modernisation du transport des marchandises et l'expansion rapide du transport urbain offrent aux consommateurs et aux entreprises des chemins de fer plus sûrs, plus écologiques, plus sécuritaires et plus efficaces. En même temps, la convergence des technologies opérationnelles (TO) avec les technologies informatiques (TI) et l'Internet des objets (IoT) ouvrent la voie à un nombre accru de cyberattaques. Ces attaques demandent un rehaussement de la vigilance et des investissements en cybersécurité de la part des opérateurs ferroviaires afin d'atténuer la menace croissante.

Explorer les cyberrisques : sur les rails du numérique

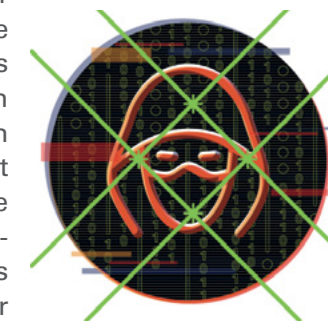
Les Canadiens choisissent le transport ferroviaire en raison de l'évitement du trafic, des préoccupations environnementales, de la fiabilité et de la rentabilité, qui le rendent essentiel pour notre économie. Cependant, en tant que passagers, nous ne réalisons pas toujours les cyberdéfis auxquels nos transporteurs sont confrontés.

Pour illustrer ces défis, prenons l'exemple d'un voyage typique entre Montréal et Toronto.



Cybersécurité : Comment sécuriser un écosystème ferroviaire de plus en plus interconnecté

Aujourd'hui, les passagers peuvent acheter un billet et sélectionner un siège via une application web ou mobile. Le jour du départ, lorsqu'ils entrent dans la Gare Centrale, ils peuvent utiliser le Wifi, consulter les horaires d'arrivée et de départ des trains grâce à leurs applications et à la signalisation numérique, et accéder au train de leur choix grâce à leur billet numérique. Une fois dans le train, ils peuvent utiliser le Wifi à bord, vérifier l'heure des correspondances, se divertir avec leurs services préférés de musique ou de films en diffusion en continu et réserver leur Uber du dernier kilomètre à temps pour leur arrivée à la station Union à Toronto. À l'avenir, des options sans contact encore plus perfectionnées pour les paiements en gare et à bord seront monnaie courante.



Le voyage invisible qui les a conduits à destination est soutenu non seulement par la technologie opérationnelle (TO), mais aussi par une dépendance croissante et convergente à l'informatique traditionnelle (TI) et à l'Internet des objets (IoT). Cette nouvelle infrastructure TO-TI-IoT doit être conçue, mise en œuvre et réalisée avec la sécurité physique et cybernétique comme impératif non négociable.

Principaux incidents cybernétiques ferroviaires

La numérisation et l'hyperconnectivité augmentent à la fois la surface d'attaque et le paysage de cybermenace. Récemment, en Amérique du Nord, il a été constaté une augmentation des cyberattaques perpétrées par des nations étrangères. En janvier 2018, une importante agence régionale de transport public au Canada a subi une cyberattaque au cours de laquelle un virus a infecté des ordinateurs. En octobre 2021, un important fournisseur de transport public canadien a subi une attaque par rançongiciel, mais cette cyberattaque n'a

pas entraîné de violation de la vie privée ni compromis les systèmes de sécurité. Par le passé, des cas d'interférence à distance avec les systèmes opérationnels (TO) de transport ferroviaire ont provoqué des perturbations majeures. Plus récemment, dans le cadre du conflit entre l'Ukraine et la Russie, des cyberactivistes ont piraté les opérations ferroviaires afin de ralentir considérablement la circulation des trains. Cela démontre clairement que les attaques directes et indirectes peuvent compromettre les opérations et la sécurité des principaux chemins de fer au Canada.

Construire un écosystème ferroviaire plus sûr : investissements et priorités

Pour améliorer la sécurité des passagers, l'adoption de lignes directrices telles que la *Stratégie* sur la cybersécurité des véhicules de Transports Canada et la *Loi* sur la sécurité ferroviaire est essentielle à mesure que l'infrastructure continue d'évoluer.

D'un point de vue économique, le Forum économique mondial indique que, grâce à la numérisation et à la convergence des technologies, l'industrie de la logistique pourrait réaliser une valeur potentielle estimée à 4 000 milliards de dollars US d'ici 2025. En conséquence, les dépenses et les investissements du marché de la cybersécurité ferroviaire (tant pour les passagers que pour le fret) devraient passer de 6,7 milliards de dollars américains en 2022 à 12,6 milliards de dollars US en 2028, avec un TCAC estimé à 11,1 % entre 2022 et 2028, démontrant l'intention de l'industrie ferroviaire de sécuriser correctement ses infrastructures critiques.

Cybersécurité : Comment sécuriser un écosystème ferroviaire de plus en plus interconnecté

Nous entrons donc dans une période charnière, faite d'opportunités et de menaces. Les nouveaux systèmes convergents To-TI-IoT en cours d'élaboration ouvriront la porte à de nombreuses améliorations, mais pourront également présenter des vulnérabilités s'ils ne sont pas élaborés de manière sécurisée dès la conception.

Traditionnellement, les systèmes opérationnels, qui font référence au matériel et aux logiciels qui facilitent le contrôle et la surveillance de l'infrastructure ferroviaire (tels que les limiteurs de vitesse et le freinage, les outils du conducteur, la gestion du contrôle des trains, les systèmes de contrôle automatiques des trains, la signalisation, le contrôleur embarqué des véhicules, les systèmes d'exploitation automatique des trains), sont segmentés du réseau informatique et utilisent des protocoles industriels et des logiciels personnalisés, les rendant plus difficiles à attaquer. Aujourd'hui, à mesure qu'ils évoluent, les environnements TO sont de plus en plus interconnectés et une mauvaise segmentation du réseau pourrait permettre à des acteurs malveillants de s'introduire dans les systèmes vulnérables et de se déplacer latéralement vers des infrastructures critiques.

Pour que l'industrie ferroviaire canadienne soit compétitive, nous devons donc entrer prudemment dans l'ère de l'Internet des objets orientée vers le consommateur, du rail autonome, de l'intelligence artificielle (IA) et de la technologie 5G. Le remplacement de la technologie actuelle GSM-R et 4G jouera un rôle crucial pour fournir une surveillance précise des trains et des infrastructures en temps réel. Pour les passagers, cela signifie des informations rapides et fiables en temps réel sur les fermetures de trains, les retards, les achats de billets sans papier, etc. Pour le personnel du transport ferroviaire, les informations acheminées par la 5G, telles que les données de capteurs de systèmes critiques, faciliteront la prise de décision et amélioreront la sécurité et la fiabilité du réseau.

L'évolution et la mise en œuvre des changements susmentionnés nécessiteront de la prévoyance et un engagement envers la sécurité des infrastructures et des passagers. La vision d'un système sûr et cybersécurisé doit être au premier plan de la stratégie de conception des infrastructures ferroviaires de demain.

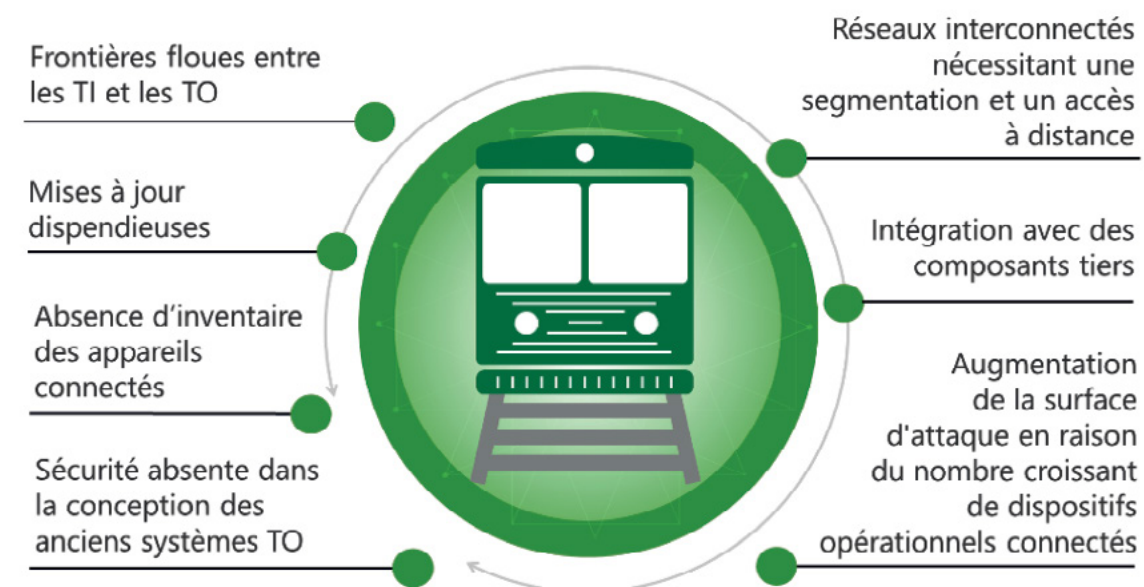


Figure 1
Défis de la sécurisation des infrastructures ferroviaires

SOURCE:
DELOITTE

Cybersécurité : Comment sécuriser un écosystème ferroviaire de plus en plus interconnecté

Figure 2
Cadre de gouvernance, sûreté, vigilance et résilience

SOURCE:
DELOITTE

	Gouvernance Renforcer vos politiques, normes, gouvernance, stratégies et mesures de sécurité.	Sûreté Être sûr signifie disposer de contrôles priorités en fonction des risques pour se défendre contre les menaces connues et émergentes.	Vigilance Être vigilant signifie disposer de renseignements sur les menaces et d'une connaissance de la situation pour identifier les comportements nuisibles.	Résilience Être résilient signifie avoir la capacité de se rétablir et de minimiser l'impact des cyberincidents.
STRATÉGIE & GOUVERNANCE	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation de la posture et de la maturité en matière de cybersécurité Stratégie et feuille de route en matière de cybersécurité Évaluation des sites industriels Architecture de sécurité de l'entreprise et des opérations Évaluation des risques liés aux tiers 	<ul style="list-style-type: none"> Gestion des identités et des accès Protection des données Sécurité et intégrité des applications d'entreprise Sécurité de l'infrastructure TI Sécurité de l'infrastructure TO Gestion de la configuration de la sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Optimisation des opérations de sécurité Gestion et surveillance des actifs Renseignements sur les menaces et analyse Gestion des vulnérabilités Évaluations des compromis 	<ul style="list-style-type: none"> Exercice d'équipe rouge (Red Team) Gestion de crise Réponse aux cyberincidents Jeux de rôle cybernétiques Résilience technique Continuité de la gestion des affaires Reprise après attaque
GESTION & SERVICES		<ul style="list-style-type: none"> Gestion des opérations de sécurité Gestion des identités Gestion de la configuration Prévention des pertes de données 	<ul style="list-style-type: none"> Analyse et renseignement sur les menaces Surveillance de la sécurité Gestion des vulnérabilités Surveillance de la conformité 	<ul style="list-style-type: none"> Surveillance et gestion de crise en tant que service Réponse aux cyberincidents Résilience en tant que service

Construire un écosystème robuste : L'avenir des chemins de fer

Les consommateurs s'attendent à de plus en plus de commodités et de rapidité dans leur vie quotidienne. Pour le transport public et les chemins de fer de passagers, cela signifie que les entreprises devront évoluer et s'adapter pour rester en tête dans cette nouvelle ère d'innovation passionnante. Pour les voyageurs individuels, la transformation numérique impliquera des paiements sans contact, la disponibilité du Wifi, la réduction des retards des trains, des informations en temps réel et des systèmes de divertissement à bord.

Les entreprises et les consommateurs pourront aussi bénéficier de l'amélioration de la sécurité par un contrôle ferroviaire de plus en plus surveillé et automatisé. L'intelligence

artificielle (IA) permettra d'analyser d'énormes quantités de données provenant de capteurs embarqués et de sources externes afin de réduire les erreurs humaines. Ce sera aussi l'un des facteurs qui contribueront à réduire les coûts d'exploitation et à améliorer la planification et la maintenance. Dans ce nouvel environnement, les régulateurs devront également s'adapter afin d'utiliser pleinement les nouvelles capacités technologiques. Les réglementations actuelles qui exigent une inspection manuelle devront être ajustées, car la technologie peut offrir des solutions d'inspection plus rapides, plus sûres et plus précises. Toutes ces avancées dans les années à venir permettront d'apporter des changements positifs et de rester compétitif dans le secteur des transports ferroviaires, qui évolue rapidement et en permanence.

Dans ce contexte, la sécurisation des réseaux ferroviaires doit être une priorité. Les considérations doivent inclure :

Cybersécurité : Comment sécuriser un écosystème ferroviaire de plus en plus interconnecté

- Établir un modèle de gouvernance clair en matière de cybersécurité.
- Réaliser l'inventaire des actifs technologiques actuels, ainsi que les profils de risque associés.
- Comblent les écarts traditionnels entre l'écosystème TI et TO.
- Adopter des nouvelles stratégies de sécurité telles que la Confiance Zéro.

protéger cette infrastructure nationale essentielle.



Dans un contexte de cybermenaces accrues, les organisations doivent rehausser leur vigilance et faire des investissements importants en matière de cybersécurité pour combattre le nombre croissant d'attaques sur les infrastructures critiques. Ceci permettra au voyageur d'aujourd'hui et de demain de se déplacer en toute confiance, sachant que sa sécurité sera assurée et que ses données personnelles seront protégées. |

RÉFÉRENCES

- 1 — <https://www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/rsinc-gnst-trrrsm/index-en.aspx>
- 2 — <https://www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/rsinc-gnst-trrrsm/index-en.aspx>
- 3 — <https://www.cyberscoop.com/belarusian-hacktivists-launch-another-attack-russia-cyber-hackivism/>
- 4 — https://www.reportlinker.com/p06321069/Railway-Cybersecurity-Market-Forecast-to-COVID-19-Impact-and-Global-Analysis-By-Offering-Solution-and-Services-Security-Type-Type-Operational-Technology-and-Information-Technology-and-Application.html?utm_source=GNW



SOURCE:
Alstom

En conclusion

Historiquement, alors que de nombreuses industries et secteurs étaient la cible de cyberattaques, les infrastructures ferroviaires n'étaient pas considérées comme une cible de choix, principalement en raison de l'isolement entre les systèmes informatiques (TI) et les systèmes opérationnels (TO) dans son écosystème. À mesure que les chemins de fer évoluent vers un écosystème interconnecté, la cybersécurité devient une considération primordiale pour



La propulsion verte, l'alternative ferroviaire pour lutter contre le réchauffement climatique

Adrien Vernhes
Alstom

La situation est sans appel : le monde vit une urgence climatique étayée par les autorités scientifiques et réduire les émissions de gaz à effet de serre est critique pour respecter les objectifs de l'Accord de Paris de 2015. L'Amérique du Nord ne fait pas exception et cherche de nouvelles manières de consommer, travailler, se nourrir ou se déplacer. À travers les États, provinces et pays, le transport moyen et de longue distance de marchandises et de passagers, principalement tributaires de la route et d'énergies fossiles, cherche un second souffle. Dans les villes, la dégradation de la qualité de l'air doublée de la congestion automobile obligent à repenser la mobilité urbaine et périurbaine pour rendre les métropoles plus belles, mieux connectées, plus vertes et *in fine* plus vivables.

L'industrie ferroviaire a un rôle prépondérant à jouer dans cette transition. Le train est social ; il regroupe quand la voiture individuelle sépare. Il est un outil d'aménagement du territoire efficace et sécuritaire. Et il est respectueux de l'environnement : en moyenne, un voyageur d'un train à grande vitesse émet 50 fois moins de CO₂/km qu'en empruntant un vol moyen-courrier, un train de marchandises 14 fois moins de CO₂/km

Revue Routes et
transports DÉMARQUEZ-VOUS

**RÉSERVEZ
VOTRE PUBLICITÉ !**

POUR CONNAITRE NOS TARIFS
communication@aqtr.com

AQTr
L'expertise en transport

qu'un poids lourd et sur 16,2 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre provenant du secteur du transport, 73,5 % proviennent du transport routier. Enfin, le train dispose d'un potentiel de développement important.

Apporter des solutions alternatives aux énergies fossiles et développer davantage les performances écologiques des systèmes ferroviaires, c'est la mission du centre d'innovation d'Alstom pour les Amériques. « Le train est une solution par

dont nous pouvons convertir les systèmes de traction vers des solutions alternatives plus vertes et plus efficaces, explique Éric Rondeau. Des solutions existent, nous cherchons à les adapter aux enjeux nord-américains et à innover en permanence. La propulsion électrique est aujourd'hui la plus vertueuse. Mais si installer des milliers de kilomètres de caténaires n'est pas viable, la question est de savoir quelle source d'énergie peut alimenter au mieux nos trains électriques : l'hydrogène ? Les batteries ? Une combinaison des deux ? »

Alstom a développé Coradia iLint™, premier train de passagers alimenté par une pile à combustible. Un train électrique qui crée son électricité en combinant l'hydrogène embarqué dans des réservoirs et l'oxygène naturellement présent dans l'air.

nature respectueuse de l'environnement et l'est davantage grâce à l'électricité, note Éric Rondeau, directeur du centre basé à Saint-Bruno-de-Montarville au Québec et inauguré en juin 2022. L'Amérique du Nord compte seulement 1 % de réseaux électrifiés. Près de 99 % d'entre eux fonctionnent donc avec des sources d'énergie fossiles. Nous travaillons à rendre le ferroviaire encore plus vertueux. C'est un défi mais le champ des possibles est immense. »

L'électrification des réseaux est une gageure. Le fret en est un bon exemple : électrifier des milliers de kilomètres est un non-sens économique en matière d'installation, mais aussi de maintenance. Ce marché a pourtant un potentiel impressionnant. L'Amérique du Nord compte près de 30 000 locomotives de fret au diesel. « C'est autant de locomotives

Difficile d'imaginer une solution unique. Alstom définira, avec ses clients, la meilleure solution en fonction de leurs besoins et exigences : profil des missions, longueur de la voie, puissance et énergie requises, projets d'électrification en cours et futurs... Alstom, avec sa capacité d'innovation mondiale et ses nombreuses références, est un leader de la propulsion électrique qu'elle soit 100 % électrique ou qu'elle utilise des batteries ou des piles à combustible.

L'entreprise a développé Coradia iLint™, premier train de passagers alimenté par une pile à combustible. Un train électrique qui crée son électricité en combinant l'hydrogène embarqué dans des réservoirs et l'oxygène naturellement présent dans l'air. Seuls rejets de cette réaction : vapeur d'eau et eau condensée. Le 15 septembre 2022, ce train, peu

broyant et à zéro émission, a parcouru la distance record de 1 175 kilomètres avec un seul plein d'hydrogène, soit une autonomie supérieure à celle d'un train diesel. En Allemagne, une première ligne 100 % hydrogène a été lancée avec 14 Coradia iLint™ remplaçant progressivement 15 trains diesel. Le centre d'innovation de Saint-Bruno travaille à une version adaptée à la réalité nord-américaine. Éric Rondeau : « L'hydrogène est une réponse, nous voyons de grandes avancées concernant les batteries, nous réfléchissons à de nouvelles idées de plateformes. Nous travaillons aussi à combler le fossé technologique et culturel relatif au ferroviaire dans la région. »

En Europe ou en Asie, utiliser un train de passagers est une habitude ancrée depuis longtemps. C'est moins le cas en Amérique du Nord. Par exemple, le parcours Montréal-Toronto en train prend le triple du temps nécessaire pour aller de Paris à Lyon dans un TGV français pour une distance similaire. « Améliorer et décarboner l'offre ferroviaire ne se fera pas du jour au lendemain, dit Xavier Boisgontier, directeur stratégie verte pour Alstom en Amérique du Nord. Nous cherchons à accompagner les autorités de transport et faire comprendre que, sur le long terme, passer de solutions polluantes

à des solutions alternatives vertes, intelligentes et toujours plus performantes est bénéfique et rend le transfert modal vers le rail possible. Elles le font pour leur réputation et leur responsabilité sociale, mais aussi pour des raisons économiques. En évaluant le coût total de possession d'un système ferroviaire et en améliorant sa performance pour en favoriser l'utilisation, nous faisons la démonstration que l'investissement initial en vaut la peine. » Au Canada, c'est le choix fait par Metrolinx pour le programme d'Expansion de GO, qui vise non seulement à rendre le réseau plus intelligent avec un système de signalisation à la pointe de la technologie, mais surtout à réaliser la transition du diesel à l'électrique. Alors, pourquoi ne pas dupliquer ces projets ?

Faire avancer un train à l'hydrogène est une prouesse. Mais développer l'écosystème autour s'avère essentiel. Comment alimenter un train avec des énergies propres ? Où positionner des bornes de recharge ? Quels partenariats réaliser pour produire de l'hydrogène vert non issu de procédés chimiques ? Comment aider les autorités à aller vers des modèles industriels, opérationnels ou d'affaires nouveaux ?



SOURCE:
Alstom / A. Février



Alstom suggère trois approches complémentaires

La première consiste à regrouper les acteurs clés de la transition énergétique en zone d'innovation pour faire travailler ensemble chercheurs, experts, industriels, universitaires, acteurs institutionnels et élaborer des modèles efficaces et adaptés aux territoires. C'est ce qu'il se produit au Québec avec le plan hydrogène vert impulsé par le Gouvernement et la mise en place d'un cluster dans la région de Trois-Rivières.

Le deuxième axe vise à accompagner les autorités de transport de A à Z, dans une approche appelée dans l'industrie ferroviaire « clés-en-main » qui va bien au-delà de la fourniture du matériel roulant. Saisir un besoin, réaliser des études empiriques et comparatives avec d'autres réseaux, concevoir le système en prenant en compte les réalités économiques, la

mobilité et achalandage puis construire, mettre en service, exploiter et maintenir le réseau à long terme. Cette approche vise à réduire les risques liés à l'intégration de la multitude de sous-systèmes requis pour un système ferroviaire. Au Canada, la participation d'Alstom au Réseau express métropolitain (REM) de Montréal en est une bonne illustration. Alstom a conçu avec son client CDPO Infra le système adapté à ses besoins et assure, en plus de fournir le système de métro automatique léger et 30 ans d'exploitation et maintenance, les essais d'intégration de tous les sous-systèmes incluant ceux du génie civil du projet.

Enfin, « il n'existe pas de changement de cette ampleur sans volonté et soutien des gouvernements et des autorités, explique Xavier Boisgontier. Tout changement implique une appropriation d'un nouveau modèle et requiert deux actions macroscopiques. D'abord tester de nouvelles plateformes pour les amener à maturité et faire la démonstration de

SOURCE:
Alstom / C. Fleury

La propulsion verte, l'alternative ferroviaire pour lutter contre le réchauffement climatique

leur viabilité, technique, industrielle, économique et sociale tout en développant l'écosystème local. Ensuite, promouvoir et valoriser ce changement en donnant accès à la technologie en délivrant des incitations vertes pour changer de modèle et permettre aux opérateurs et agences de transport de s'approvisionner de manière plus responsable. »

et doivent être poursuivis. Mais tous les rapports indépendants montrent que cela sera insuffisant pour atteindre les objectifs relatifs aux émissions de carbone d'ici 2050. La saturation actuelle des réseaux de transports routiers urbains et des installations aéroportuaires des grands centres nécessite le développement d'autres modes de transport que la voiture ou l'avion. Le rail est une solution complémentaire et

La saturation actuelle des réseaux de transports routiers urbains et des installations aéroportuaires des grands centres nécessite le développement d'autres modes de transport que la voiture ou l'avion.

L'industrie ferroviaire – transport de passagers, navettes automatiques d'aéroport ou fret – peut prendre une place encore plus importante dans la lutte contre le réchauffement climatique grâce à son empreinte carbone faible. Elle peut être encore plus efficace grâce à la propulsion verte et à des solutions toujours plus intelligentes. Les efforts du Canada et des États-Unis pour favoriser l'utilisation des voitures électriques individuelles sont extrêmement positifs

d'avenir. Fort de ses capacités d'innovation, avec ses installations et ses compétences dans la conception et la production de systèmes ferroviaires verts et intelligents jusqu'à leur exploitation, maintenance, modernisation et valorisation, Alstom est un acteur engagé à aider l'ensemble des parties prenantes de la mobilité québécoise et nord-américaine dans cette aventure. Une aventure qui doit définir les manières de se déplacer sur le continent pour les cent prochaines années. |

L'innovation nous transporte.

On recrute, embarques-tu?



Découvre nos postes

 **STL** Société de transport de Laval /carrière



Conception de tables tournantes ferroviaires : comment innover ?

Faouzi Méribout et Patrice Pagé
Norda Stelo

Les tables tournantes existent depuis les années 1830 environ, mais de nos jours, celles-ci doivent s'adapter à de toutes nouvelles exigences, dont nous vous ferons part dans le présent article. Nous tenterons également de répondre à la question : comment les transformer sans engendrer des coûts exorbitants et en minimisant les temps d'arrêts ?

Une table tournante ferroviaire (ou plaque tournante ou une timonerie de chemin de fer) est un système permettant d'opérer une rotation des équipements ferroviaires, généralement des locomotives, qui sont limités à un mouvement rectiligne. Ces tables tournantes se retrouvent principalement dans un dépôt ou dans une gare terminus.

Lorsqu'un module ferroviaire se trouve réorienté vers l'entrée souhaitée du bâtiment, il peut ensuite doucement cheminer jusqu'à destination pour y recevoir des travaux d'entretien mécanique. On se sert aussi d'une table tournante pour faire pivoter à 180° un module ferroviaire afin qu'il puisse repartir ensuite dans la direction inverse.

Par ailleurs, les plaques tournantes sont très utiles pour faire pivoter les voitures d'observation des trains « touristiques », de sorte que leur salon vitré soit orienté face à l'arrière du train pour offrir une meilleure vue.

Fonctionnement

Une table tournante comprend typiquement une fosse circulaire dans laquelle tourne un pont en acier. Le pont est généralement soutenu et équilibré par un pivot central. Un rail en acier est souvent installé autour du plancher de la fosse et soutient les extrémités du pont lorsqu'une locomotive y entre et en sort. Les tables tournantes disposent d'un mécanisme de verrouillage qui aligne les rails du pont avec la voie de sortie. La rotation du pont peut être faite soit manuellement (platine « Armstrong »^[1]^[2]), soit par une source d'alimentation externe, ou soit par le système de freinage de la locomotive elle-même.

Les nouvelles générations de locomotives sont de plus en plus lourdes, ce qui requiert des tables tournantes capables de supporter leur poids substantiel. Ainsi, de sérieux travaux d'adaptation des équipements non modernisés s'imposent.

Le défi : une nouvelle ère d'équipements à soutenir

Les nouvelles générations de locomotives sont de plus en plus lourdes, ce qui requiert des tables tournantes capables de supporter leur poids substantiel. Ainsi, de sérieux travaux d'adaptation des équipements non modernisés s'imposent.

Une solution novatrice

Lors du remplacement d'un pont construit il y a plusieurs années, la hauteur des poutres doit en principe être rehaussée pour permettre de répondre aux nouvelles charges imposées par les locomotives récentes. La hauteur des poutres du pont est fixée en fonction de la charge de la locomotive la plus lourde.

Par ailleurs, les experts du GIFA ont recours à des logiciels spécialisés d'analyse globale de la structure pour définir des poutres à âme et géométrie variables [...]

Face à ce défi, lors du remplacement d'une table tournante existante, les organisations doivent en principe faire creuser des fondations plus profondes pour respecter les standards de hauteur de table en fonction des charges imposées par la locomotive, ce qui représente 40 % à 60 % du coût total des travaux de remplacement. En plus des frais de transformation et d'adaptation, il faut ajouter les coûts associés à la période d'arrêt des activités qui nécessite l'utilisation d'une grue pour la manutention des locomotives en attendant et qui peuvent être élevés. Que la flotte appartienne à une compagnie de services ferroviaires ou à une organisation d'un autre type, comme une compagnie minière, ces coûts additionnels ne sont généralement pas les bienvenus.

Toute table tournante doit répondre à la norme AREMA « Manual for Railway Engineering »^[3]. Cette norme spécifie les exigences pour les cas de chargement, les limites de résistances, les exigences de conception et fabrication, les critères de qualité et plus encore.

Afin d'éviter de creuser la fondation existante pour permettre l'installation d'un pont avec poutres de hauteur supérieure, ce qui est très coûteux et long à réaliser, les spécialistes de la gestion de l'intégrité et de la fiabilité des actifs (GIFA), proposent une nouvelle approche.

Ces spécialistes sont habitués à modifier des équipements existants de différentes natures pour les adapter à de nouvelles exigences, dans des contextes pouvant même avoir un impact sur la sécurité publique. Pour ce faire, d'abord ils utilisent des matériaux à résistance supérieure, soit par une meilleure composition chimique, ou ayant reçu des traitements spéciaux. À titre d'exemples, nommons l'acier à haute performance avec résistance supérieure aux chocs et l'acier à limite d'élasticité rehaussée, qui en plus confèrent tous les deux une même facilité de soudage et de pliage que les matières habituelles.

Par ailleurs, les experts du GIFA ont recours à des logiciels spécialisés



Les infrastructures créent des opportunités pour tous

Ouvrir la voie vers un avenir plus durable
Partout au Canada, nous travaillons à renforcer les communautés, à améliorer l'accessibilité et à préserver notre planète.

Nous offrons l'opportunité que vous cherchez?
Joignez-vous à notre équipe.

Offrir un monde meilleur

AECOM



aecom.com/ca/fr

d'analyse globale de la structure pour définir des poutres à âme et géométrie variables, au lieu d'utiliser des poutres d'acier laminé standards, ce qui est aussi novateur.

Ils se servent aussi de logiciels d'analyse locale pour déterminer les concentrations de contraintes dans les assemblages et éliminer les amorces de fissures à la fatigue.

Ils recommandent la production d'une poutre de type sommier fabriquée avec l'aide de plaques pliées et arrondies, au lieu d'une poutre d'acier laminé standard, pour l'installer aux extrémités de la table tournante, comme dans le cas des ponts roulants de levage industriel.

Enfin, ils suggèrent également de sortir les roues à l'extérieur de la table, contrairement à la pratique habituelle d'intégration des roues dans les poutres.

Rappelons que l'ensemble des améliorations ci-dessus mentionnées ont pour but de conserver la hauteur des poutres transversales existantes, et d'éviter de creuser des fondations plus

profondes, tout en permettant le passage de nouvelles locomotives plus lourdes. Cette méthode comporte aussi l'avantage de réduire le temps des travaux et de permettre une reprise des activités après seulement une semaine. Les installations sont ensuite modernisées pour les 50 prochaines années à venir.

Conclusion

Il est parfois utile de prendre du recul afin de repenser les façons de faire en s'appuyant sur une équipe composée d'expertises diversifiées, capable de proposer de meilleures solutions innovantes. Les organisations sont de plus en plus conscientes des gains significatifs de refaire du neuf dans l'existant (ingénierie « Brownfield ») en récupérant certaines parties, au lieu de recommencer à neuf. Brown is the new Green™! De plus en plus d'ingénieurs se spécialisent dans les conceptions avec contraintes de l'environnement existant. En plus des avantages opérationnels et financiers, on peut également tirer des bénéfices relativement à la responsabilité sociétale (RSE).

1 — McGuirk, Marty (2002). Le guide du modélisateur ferroviaire des terminaux d'entretien des locomotives (1ère éd.). Waukesha, WI : Livres de Kalmbach. p. 41. ISBN 0-89024-414-6 — via Google Livres. Un levier a été installé aux deux extrémités du pont et la table a été déplacée à la main, une méthode communément appelée « Armstrong ».
2 — « Platine tournante ». American-Rails.com. Récupéré le 31 janvier 2021.
3 — AREMA, Manual for Railway Engineering, Volume 2, Chapitre 15, partie 8 – Miscellaneous.
4 — https://fr.wikipedia.org/wiki/Plaque_tournante



Connecter la communauté

Le District Central, un quartier dynamique de trois kilomètres carrés au fort potentiel de densification. Dans moins de vingt ans, d'ici 2040, on estime qu'il pourrait comprendre 40 000 travailleur-euses et 21 600 résident-es, qui effectueraient 147 000 déplacements quotidiens. C'est dire que le secteur est un pôle d'emploi majeur à Montréal, mais aussi un milieu de vie dynamique en devenir qui nécessite un développement urbanistique encore plus fort pour assurer son avenir. Le quartier compte également trois gares de trains de banlieue, deux stations de métro et, éventuellement, à proximité d'une station du REM. C'est dire qu'il y aura

Cette « connexion du territoire » dépasse grandement la simplification de l'accès aux transports collectifs. Elle vise à connecter les gens au sein d'une communauté et favoriser la dynamique territoriale d'un quartier. La vision mise de l'avant par la SDC et sa communauté vise également à favoriser l'appropriation territoriale par la création de trois pôles interagissant entre eux (Pôle central, Pôle Saint-Laurent et Pôle de divertissement). La création de ces noyaux favorisera à terme les déplacements actifs des résident-es, créant ainsi des expériences au cœur de lieux animant la vie économique, sociale, culturelle et communautaire du quartier. La connexion territoriale sera, à cet égard, fondatrice d'une véritable dynamique urbaine du quartier.

[...] connecter les gens au sein d'une communauté et favoriser la dynamique territoriale d'un quartier.

un « hub » de transport extrêmement porteur, à la fois pour les résidents et les entreprises. L'objectif de la proposition de la SDC est à cet égard de bonifier et de dynamiser la connexion du territoire, et donc le milieu de vie du District Central. Cette vision est arrimée, notamment, par la création d'une « Aire TOD » (Transit-Oriented Development) proposée au début des années 1990 par l'urbaniste Peter Calthorpe (cf. Carlton, 2007). Le concept d'une Aire TOD est de favoriser l'utilisation des transports collectifs par l'aménagement des zones résidentielles et d'activités économiques afin qu'ils soient accessibles à distance de marche par les résident-es et travailleur-euses. Cela doit permettre, à terme, à ces derniers d'avoir accès à leurs lieux de travail ou de consommation et, inversement, à attirer les personnes désirant y consommer ou y travailler.

Tisser le territoire

Cette connexion territoriale devra reposer sur plusieurs socles de développement urbanistiques majeurs, qui dépassent le simple accès aux transports collectifs, bien que ces derniers en constituent la colonne vertébrale. Ces axes proposés par la SDC sont interreliés et visent à générer des impacts positifs pour la dynamique socioéconomique du quartier.

L'un des piliers majeurs de cette vision est évidemment la mobilité, et plus spécifiquement sa « transversalité », c'est-à-dire la fluidité des usages de l'utilisation des transports collectifs, à échelle humaine, en tenant compte autant de considérations pragmatiques comme la sécurité des usagers piétons ou

Trois gares en plein cœur d'un quartier d'affaires en effervescence

Ianik Marcil
District Central

du Réseau express métropolitain (REM) à proximité. Déjà un quartier d'affaires effervescent, ces infrastructures ouvrent la porte à le dynamiser davantage, en créant un véritable milieu de vie citoyenne, d'affaires et communautaire.

Tablant sur ces atouts, la Société de développement commercial (SDC) District Central, catalyseur et porte-voix de la communauté d'affaires d'Ahuntsic-Cartierville à Montréal, propose une vision intégrée du développement du secteur, allant au delà de la mobilité urbaine en englobant des pôles majeurs d'activité tout en s'appuyant sur des axes concrets favorisant le succès du projet à long terme.

Le District Central est un quartier situé au carrefour de plusieurs infrastructures de transport collectif : trois gares de train de banlieue, deux stations de métro et, bientôt, une station

Trois gares en plein cœur d'un quartier d'affaires en effervescence

cyclistes ou de l'intégration de la station du REM que de l'adaptation à notre nordicité. Mais c'est aussi favoriser la compacité et la mixité des usages du parc immobilier en développant une proportion plus importante du résidentiel tout en tablant sur la prédominance des usages commerciaux et industriels, base du pôle emploi du District central. Cela ne peut être réalisé que par une intégration dynamique et harmonieuse de la mixité urbaine sur l'ensemble du territoire.

Ces considérations pragmatiques, voire utilitaires, ne peuvent faire l'économie d'une vision plus large de la vitalité du quartier. À cet égard, la proposition de la SDC intègre des considérations élaborées sur le développement de la communauté, en misant sur le développement du terrain vacant 50-150 de Louvain Ouest de 650 000 pieds carrés situé en plein cœur du District Central. Un lieu qui permettrait à tous les citoyens et les citoyens corporatifs d'y converger, d'y vivre, d'y travailler et de s'y divertir.

Tout ceci devrait s'inscrire dans la monumentalité du quartier, créant une identité particulière et attractive, qui serait complétée par un espace vert d'envergure. Ce dernier s'inscrirait dans une trame verte, s'inscrivant, par exemple, dans un réseau de parcours entre plusieurs espaces verts dynamisant la vie communautaire.

Au final, l'objectif serait de créer un tissu urbain qui conjugue autant la mobilité des gens que leur vie ancrée dans le développement de la dynamique socioéconomique du quartier. Tisser le territoire, développer la connexion territoriale, c'est, à terme, semer les germes de l'essor d'une communauté à échelle humaine.


Créer une communauté

La vision concertée proposée par la communauté du District Central cherche donc à offrir autant aux citoyen-nes

qu'aux travailleur-euses qui y passent leurs journées, un milieu de vie dynamique et invitant.

Y vivre, y travailler ou y consommer, c'est contribuer à créer une communauté dynamique autant que pérenne. Les trois gares, les deux stations de métro et, à proximité, une station du REM du District Central constituent le terreau dans lequel s'épanouira le futur du quartier. En allant au-delà des considérations de mobilité active et en y intégrant une planification globale, ce projet pourrait à terme assurer un développement communautaire pérenne. Car le substrat urbanistique d'une Aire TOD c'est aussi, sinon d'abord, s'assurer du développement à échelle humaine d'un quartier. Un défi majeur auquel font face nos villes est ce développement. Car il faut bien admettre que la concurrence est vive. Les développements immobiliers clefs-en-main dans les banlieues rapprochées des métropoles pèsent lourd dans la balance. En revanche, les métropoles comme Montréal ont justement un atout de taille en tablant sur le potentiel de développement de la dynamique de leurs quartiers et particulièrement en s'appuyant pour se faire sur leurs infrastructures et leurs équipements existants ou en cours de développement.

À cet égard, en s'appuyant sur ses actifs présents et à venir, le District Central mise sur ces atouts pour dynamiser à la fois sa vie communautaire et l'effervescence acquise de ses acteurs économiques. En mettant de l'avant des pôles de développements intégrés l'un à l'autre dans une logique de connexion territoriale, cela lui permettra de contribuer à continuer de faire de Montréal une métropole nord-américaine du 21^e siècle, pour reprendre les mots de Calthorpe (1993). Une vision urbanistique qui s'ancre dans une vision communautaire, économique et écologique. Ces trois éléments sont indissociables l'un l'autre. La mobilité



[...] offrir autant aux citoyen-nes qu'aux travailleur-euses qui y passent leurs journées, un milieu de vie dynamique et invitant.

Un village urbain

Dynamiser et développer un quartier d'affaires et de vie, c'est créer un village urbain. L'entrée de plain-pied dans le futur du 21^e siècle pour une grande ville repose d'abord sur l'interconnexion territoriale de plusieurs de ces pôles, de ces villages urbains. Plus précisément, de places de villages, comme celles qu'a vu l'Europe se développer à compter du Moyen Âge. Places de marché, places d'échanges culturels, mais aussi places de vie communautaire.

Au final, il s'agit de développer, voir de créer, des espaces de vie qui répondent à des exigences d'interrelations et d'échanges de toutes sortes. Le District Central cherche, somme toute, à devenir ce lieu en tablant sur ses actifs. |

Calthorpe, Peter (1993), *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*, Princeton, Princeton Architectural Press.

Carlton, Ian (2007), *Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the Development of the*

TOD Concept, Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, University of California.

SOURCE:
District Central



Étagement ferroviaire Casavant, à Saint-Hyacinthe : une réalisation innovante et unique dans le monde ferroviaire au Canada

RomiAnne Beaudoin, Raffi Guiragossian et Youssef Maalouf, **AECOM**
Véronique Lapalme, **CN**

La Ville de Saint-Hyacinthe souhaitait depuis longtemps parachever le boulevard Casavant, discontinu de part et d'autre de l'emprise ferroviaire du CN, afin de relier le nord de la ville au secteur Douville et ainsi désenclaver une partie de son territoire. En partenariat avec le CN, le projet d'étager les deux voies ferrées s'est concrétisé d'une manière unique et innovante dans le domaine ferroviaire au Canada.

Un défi de taille

L'analyse préliminaire a permis de soulever les enjeux techniques particuliers et les principales contraintes, soit la nature très sensible des sols argileux en place et le maintien de la circulation ferroviaire : **exigence primordiale du CN.**

Le secteur est composé de sols argileux sensibles à la liquéfaction, ayant une faible capacité portante. De plus, la présence du ruisseau Plein Champ dans l'axe du boulevard Casavant projeté nécessitait la déviation du cours d'eau préalablement aux travaux de la structure, soulevant la complexité de devoir construire trois **ponceaux par fonçage dans l'argile** sous une voie ferrée active sans altérer la stabilité de la structure ferroviaire.

Le maintien de la circulation ferroviaire est habituellement assuré par la construction de voies temporaires, afin d'y dévier les convois et permettre la construction de l'ouvrage. En raison de la géométrie ferroviaire, il aurait fallu construire deux voies ferrées temporaires d'une longueur approximative de 1 km. De plus, étant donné la faible capacité portante des sols en place, cette déviation aurait dû être aménagée sur un immense remblai léger temporaire. Compte tenu du coût de la déviation, supérieur à celui de l'ensemble du projet, et de l'absence de données techniques sur le comportement en fatigue du remblai léger sous les charges ferroviaires, la déviation n'était pas envisageable.

Une approche innovante

Face aux multiples contraintes, la construction d'un pont d'étagement ferroviaire en **sous-œuvre** a été proposée. Cette méthode inusitée est une réalisation audacieuse dans le monde ferroviaire au Canada, pour un projet de cette envergure (chemin de fer de classe 1).

Les sols argileux et leur faible capacité portante ont été compensés par l'érection de deux **plateformes de travail en remblai léger**, afin de permettre le transport et le positionnement des équipements aux

abords des voies ferrées, tout en protégeant les câbles de signaux, de communication et de fibres optiques, qui longeaient les voies ferrées, et ainsi permettre la réalisation des travaux selon les différentes phases du projet.

Afin de ne pas perturber les opérations ferroviaires, les travaux ont été réalisés par blocs de travail (périodes où il n'y a pas de trains sur une des voies ferrées), majoritairement de nuit. Tous les trains prévus durant les blocs de travail circulaient sur une des voies maintenues en service, permettant l'installation en sous-œuvre des éléments du pont, selon l'ordonnancement établi sur l'autre voie, et vice-versa, par la suite. **Une planification rigoureuse des phasages et une construction modulaire par éléments préfabriqués ont permis que chaque élément du pont puisse être installé lors des blocs de travail.** De plus, en raison du passage de trains en continu près des aires de travail et pour une question de sécurité, il a été nécessaire de supporter la voie active, par l'installation, à travers le ballast, de palplanches entre les deux voies ferrées. Malgré ces précautions, chaque passage de trains nécessitait l'arrêt des travaux et le retrait des équipements, et constituait une réelle course contre la montre.

Une fois le pont assemblé sous les voies ferrées, le sol sous-jacent a été

Étageage ferroviaire Casavant, à Saint-Hyacinthe : une réalisation innovante et unique dans le monde ferroviaire au Canada

excavé en paliers, pour tenir compte des contraintes géotechniques et compléter les contreventements, révélant au grand jour la structure enfouie et **réalisée en sous-œuvre**.

Un ordonnancement clé

La réussite du projet est directement liée à la programmation méticuleuse des phases de projet, intégrant la prise en compte des contraintes majeures du site et la gestion des risques associés dans chacune des trois phases :

- Phase 1 : Déviation du ruisseau PleinChamp (2017-2018)
- Phase 2 : Construction de deux plateformes de travail en remblai léger (2018-2019)
- Phase 3 : Construction du pont ferroviaire en sous-œuvre (2019-2020)

Ce phasage a été élaboré pour permettre la réalisation des travaux de façon optimale en morcelant le projet, afin d'assurer la faisabilité technique et la gestion des risques, le tout, sans causer d'interruption des opérations ferroviaires, et permettant même une accélération des travaux de près d'une année par rapport à l'ordonnancement initial.

Une réalisation unique

Les points forts du projet se traduisent notamment par les défis suivants, relevés lors de sa réalisation :

Maintien du trafic ferroviaire

- Travaux effectués sous des voies ferrées actives d'une des subdivisions les plus achalandées du CN.

- Organisation et planification optimisées : 87 blocs de travail de courte durée (6 heures, en moyenne), sur une des 2 voies ferrées, majoritairement de nuit, +/- 24 trains/jour et 6 trains/nuit.

- À chaque train sur la voie adjacente : arrêt des travaux et retrait des équipements (interruption moyenne : 15 min/train).

- Une discipline exemplaire de tous les intervenants était requise, pour enlever la voie, excaver le sol avec précision, ne pas endommager les pièces déjà installées, réaliser les travaux, remblayer et remettre la voie en service.

Nature des sols :

- Pieux battus à travers le ballast, jusqu'à une profondeur moyenne de 18 m dans l'argile. Les pieux constituaient également les piles du futur pont, et le moindre désalignement n'aurait été constaté qu'au moment de l'excavation et aurait été presque impossible à corriger. La confection d'un gabarit de fonçage a assuré la précision requise;

- Travaux réalisés avant l'excavation de masse de l'argile. Méthodes adaptées pour ne pas liquéfier l'argile et compromettre les voies ferrées ainsi que la portion du pont déjà construite enfouie dans le sol.

Temps d'exécution

- Différentes techniques ont été mises à profit, afin d'assurer une productivité maximale et d'accélérer le rythme de réalisation des travaux, notamment les suivantes : équipements prévus en double, pour faire face à des situations de bris ou de panne; plusieurs quarts



de travail en simultané; utilisation de systèmes préassemblés; gabarit pour battage des pieux, selon les angles requis; démantèlement et remise en place de la voie par panneau.

Un projet structurant pour la communauté

Attendu depuis longtemps de la part des Maskoutains, le raccordement du boulevard Casavant d'ouest en est, rendu possible par la construction de l'étageage ferroviaire, constitue une réalisation particulièrement structurante pour la Ville de Saint-Hyacinthe, en permettant de relier les différents secteurs de la municipalité et d'offrir une accessibilité accrue au parc industriel Olivier-Chalifoux, aux grandes surfaces commerciales et au quartier des études supérieures (Faculté de médecine vétérinaire, Institut de technologie agroalimentaire et Cégep de Saint-Hyacinthe). Ce nouveau lien routier central offre une alternative au lien existant du passage à niveau sur le chemin Grand Rang, ce qui avantage grandement tous les usagers (automobilistes, cyclistes et piétons).

Le transport des biens et services est maintenant facilité, et la fluidité de la circulation est grandement améliorée. Ces deux éléments étaient d'ailleurs un des enjeux majeurs qui devaient être solutionnés dans le cadre de ce projet, car d'importantes congestions de la circulation étaient déjà observées dans ce secteur, aux périodes de pointe, notamment en raison de la forte augmentation de la population observée au cours de la dernière décennie et qui ne cessera de progresser au cours des prochaines années. **Ce nouveau lien routier permet à la Ville de Saint-Hyacinthe d'envisager la poursuite des développements résidentiels et économiques dans le secteur ouest de**

Étagement ferroviaire Casavant, à Saint-Hyacinthe : une réalisation innovante et unique dans le monde ferroviaire au Canada

la municipalité. En plus de créer des emplois, de bâtir des collectivités plus propres et plus inclusives, la réalisation de ce projet se voulait une porte d'entrée pour la création de centaines d'autres projets. Les retombées positives pour la communauté sont indéniables.

Hyacinthe est située dans une région où le développement de l'agriculture et la protection des terres constituent évidemment une priorité.

La préfabrication de la majorité des éléments et leur livraison, en grande partie

[...] l'absence de la déviation des voies ferroviaires a permis d'éviter un empiètement important sur des terres agricoles adjacentes à l'emprise ferroviaire, soit une superficie d'environ 9320 m².

Enfin, plus de 75 % du projet a été réalisé par des acteurs locaux et des matériaux québécois, et la méthode de travail en sous-cœuvre a permis de réduire les coûts de construction de l'ordre de 70 %.

En ce qui a trait à l'environnement, l'absence de la déviation des voies ferroviaires a permis d'éviter un empiètement important sur des terres agricoles adjacentes à l'emprise ferroviaire, soit une superficie d'environ 9320 m². Rappelons que la ville de Saint-

par voie ferrée, ont permis de limiter le camionnage et ses effets sur les réseaux routiers (congestion, entretien, etc.).

Le remblai léger a été récupéré pour utilisation ultérieure, et une partie des sols des travaux d'aménagements temporaires a été réutilisée par la Ville, ce qui s'est avéré judicieux, au chapitre des coûts, et avantageux pour l'environnement, en éliminant le transport de ces matériaux sur une longue distance.■



Quatre façons dont exo réduit l'empreinte environnementale de ses opérations ferroviaires

Daniel Koudolo, Paul Dorval
EXO

Daniel Koudolo et Paul Dorval d'exo, l'organisme de transport en commun qui exploite le réseau de trains de banlieue dans la région du Grand Montréal, détaillent quatre initiatives différentes et novatrices qui permettent à exo de réduire son empreinte environnementale en prévenant plusieurs tonnes d'émissions de GES chaque année.

Avec cinq lignes de trains de voyageurs qui exploitent 206 wagons et 41 locomotives, exo a entrepris plusieurs initiatives pour réduire l'empreinte environnementale de ses activités. Ces actions s'alignent sur l'objectif d'exo d'en faire encore plus pour promouvoir tous les aspects du développement durable, tel que décrit dans son Plan d'action pour le développement durable. Suivent quatre initiatives qui permettent à exo de fournir des services de trains de banlieue non seulement efficaces et agréables, mais aussi respectueux de l'environnement.



La 16e conférence mondiale sur les transports aura lieu à Montréal du 17 au 21 juillet 2023.

Soyez-y! <http://wctr2023.ca>

Une invitation du



Nouvelles locomotives à faible impact environnemental

Le 28 janvier 2022, exo a annoncé qu’elle avait attribué un contrat, d’une valeur d’environ 132 millions de dollars canadiens, à Siemens Mobility pour l’achat de 10 locomotives Charger.

Dans les appels d’offres, exo a imposé des exigences très strictes en matière de performance environnementale. Les locomotives devaient être équipées d’un moteur conforme aux normes d’émissions de niveau 4 établies par l’Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis. Le modèle Charger répond à ces normes, qui sont les plus strictes de l’industrie, en plus d’avoir une faible consommation de carburant et la capacité de fonctionner au biodiesel. Cela en fait l’une des locomotives diesel les plus respectueuses de l’environnement dans l’industrie du transport de passagers.

Les tests d’émissions d’hydrocarbures (THC), de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de carbone (CO₂), d’oxydes

La première locomotive Charger devrait être livrée en 2025. Les neuf prochaines locomotives arriveront peu de temps après. L’une des initiatives clés du Plan d’action pour le développement durable permettra à exo d’améliorer sa performance environnementale.

Exo continuera de s’intéresser aux fabricants de locomotives afin de suivre les avancés des nouvelles technologies développées. L’objectif est de continuer à s’efforcer de réduire l’empreinte environnementale des opérations de transport en commun d’exo tout en continuant à fournir un service de haute qualité aux utilisateurs avec des technologies qui répondent aux normes les plus élevées de l’industrie ferroviaire.

Plan d’optimisation de la flotte

Une gestion optimale de la flotte est un moyen concret de promouvoir l’économie de carburant et de minimiser les émissions de polluants atmosphériques. L’ajout d’une voiture à un train augmente son poids total

d’environ 10 %. Cela signifie que plus d’énergie est nécessaire pour tirer la voiture supplémentaire, ainsi que pour faire fonctionner ses systèmes de chauffage et de climatisation, son éclairage et tous les autres systèmes auxiliaires embarqués tels que les systèmes d’information dynamiques. Par rapport au transport de marchandises, le transport de passagers implique des besoins énergétiques précises car il doit utiliser l’énergie électrique de la locomotive.

Une gestion optimale de la flotte est un moyen concret de promouvoir l’économie de carburant et de minimiser les émissions de polluants atmosphériques.

d’azote (Nox), d’ammoniac (NH₃), d’oxyde nitreux (N₂O), de méthane (CH₄) et de particules (PM) démontrent la conformité des locomotives Charger aux normes EPA Tier 4 pour les locomotives. La performance environnementale de la Charger se démarque donc des locomotives de niveau 0 actuelles, c’est-à-dire celles fabriquées avant 2001, ce qui réduit les émissions de polluants de 95 % et les émissions de gaz à effet de serre (GES) de 89 %.

C’est pourquoi exo a développé un plan de déploiement pour optimiser le nombre de voitures sur chaque train en fonction de leurs chiffres d’achalandage, tout en respectant les contraintes opérationnelles inévitables. Il s’agit notamment de s’assurer que suffisamment de wagons sont utilisés pour garantir les performances de freinage et qu’une voiture avec des capacités de poussée-traction est positionnée à l’extrémité du train.

De cette façon, les trains sont configurés avec le nombre de voitures nécessaires pour transporter les passagers tout en respectant les normes de confort d’exo, c’est-à-dire une occupation maximale de 100 % pour les passagers assis et de deux personnes par mètre carré pour les passagers debout.

Emplacements des cours d’entreposage

Depuis plus de 20 ans, exo et son prédécesseur, l’Agence Métropolitaine de Transport, ont aménagé des parcs de stockage pour garer ses trains lorsqu’ils ne sont pas en service. Ces gares de triage sont stratégiquement situées à l’extrémité des lignes de train pour le stationnement de nuit et près du centre-ville pour le stationnement entre les périodes de pointe. Étant donné que faire circuler moins de trains vides signifie utiliser moins de carburant, minimiser les trajets inutiles pour les trains hors service réduit la consommation d’énergie et produit moins d’émissions de polluants atmosphériques.

Alimentations électriques pour les trains

Les wagons de voyageurs doivent être alimentés pour faire fonctionner leur chauffage, leur climatisation, leur éclairage et tous les autres systèmes embarqués. Lorsqu’elles sont en service, les locomotives fournissent cette énergie à

partir de leurs moteurs diesel. Cependant, lorsqu’elles sont garées pendant la nuit ou entre les périodes de pointe, les voitures doivent toujours être alimentées pour s’assurer, entre autres, qu’elles disposent d’un chauffage minimal, d’un éclairage pour le nettoyage et du fonctionnement de leurs systèmes auxiliaires. Il est important de noter que le chauffage et la climatisation sont essentiels pour les opérations d’exo, car les températures peuvent atteindre jusqu’à -30 °C en hiver et jusqu’à 35 °C en été dans la région de Montréal.

Pour éviter d’alimenter les trains par des locomotives stationnées dans les gares de triage pendant la nuit ou pendant la journée, des systèmes d’alimentation électrique sont installés sur chaque site. Chaque train stationné est relié à une alimentation électrique située à côté de chaque voie dans la cour de stockage à l’aide d’un câble de 480 volts. Ce système permet à exo d’économiser plus d’un million de litres de carburant chaque année. En plus de générer des économies substantielles, cette initiative permet également à exo de réduire les émissions de GES liées à ses opérations.

Améliorations continues

Ces quatre initiatives concrètes permettent à exo de réduire son empreinte environnementale en évitant plusieurs tonnes d’émissions de GES chaque année. Exo continue de trouver des moyens nouveaux et novateurs d’améliorer sa performance environnementale, tant en fournissant des services de train, d’autobus et de transport adapté qu’en développant ses infrastructures. Le Plan d’action pour le développement durable d’exo démontre son engagement à travailler encore plus fort pour avoir un impact positif sur l’environnement.



The role of Intelligent Transportation Systems and Advanced Intelligent computing for Rail Transport Optimisation

Ilham Benyahia, **Université du Québec en Outaouais, Gatineau**
Omar Abdul Wahab, **École Polytechnique de Montréal, Montréal**

Rail transport has long been the favorite mode of transport for both the transport of goods and long-distance passengers. In the context of pressing climate change issues, renewed interest in rail transport is resurfacing while considering integrations of emerging technologies to deal with limitations related to associated regulations and standards. Our objective in this study is to highlight this mode of transport for optimal mobility while analyzing some challenges related to cybersecurity issues. Directions of approaches are presented and discussed.

This paper is structured as follows. Section 2 presents the role of rail transport in MaaS (Mobility as a Service) concept recognized as a solution for mobility. Section 3 presents benefits of Intelligent Transport Systems technologies for rail transportation. Analyzes and discussions on cybersecurity issues and approaches based on advanced computing are presented in sections 4 and 5. Section 6 presents a conclusion.

Mobility based Rail Transportation

Although the use of trains has declined in recent decades due to insufficient investment in rail infrastructure, recent studies are still highlighting a renewed interest in this mode of transport. Opportunities to integrate emerging technologies are increasingly being considered to address various gaps such as interoperability to maintain reliable and secure operations.

Rail transport has often been seen as less polluting and therefore more suited to tackle environmental concerns. In this same context, the applications of Intelligent Transport Systems in relation to mobility with less negative impact on the environment. This is to encourage users to minimize the use of private vehicles for multimodal transport. To situate rail transport in relation to transit by bus, several studies were conducted for comparative purposes.

The role of Intelligent Transportation Systems and Advanced Intelligent computing for Rail Transport Optimization

The advantages of rail transport in terms of reliability, punctuality and transport capacity are highlighted. The results presented in ^[1] are rather defined from a tool that models all the criteria by costs. Nevertheless, an analysis of the nature of the criteria still underlines the importance of regulations ensuring the safety of rail transport in addition to its position in relation to the environment. It is difficult to establish substitutions by bus since rail traffic remains an excellent candidate for the success of MaaS to optimize mobility while minimizing the negative effects on the environment.

CBTC an essential component for rail transport

CBTC (Communication Based Train Control) systems are considered mature for the proper functioning of rail transport ^[2]. They allow efficient management of signaling, etc. New automatic train control technologies are being developed and future generations of CBTC systems will integrate train-to-train and train and infrastructure communications with the aim of making control more efficient. These are considered as innovations in this mode of transport.

TS and various innovations for better transport via the rail network

Several innovation techniques have been developed for rail network such as frugal innovation based on simple solutions. Other innovations concern information management, traffic distribution, reliable detection of trains to manage railway safety ^[3]. Some research activities consider efficient communications between trains and from trains to and infrastructures for safety such as transmission of real-time warnings from Crossroad to connected vehicles.

^[4] Describes the success of the first fully automated train which is long-distance heavyweight. The idea of autonomous trains is considered in several countries in Europe for more safety. Prototypes are being developed with tests particularly in France. The possibility of informing drivers of obstacles in real time represents an objective for trains safety.

It is worth noting that the standards in place must be considered to maintain basic security in any future innovation. This presents a first challenge which requires methodological studies and testing before any deployment.

Other challenges must be considered before the integration of ITS emergent technologies



Figure 1
Railway transportation- A valuable component of MaaS

SOURCE:
Ilham Benyahia,
Omar Abdul
Mounir Boumaza
(graphiste)

Advantages of ITS technologies for Rail Transport

Although rail transport operations are based on standards and regulations ensuring transport safety, it remains important to consider ITS services to optimize safety and mobility given emergent technologies.

The role of Intelligent Transportation Systems and Advanced Intelligent computing for Rail Transport Optimization

Communications between trains and infrastructure for security reasons may be subject to cybersecurity attacks such as DoS (Denial of Service) with dangerous impacts on passenger safety. The following section presents other cybersecurity challenges that need to be considered.

Advanced Railway and Cybersecurity Challenges

The deployment of ITS services presents promising solutions, but risks of attacks must be analyzed.

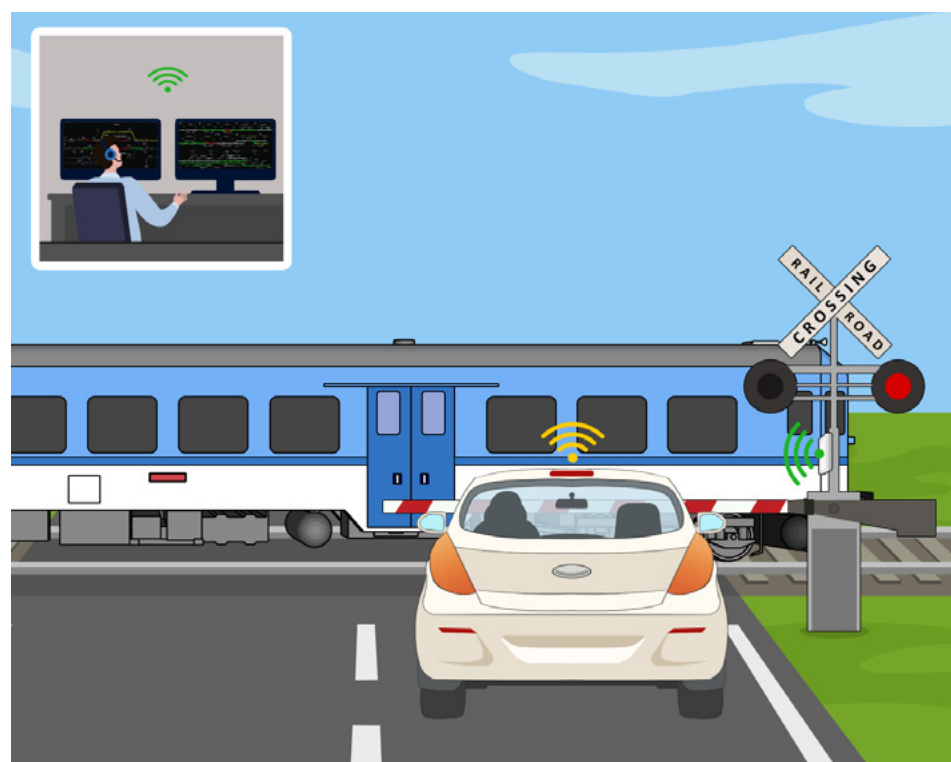
Real-time dispatching

The real-time dispatching consists of planning and rescheduling associations of trains to tracks according to events using advanced optimization algorithms. It considers new BCTC systems with communications between trains and infrastructure. However, any exchange of information risks DoS (Denial of Service) type attacks, which can affect transport security.

Real-time rescheduling hourly

Thanks to next BCTC, it will be possible to react to devices breakdowns remotely via Train & Train communications. ITS services allow schedules to be rescheduled, minimizing delays, and notifying users in real time. Attacks can alter these messages by changing schedules or stealing user identities.

Other attacks may take place on data storage units. Stolen data can be encrypted (ransomware) and used to demand a ransom payment from victims. An example of this situation is the German rail network in 2017 targeted by Wannacry. Data used for railway management computing techniques such as deep machine learning for collisions



predictions can be attacked regarding its integrity.

Advanced computing for Railway transportation- Analysis and Discussions

Advanced computing must be considered and integrated within railway transportation operations to address cybersecurity issues.

Promising deployments of rail network components

The success of MaaS applications is reflected in a combination of different modes of transport modes. The advantages of rail transport in this context are characterized by its flexible capacity, users' comfort, environmental friendliness, etc. ITS technologies will bring additional advantages.

Figure 2
ITS for intelligent
Crossroad Real-
time Warning

SOURCE:
Ilham Benyahia,
Omar Abdul
Mounir Boumaza
(graphiste)

The role of Intelligent Transportation Systems and Advanced Intelligent computing for Rail Transport Optimization

Some Advanced Computing to deal with issues

We highlight in the following table some examples of design processes or architectures presenting contributions for an optimal deployment of future generations of rail transport considering various risks.

ITS service and advanced technologies	Potential challenges and impacts	Category of advanced computer processing
Integrations with MaaS applications	Propagation of train delays on global journey	Real-time Dynamic Dispatching Algorithms
Advanced Communications for CBTC	Attacks such as DoS affecting the messages integrity	Model checking for assigning correctly trains to tracks and location.
Train & Train communications for remote control minimising failure times	Attacks on commands exchanged between trains	Define a segmentation strategy to restructure control systems into more controllable subsystems
Real-time information exchanges with subscribers	Identity theft of subscriber and train users	Develop a Defense in Depth strategy based on a hierarchical structure considering various segments to better secure data. Use and dynamic filters during transmissions.

Conclusion and recommendation

Rail transport remains one of the greenest transportation modes. It is relevant to consider its priority for mobility concepts such as Maas. However, more research studies and analyzes are required to maximize its distinctive advantages and deal with issues such as cybersecurity. The integration of ITS solutions offers many advantages both to reinforce security and to deal with maintenance problems through communications between trains and infrastructure.

To address cybersecurity attacks risks, elements of promising solutions were presented. Modular architectures to integrate solutions at design and maintenance stages are important.

Defining techniques for data collection regarding rail transport operations represent an important strategy to optimize the quality of any computer-based methods such as machine learning for collision predictions. Finally, sophisticated modelling and simulation techniques are necessary before any solution real deployment.

1—Avenali et coll, "Rail versus bus local public transport services : A Social Cost Comparison Methodology.", Transportation Research Interdisciplinaire Perspectives, volume 7, sept 2020
 2—B. Gao, B. Bu, X. Wang, "A Comprehensive Resilient Control Strategy for CBTC Systems Through Train-to-Train Communications Under Malicious Attacks" IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, pp19, 2022.
 3—B. Ning et al., "Intelligent railway in China", IEEE Intelligent Transportation Systems, Special issue, IEEE Pervasive Computing, pp 80-83, 2006.
 4—R. Carlos et al, "Freight Train in the Age of Self-Driving Vehicles. A Taxonomy Review, Journals & Magazines", IEEE Access, vol 10, pp 9750-9762, 2022.

PENSONS À L'AVENIR



Une Chaire québécoise dédiée à la transformation des transports

Martin Trépanier, Catherine Morency, Radhwane Boukelouha
Polytechnique Montréal
Emma Frejinger, Normand Mousseau, Danielle Maia de Souza
Université de Montréal

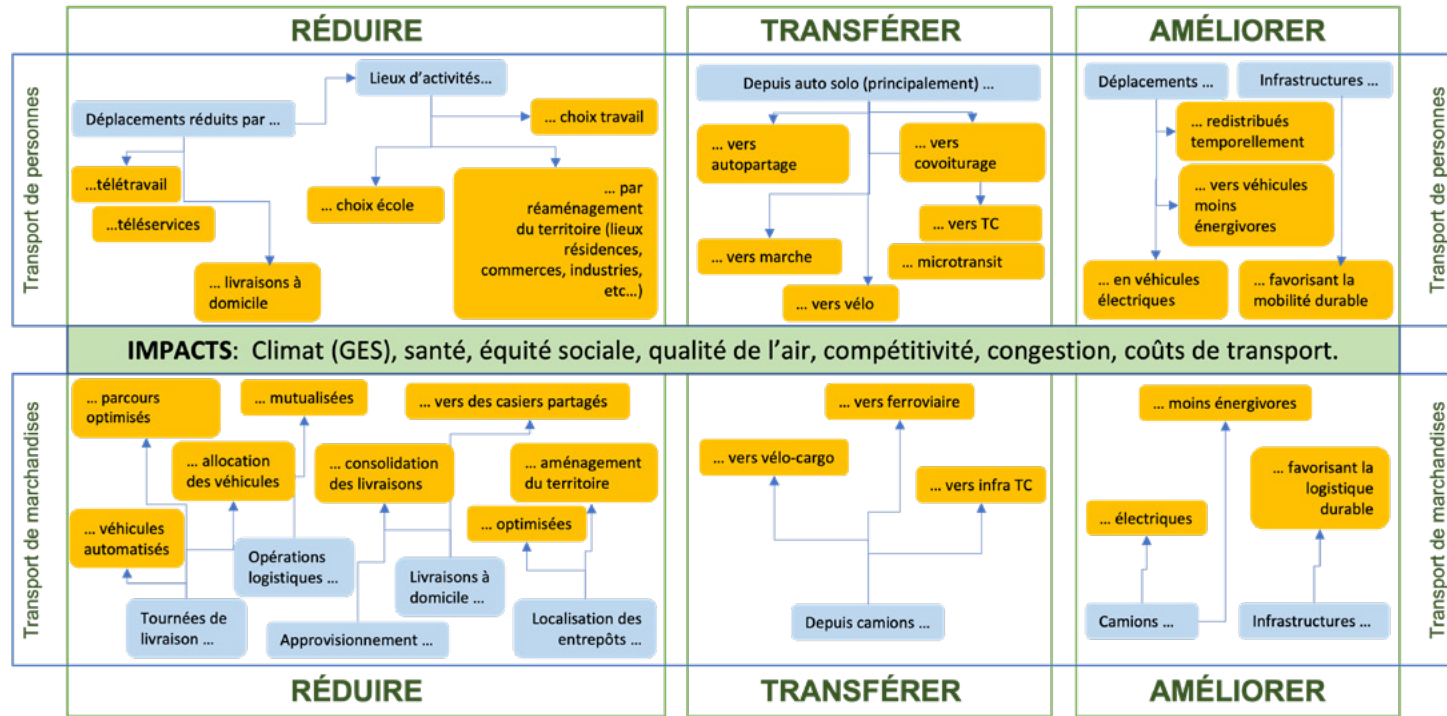
Aborder la transformation des systèmes de transports, qui comprend, entre autres, l'optimisation et l'amélioration des services disponibles, l'utilisation d'infrastructures et le changement du comportement des usagers, c'est évoquer l'un des enjeux les plus critiques de notre société. Ceci est particulièrement important dans le contexte actuel caractérisé par des conditions sanitaires, environnementales, politiques et socio-économiques des plus complexes.

Au Québec, le transport routier est responsable de 34 % des émissions de gaz à effet de serre (GES), qui ont augmenté de 60 % entre 1990 et 2019 ^[1]. Dans ce contexte, le gouvernement du Québec a fixé des objectifs de réduction de ces émissions d'ici 2030 pour lesquels il est difficile de formuler des pistes et de les opérationnaliser ^[2]. Afin d'atteindre ces objectifs, des mesures substantielles, impliquant tous les intervenants, sont nécessaires dans ce secteur.

Repenser de façon intégrée la transformation des transports

En réponse à un appel à projets du ministère de l'Économie et de l'Innovation, des professeur(e)s de l'Université de Montréal et de Polytechnique Montréal ont créé la Chaire en transformation du transport (CTT) en 2018. Ces experts appartenant à plusieurs champs disciplinaires sont réunis dans le but de caractériser la problématique des émissions de GES liées aux transports, de formuler des scénarios de rupture aptes à atteindre les cibles énoncées par le Québec, de développer des modèles et méthodes permettant d'évaluer rigoureusement les impacts de ces scénarios GES et autres impacts possibles, ainsi que de proposer des pistes pour l'opérationnalisation.

Intégrant les transformations sociales engendrées par la pandémie, les chercheurs et les partenaires de la CTT sont engagés dans le développement et l'étude des scénarios futurs menant à un système de transport innovant, durable, capable de s'adapter



aux conditions socio-économiques changeantes (Figure 1). Ces scénarios s'articulent autour de l'approche RTA (« Réduire-Transférer-Améliorer »), développée pour analyser l'offre et la demande de transport et mettre en œuvre des stratégies plus durables. Ils visent à réduire les déplacements des personnes et des marchandises, soit en remplaçant les déplacements par des activités virtuelles (par exemple, le télétravail, le téléservice), ou en réduisant la distance parcourue par les véhicules. Parallèlement, ces scénarios prospectifs visent le transfert de déplacements depuis l'utilisation de l'auto-solo vers des modes plus durables et à faible impact sur les changements climatiques, tels que les modes actifs et les modes virtuels. Enfin, ces scénarios visent l'optimisation du mouvement des véhicules par la réduction de l'empreinte de chaque kilomètre parcouru, en assurant une meilleure répartition temporelle des déplacements, en améliorant l'efficacité énergétique et l'occupation des véhicules ou en proposant des infrastructures de transport favorisant la réduction des impacts négatifs.

Transport des personnes et des marchandises ainsi que leurs interdépendances

La programmation scientifique de la CTT s'articule autour de trois axes de recherche, à savoir le transport des personnes, le transport des marchandises et leurs interdépendances (Figure 2). Outre l'accent mis sur la réduction des GES, le programme de recherche de la CTT vise une évaluation exhaustive des impacts de différents scénarios par l'inclusion de cinq priorités thématiques : le climat, la santé humaine, l'équité sociale, la qualité de l'air et la compétitivité pour soutenir l'innovation et l'efficacité économique.

Dans le cadre de l'optimisation et de l'amélioration des déplacements des personnes, plusieurs pistes sont explorées, comme la représentation des comportements des personnes au volant à travers le développement des cycles de conduite. Ce dernier a déjà permis de tester plusieurs méthodes sur des données GPS et d'en sélectionner une méthode qui fournit des cycles de conduite plus précis [3].

Figure 1 Démarche méthodologique générale de la Chaire, développement des scénarios prospectifs en transport en se basant sur l'approche RTA (« Réduire-Transférer-Améliorer »).

[...] le programme de recherche de la CTT vise une évaluation exhaustive des impacts de différents scénarios par l'inclusion de cinq priorités thématiques

La dépendance à l'automobile individuelle a suscité aussi l'intérêt des chercheurs de la CTT à travers un projet qui identifie les facteurs d'évolution de la motorisation des ménages et les facteurs psychosociaux responsables de cette dépendance, tout en évaluant la contribution des services de mobilité à sa réduction [4]. Parallèlement, le comportement des usagers du transport

simulation des scénarios de transport multimodal de passagers (métro, train, bus, tramway, funiculaire, téléphérique, voitures partagées, voitures de taxi, etc.) afin de déterminer leurs émissions de GES et leurs coûts et avantages pour la société. Dans ce contexte, des recherches sont également menées pour encourager les navetteurs à participer à des programmes

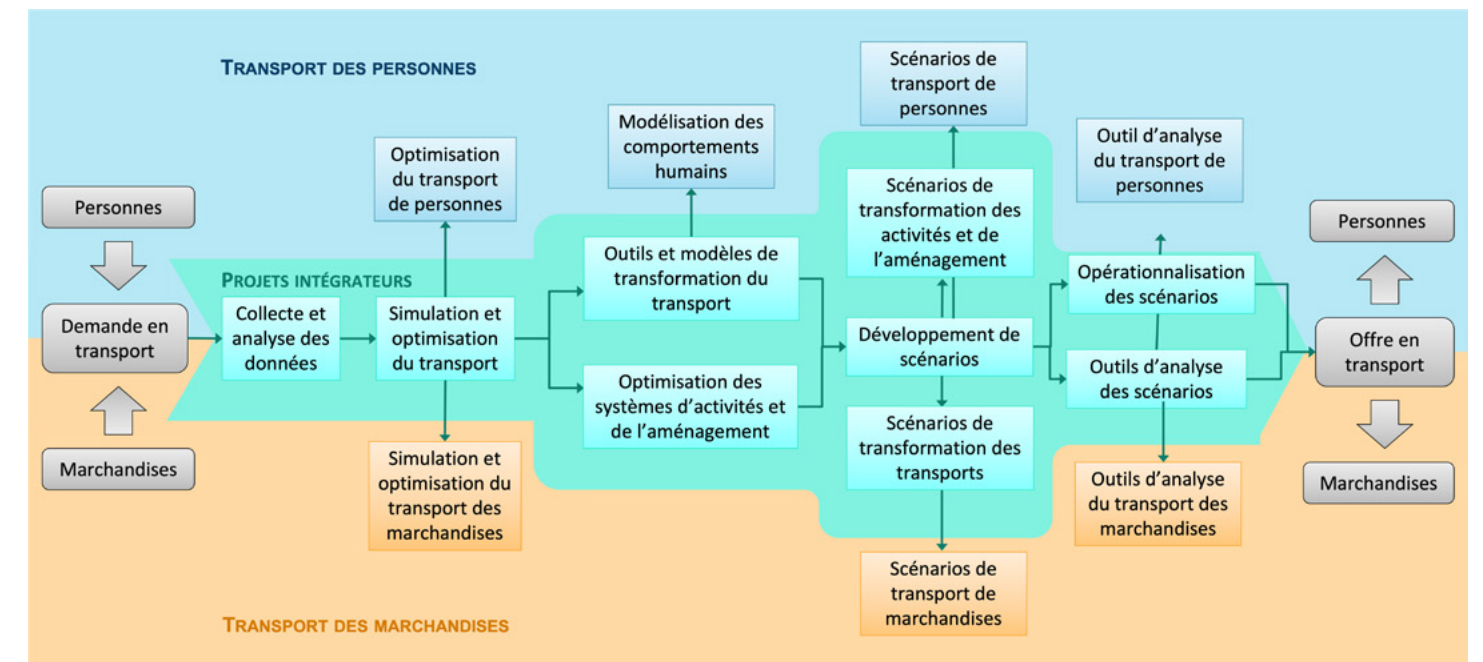
commun a été examiné dans le cadre d'une recherche qui analyse la variabilité individuelle d'utilisation du transport en commun en exploitant les données de cartes à puce de la Société de transport de Montréal (STM) [5].

de covoiturage en utilisant des facteurs liés au stationnement comme incitations. Enfin, la question du choix du lieu de résidence est également étudiée, afin de vérifier son impact sur les besoins en transport [7].

De même, un projet s'intéresse aux performances des services existants de transport à travers des outils de diagnostic spatio-temporels capables de capturer la distribution spatiale de l'offre et de la demande [6]. D'autres projets en cours visent à développer des outils de

Le transport de marchandises constitue également une activité inhérente pour le bon fonctionnement des zones urbaines, permettant l'approvisionnement des biens et services à ces zones. Le développement du commerce électronique, en particulier pendant la pandémie, a posé des défis logistiques importants aux entreprises.

Figure 2 Programmation scientifique de la Chaire avec ces trois axes de recherche : transport des personnes, transport de marchandises et projets intégrateurs.



L'un des projets de la CTT porte sur la complexité de la logistique du transport par camion, notamment dans un contexte de croissance du commerce électronique et des livraisons à domicile. Cette complexité augmente avec l'entrée en jeu d'autres variables, comme le partage de l'espace urbain entre les moyens de transport et le transport des personnes^[8]. Liée aux mêmes enjeux, l'introduction de casiers à colis dans les réseaux de distribution de marchandises a été explorée^[9] afin de faciliter la livraison des colis. Les résultats de cette étude ont permis d'identifier certains enjeux liés à la livraison, tels que le nombre et l'emplacement des stations, le nombre et la taille des casiers par station et l'accessibilité aux stations, y compris la dynamique temporelle de la gestion des casiers. Certaines questions restent cependant un défi, comme l'ordonnancement et

facteurs ont été évalués tels que la densité de population dans chaque quartier, la performance du système, les facteurs déterminant le succès de ce mode de transport et l'utilisation de vélos-cargos en hiver. Les résultats ont clairement démontré un changement dans la typologie de la demande en vue de la pandémie, avec un nombre accru des livraisons pendant la fermeture des commerces.

Bien que la mobilité des personnes ait été trop longtemps considérée séparément de celle des marchandises, et vice-versa, pour assurer une transformation efficace de la mobilité et des systèmes qui la soutiennent, il faut une problématisation intégrée de transport des personnes et des marchandises qui cible le service fourni par le transport. Cette intégration s'est avérée encore plus importante

L'un des projets de la CTT porte sur la complexité de la logistique du transport par camion, notamment dans un contexte de croissance du commerce électronique et des livraisons à domicile.

l'affectation des casiers, le temps de récupération des colis et la gestion de la capacité du réseau des casiers.

Parallèlement, de multiples options de transports alternatifs de marchandise ont été exploitées, comme l'utilisation de vélo-cargos ou l'installation de nouveaux entrepôts, pour améliorer la planification du transport de marchandises^[10]. Il s'agit d'utiliser la recherche opérationnelle pour évaluer le volume de flux de marchandises en relation, par exemple, avec la distribution spatiale des commerces. Une analyse des livraisons de vélos-cargos dans le contexte spécifique de la pandémie, alors que les commerces étaient fermés, a été réalisée pour évaluer l'évolution des livraisons pendant la fluctuation du nombre de cas confirmés de COVID-19^[11]. Différents

dans le contexte de la COVID-19, où une augmentation du télétravail a entraîné des changements significatifs dans le système de transport comme les comportements des usagers à l'égard du transport de marchandises, l'augmentation des achats en ligne et la réduction des déplacements en transport en commun.

Par conséquent, et parallèlement aux analyses liées au transport de personnes et de marchandises, des solutions innovantes et globales pour le secteur des transports ont également fait l'objet de recherches développées par la CTT. Par exemple, dans une ville comme Montréal, avec un réseau de transport bien desservi et diversifié, on envisage d'utiliser des transports mixtes, dans lesquels les passagers et les marchandises sont transportés dans les



mêmes véhicules pour potentiellement réduire les émissions et les coûts de livraison^[12].

L'utilisation d'outils de recherche opérationnelle pour modéliser et optimiser les opérations dans les domaines du covoiturage et de la capture est menée parallèlement à des solutions telles que le développement d'une infrastructure de pipelines pour transporter le CO2 généré par l'industrie vers des installations de stockage, afin de prévenir davantage le rejet de CO2 dans l'atmosphère^[13]. La proposition d'un algorithme itératif qui estime le temps de trajet et les paramètres d'un modèle de choix qui prend en compte la perte de qualité des données due à l'agrégation des données a été récemment explorée pour la prédiction des flux de transit.

Conclusion

Les enjeux liés au réchauffement climatique et à la pollution atmosphérique placent le Québec devant de nombreux défis

qui détermineront son avenir et son développement socio-économique et environnemental. Le rôle des transports est évidemment crucial dans la mise en place de stratégies innovantes et efficaces de réduction de GES.

La Politique de la mobilité durable 2030 du Québec cadre les objectifs liés au développement des transports et fixe des cibles nécessaires à la réduction des émissions de GES liées aux transports^[14].

Pour atteindre ces objectifs, se doter des outils d'une évaluation rigoureuse des scénarios et de stratégies opérationnelles est plus qu'une nécessité aujourd'hui. C'est ce que la CTT tente d'accomplir avec ses projets qui croisent les objectifs de la politique de mobilité durable à plusieurs égards. La CTT constitue un projet prometteur et une source d'expertise dont les retombées (locales et internationales) contribueront à transformer les systèmes de transport et de déplacement vers des pratiques plus saines, équitables, viables et par conséquent résilientes et durables.

1 — MELCC, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2021). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2019 et leur évolution depuis 1990.
2 — Mercure, P. (2022). Pour une Révolution tranquille climatique. La Presse, 1 mai 2022. P. Contexte.
3 — Roy, F.; Morency, C. (2020). Comparing Driving Cycle Development Methods Based on Markov Chains. Transportation Research Record, 2675(3), 212–221.
4 — Laviolette, J.; Morency, C.; Waygood, E.D.D. (2020). Persistence de l'automobilité? Analyse en trois perspectives. Flux, 119-120(1), p142.
5 — Deschaintres, E.; Morency, C.; Trépanier, M. (2019). Analyzing Transit User Behavior with 51 Weeks of Smart Card Data. Transportation Research Record, 2673(6), 33–45.
6 — Yann, J.; Morency, C. (2020). Process for the Encapsulation and Visualization of Dominant Demand and Supply Corridors. Transportation Research Record, 2674(8), 230–242.
7 — Morency, C.; Hubert, V.; Bourdeau, J.-S.; Milord, B.; Michaud, C. (2020). Pour une approche holistique de la prise de décisions urbaines. 55e Congrès annuel de l'Association québécoise des transports : le transport au cœur des écosystèmes, Événement virtuel, 2 au 6 novembre 2020 (Présentation orale).
8 — Lefebvre-Ropars, G.-L.; Morency, C.; Negron-Poblete, P. (2021). Toward a framework for assessing the fair distribution of space in urban streets. Transportation research record: Journal of transportation research board, 2675(7), 259-274.
9 — Rohmer, S.; Gendron, B. (2020). A guide to parcel lockers in last mile distribution – Highlighting challenges and opportunities from an OR perspective. Rapport CIRRELT 2020-11. Avril 2020.
10 — Sarrazin, F.; Gendron, B.; Trépanier, M. (2020). Recherche opérationnelle et IA en transport de marchandises : une solution pour la crise climatique. Vecteur Environnement, 53(4), 16-19.
11 — Pirie, S.; Trépanier, M.; Gendron, B. (2021). Characterization of a COVID-Fired Urban Bike Delivery System. Rapport CIRRELT-2021-02.
12 — Pirie, S.; Dandres, T.; Trépanier, M.; Gendron, B. (2020). Examen des potentialités d'utilisation des infrastructures de transport collectif à des fins de transport de marchandises en milieu urbain. Rapport final à CargoM. Juin 2020.
13 — Homs, G.; Gendron, B.; Jena, S.D. (2021). Rolling horizon strategies for a dynamic and stochastic ridesharing problem with rematches. Rapport CIRRELT-2021-20.
14 — Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (2018). Transporter le Québec vers la modernité : Politique de mobilité durable 2030.



Comment accorder sans faute électrification des transports et mobilité durable ?

Benjamin Docquiere
Vivre en Ville

Le Québec a choisi la voie de la mobilité durable et souhaite assurer à tout le monde la capacité de se déplacer efficacement tout en limitant l'impact négatif de ses déplacements sur le territoire, l'environnement, la santé et la sécurité, ainsi que sur les finances publiques et personnelles. Si l'électrification des transports axée sur l'automobile permet des gains en environnement et en santé via l'amélioration de la qualité de l'air, il est possible d'aller plus loin. Pour développer pleinement son potentiel, il est souhaitable d'inscrire l'électrification des transports à chaque étape de la démarche de développement de la mobilité durable : « Réduire, Transférer, Améliorer » (Québec. MTQ, 2018).

L'électrification des automobiles, un incontournable de la transition énergétique

Soutenir la transition vers l'auto électrique fait partie de la solution pour faire face aux enjeux climatiques et sanitaires. Sur son cycle

de vie, l'automobile électrique émet 70 % moins de gaz à effet de serre que l'auto à essence (Knobloch et coll., 2020). Elle participe à l'indépendance énergétique du Québec et améliore la qualité de l'air, dans un contexte où la pollution atmosphérique est à l'origine du décès de plus de 4 000 Québécois chaque année. De plus, l'absence de bruit liée à la propulsion permet d'améliorer la santé physique et psychosociale de tous.

Une transition qui doit s'accompagner d'une réflexion sur notre rapport à l'automobile

Bien qu'incontournable, la voiture électrique ne résout pas les problèmes liés à la circulation automobile, de la sécurité routière à la congestion. L'auto électrique est très efficace pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), mais elle n'est pas pour autant carboneutre. Elle a une « dette environnementale » en raison des gaz à effet de serre émis lors de sa fabrication : elle ne devient plus propre qu'un modèle à essence qu'après de nombreux kilomètres parcourus. Le format et le poids du véhicule ont une incidence



majeure sur cette dette environnementale : une voiture compacte munie d'une petite batterie rembourse sa dette après 15 000 km environ, alors que pour un VUS, c'est après 100 000 km (France. ADEME, 2022). Quand on sait qu'un véhicule est immobilisé 90 % du temps et que les VUS représentent 76 % du marché québécois en 2021 (Statistique Canada, 2022), il faut agir !

L'électrification des automobiles est nécessaire et souhaitable, mais elle n'est pas la solution à tous les enjeux. Il faut repenser la place accordée à l'automobile dans la lutte aux changements climatiques en remettant en question sa place en ville et sur son rôle dans nos déplacements.

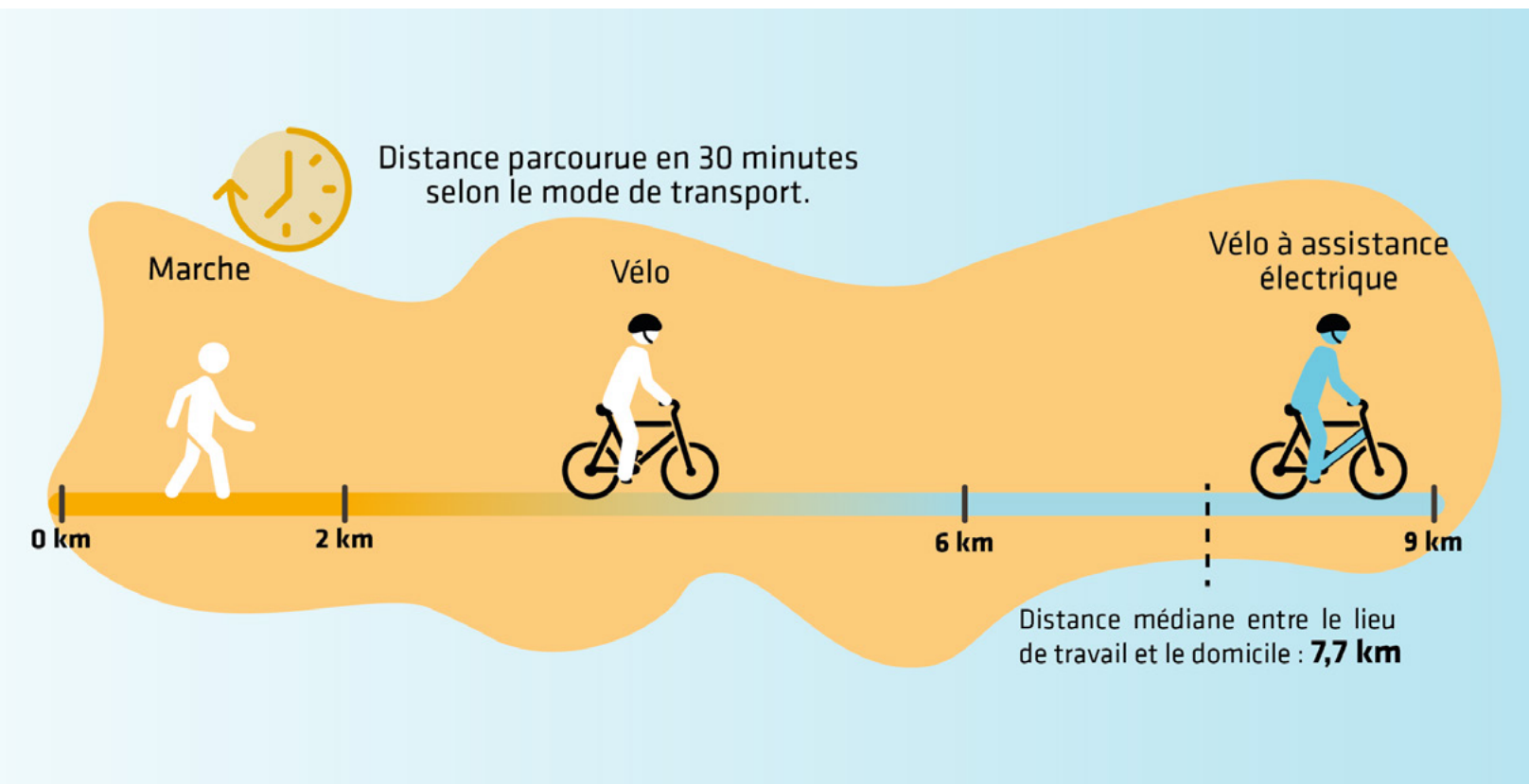
Réduire le nombre de kilomètres parcourus par une planification stratégique de la recharge

Les municipalités ont un rôle crucial à jouer dans la planification des transports électriques. La réduction du nombre de kilomètres parcourus doit reposer sur une planification de la recharge qui vise à ne pas accroître la place dédiée à l'automobile et à limiter l'effet rebond, donc

l'augmentation des distances parcourues observée lors de l'adoption d'un véhicule électrique. Les municipalités peuvent soutenir la transition en offrant des bornes de recharge de la bonne puissance, au bon endroit. Pour cela, il faut se doter d'une stratégie de déploiement de la recharge suivant une hiérarchie en trois temps.

Dans un premier temps, il s'agit de favoriser la recharge privée, qu'elle soit à domicile ou au travail, et d'en favoriser le partage. À ce jour, les bornes de recharge ne constituent pas un investissement, mais une charge pour les municipalités, financées par les taxes de l'ensemble de la population. Les municipalités ont donc tout intérêt à encourager le développement privé de bornes. La mutualisation des bornes est aussi une voie à explorer, dans une perspective de sobriété des infrastructures, à la fois au sein des immeubles multilogements et sur les lieux d'emploi ou les bornes pourraient être rendues accessibles à tous en dehors des heures de bureau.

Dans un second temps, il s'agit de développer une offre de recharge hors rue, publique ou commerciale, pour ceux qui n'ont pas d'option de recharge à leur domicile, sur leur lieu de travail, et pour ceux qui sont en déplacement. Ces



bornes peuvent cibler trois types d'aires de stationnement : celles des activités où l'on reste longtemps (p. ex. liées à des destinations touristiques), à proximité immédiate du réseau routier supérieur (p. ex. haltes routières) et dans les stationnements des activités où l'on reste peu de temps (p. ex. épicerie). S'il faut privilégier des bornes régulières dans le premier cas, il faut plutôt viser des bornes rapides dans les autres.

Dans un troisième temps, dans les secteurs dépourvus des solutions de recharge précédemment évoquées, une planification chirurgicale d'installation de bornes est à prévoir dans les rues. Toutefois, l'installation de bornes dans l'espace public participe à la pérennité du stationnement et de l'utilisation de l'automobile. Il est donc nécessaire de s'assurer que l'espace dédié à la recharge n'entrave pas le développement futur d'usages alternatifs à plus forte valeur ajoutée pour la mobilité, comme des pistes cyclables.

Transférer vers les modes à faible empreinte, c'est faire profiter davantage de personnes des véhicules électriques en circulation, tout en développant des alternatives probantes à l'auto solo

Le transfert vers des modes à plus faible empreinte doit s'accompagner d'un développement de l'offre de modes mutualisés électriques. Le partage des automobiles permet de rembourser beaucoup plus rapidement la dette environnementale des véhicules et d'adapter le format de véhicule à son besoin réel de déplacement. En milieu urbain dense, les véhicules partagés ont le potentiel de remplacer de 8 à 10 automobiles privées. Ce partage peut prendre plusieurs formes comme le covoiturage, la location entre particuliers, la colocation automobile et l'autopartage et peut être initié dans les milieux ruraux.

Au-delà du partage des véhicules, l'électrification donne un nouveau souffle au cocktail de transports en multipliant les alternatives à l'automobile. Parmi les modes qui s'invitent dans nos rues, des vélos et vélo-cargos à assistance électrique, au scooter électrique, en passant par la planche à roulettes ou la trottinette électrique homologuée, les modes légers électriques présentent un fort potentiel. Ils sont un rayon d'action et un confort d'utilisation qui les positionnent comme des alternatives probantes à l'automobile au moins trois saisons par an.

Par exemple, l'assistance électrique peut faire du vélo le mode le plus efficace pour se rendre au travail pour un grand nombre de personnes. Maniable, relativement abordable et pourvu d'une autonomie confortable, le vélo électrique permet à toute personne - en forme ou non - de parcourir plus de 9 kilomètres en moins de 30 minutes et avec un effort physique très modéré. Quand on sait que 58 % des

Améliorer l'efficacité énergétique des moyens de transport par une électrification prioritaire des véhicules dont on a réellement besoin

Si on réduit l'utilisation de l'automobile et que l'on transfère des déplacements vers les autres modes de transport, le nombre de véhicules dont on veut améliorer l'efficacité énergétique devrait être réduit également. Faute de pouvoir tous les électrifier en même temps, les décideurs ont intérêt à prioriser parmi les véhicules restants ceux qui roulent le plus, comme les taxis et les véhicules partagés, et qui sont les plus polluants pour répondre aux besoins réels de mobilité. Pourquoi ? Parce que l'électrification d'un véhicule entraîne une dette environnementale, et que l'on souhaite maximiser les gains en émissions de gaz à effet de serre avant la fin de vie utile de chaque véhicule électrique, sachant qu'une batterie électrique a une espérance de vie d'environ une décennie seulement.

L'électrification des transports est une fenêtre de changement à ne pas manquer pour arrimer la planification de la mobilité durable et la stratégie d'électrification dans une même vision cohérente. C'est ainsi qu'il sera possible de maximiser les bénéfices

individuels et collectifs de la transition. Pour en savoir plus et approfondir la réflexion, explorez les outils offerts par Vivre en Ville :

vivreenville.org/electrification

Références
 1 — QUÉBEC. MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE LA MOBILITÉ DURABLE ET DE L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS (2018). Transporter le Québec vers la modernité, Politique de mobilité durable 2030.
 2 — KNOBLOCH, F., HANSEN, S., LAM, A. et al. (2020). « Net emission reductions from electric cars and heat pumps in 59 world regions over time ». Nat Sustain 3, 437–447.
 3 — FRANCE. ADEME (2022). Voitures électriques et bornes de recharge, Les avis de l'ADEME, 10p.
 4 — CANADA. STATISTIQUE CANADA (2022). « Vente de véhicules automobile neuf, selon le genre de véhicule »

La question des infrastructures est cruciale dans le passage à une mobilité électrique durable, à la fois pour les parcours et pour l'accès à des solutions de recharge et de stationnement.

Québécois résident à moins de 10 km de leur lieu de travail, le vélo à assistance électrique est une solution prometteuse pour le report modal, à condition que les infrastructures incitent à son utilisation et assurent la sécurité des usagers. La question des infrastructures est cruciale dans le passage à une mobilité électrique durable, à la fois pour les parcours et pour l'accès à des solutions de recharge et de stationnement.



L'Association mondiale de la Route (PIARC) vise à être la première source du monde pour l'échange des connaissances sur la route, le transport routier et leurs pratiques dans le contexte d'un transport durable et intégré. Son antenne au Québec, le comité national PIARC-Québec, est la Table d'expertise internationale de l'AQTr.



Mot du président

Martin Thibault
Président du Comité national PIARC-Québec

Crise climatique : le Québec, un acteur de la solution

L'urgence climatique frappe à nos portes. Plus que jamais, nous devons nous ressaisir pour relever ensemble cet immense défi auquel nous sommes tous confrontés. Bien que le Québec ait contribué et continue de contribuer aux progrès réalisés dans cette lutte effrénée contre les changements climatiques, la crise demeure omniprésente pour sauver la planète, notre planète.

Dans le traitement de la crise climatique, le paramètre de temps devient donc central. Les actions que nous menons aujourd'hui, dans cette décennie, seront pour les moins déterminantes pour le climat des nouvelles générations. L'année 2023 et les suivantes seront donc décisives.

Faire rayonner notre savoir-faire

À l'aube du XXVII^e Congrès de l'Association mondiale de la route (PIARC), qui se tiendra l'an prochain au Centre des congrès de Prague, du 2 au 6 octobre 2023, il importe de rappeler que sans changement drastique de nos modes de vie, la situation risque fort de continuer d'empirer. Plus que jamais, et sans paraître alarmiste, l'adaptation aux changements climatiques nécessite de renforcer la résilience entre les différents États.

Pour y parvenir, le Québec doit être un acteur de la solution, prendre sa place sur la scène internationale pour avoir son mot à dire dans les grandes stratégies orchestrées par nos décideurs et dans les actions à prendre et qui guideront notre avenir collectif. C'est, entre autres, dans ce contexte qu'entre en jeu le Comité, qui a pour mission de représenter PIARC au Québec.

Deux années se sont déjà écoulées depuis mon arrivée à titre de président de PIARC-Québec. Ma conviction et mon engagement dans les activités de PIARC, qui remontent à un certain nombre d'années déjà, témoignent de mon expertise, de mon leadership et de ma contribution significative auprès de la communauté des transports québécoise et internationale.

À l'aube d'un nouveau cycle 2024-2027, PIARC-Québec demeure un joueur de premier plan dans ce forum international pour l'analyse et la discussion de toute la gamme des questions relatives à la route et au transport routier à l'échelle mondiale.

Assurer une complicité avec l'AQTr

La participation directe de l'AQTr aux travaux de PIARC-Québec lui donne la chance d'assumer pleinement son rôle d'acteur du changement en matière de transport routier. L'AQTr peut ainsi bénéficier d'une veille technologique efficace et avoir accès en temps réel à de l'information hautement stratégique.

Son implication vise, entre autres, à identifier, développer et diffuser les meilleures pratiques, tout en effectuant le développement et la promotion d'outils efficaces d'aide à la décision en matière de routes et de transport routier.

Pour ce faire, trois Tables d'expertise (TE) ont été ciblées en priorité :

- la TE Infrastructures de transport ;
- la TE Mobilité durable ;
- la TE Mobilité intelligente – STI.

À titre de président de PIARC-Québec, et notamment grâce à la bonne complicité de mes collègues de l'AQTr, mon objectif consiste à susciter l'intérêt et la visibilité de PIARC, surtout à l'approche du nouveau cycle de travail 2024-2027, afin de contribuer à la diffusion des produits de PIARC, d'organiser des activités et de générer l'adhésion des membres parmi les thèmes très précis:

- Administration de la route ;
- Mobilité ;
- Sécurité et durabilité ;
- Infrastructures résilientes.

Aussi, en collaboration avec l'AQTr, je coordonne la tenue du concours de mémoires de PIARC-Québec à l'attention des jeunes professionnels, diplômés et étudiants, dont la remise est organisée dans le cadre du Gala des Grands prix d'excellence en transport de l'AQTr. Surveillez les prochaines communications pour connaître les dates à retenir!

Maintenir une dynamique forte et collaborative

Chose certaine, les changements climatiques demeurent la question transversale pour chacun de ces thèmes mentionnés plus haut. D'ailleurs, dans les prochaines semaines, les Tables d'expertise auront droit à une présentation de PIARC et des travaux d'un comité technique dans le but de contribuer à intensifier sa visibilité pour diffuser plus largement les résultats et recommandations sur l'ensemble des techniques liées à la route.

Avec toute l'énergie qu'on lui connaît, je suis persuadé que le Québec est aujourd'hui et restera un joueur dominant dans le monde, entre autres, dans son implication soutenue au sein de PIARC en faisant évoluer l'expertise technique locale. Je suis convaincu que PIARC-Québec fait partie de la solution à plusieurs des défis qui se dressent devant nous face aux changements climatiques.

C'est ensemble, au sein de PIARC, en conciliant les intérêts et l'expertise québécois, et en nous donnant des objectifs réalistes communs, que nous formerons une organisation plus vibrante et plus incontournable que jamais.

Le Québec amène des forces vives à la gouvernance de PIARC



Avec l'imminence du départ à la retraite de Mme Anne-Marie Leclerc, **M. Frédéric Pellerin** a été désigné pour lui succéder comme Premier Délégué du Canada-Québec à PIARC. Depuis juin 2022, M. Pellerin occupe la fonction de sous-ministre adjoint à l'ingénierie et aux infrastructures au ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec. Diplômé en génie géologique, il est également titulaire d'une maîtrise portant sur le thème du recyclage des matériaux routiers. En plus de son expérience à titre de chargé de projets en infrastructures routières, il a travaillé notamment sur les enjeux liés à la gestion contractuelle et aux grands projets routiers. Ouvrant au Ministère depuis 2000, il est gestionnaire depuis 2010. Sa contribution à l'Association sera à la hauteur de l'engagement historique du Québec envers la mission de PIARC.



Nous tenons à saluer les contributions exceptionnelles de **Mme Anne-Marie Leclerc** à l'action internationale du Québec depuis 1994. Après avoir servi comme Première Déléguée pendant 10 ans et comme vice-présidente de PIARC de 2005 à 2008, elle a été la première femme à occuper la présidence de 2009 à 2012. Elle a grandement encouragé l'implication de la communauté routière québécoise au sein du Comité national PIARC-Québec et d'innombrables comités techniques, congrès et expositions internationales de PIARC. C'est un plaisir de savoir que ce parcours exemplaire et cet engagement soutenu accorderont à Mme Leclerc la liberté de demeurer active au cœur de l'Association en tant que Présidente d'honneur. Nous lui souhaitons tous une douce retraite bien méritée.



Autre fait important à noter, **Mme Claudine Tremblay** a été reconduite à la présidence de la Commission de la Communication pour un second mandat (2022-2024). Son rôle consistera notamment à mener l'élaboration de la première stratégie de communication de l'Association afin de contribuer à la positionner comme forum par excellence pour l'échange des connaissances sur la route, le transport routier et leurs pratiques connexes dans le contexte d'un transport durable et intégré.



Dans la même foulée, **M. Yan St-Yves** a été nommé membre de la Commission du Plan stratégique (2022-2024). Membre actif du Comité technique 2.4 Exploitation du réseau routier depuis 2020, M. St-Yves agit également à titre de coordonnateur du thème stratégique 2 sur la mobilité au sein de PIARC-Québec. Ses compétences en technologie, en numérique et en culture d'innovation seront certes à l'avantage de cette commission névralgique pour l'Association.

Un nouveau groupe d'étude a récemment lancé ses travaux au sein de PIARC

Jean-François Rioux, Frédéric Champagne
Ministère des Transports et de la Mobilité durable

Le groupe d'étude (GE) 2.1, Les nouvelles mobilités et leur impact sur les infrastructures routières et le transport, a entamé ses travaux lors d'une réunion de lancement en juin 2022, tenue en formule mixte (en présence et en ligne).

L'objectif de ce GE est d'analyser les incidences des nouvelles capacités des véhicules et des nouvelles formes de mobilité sur les routes et les transports, et d'élaborer des recommandations sur les meilleures stratégies de sécurité routière, d'entretien, d'exploitation et de gestion du trafic face à la nouvelle réalité des routes et des transports.

On entend par nouvelle mobilité tous les aspects s'inscrivant dans la micromobilité (trottinettes électriques, vélos électriques, etc.), la mobilité intégrée (MaaS), les véhicules automatisés ou autonomes, la livraison électronique et la logistique automatisée, les véhicules connectés, les convois semi-automatisés de camions (*truck platooning*), les véhicules électriques, les véhicules à carburant de remplacement (par exemple, l'hydrogène), les autoroutes numériques et les systèmes de transport intelligents (STI) de nouvelles générations.

La mobilité sur les routes connaît une évolution rapide ces dernières années en raison de la mise en œuvre de nouvelles technologies, tant sur les routes que dans les véhicules. Il est question notamment des véhicules automatisés et connectés. La rapidité des changements et l'apparition

de nouvelles formes et de nouveaux modèles de mobilité obligent les administrations routières à être conscientes des défis et des opportunités de cette nouvelle réalité, à les gérer de manière appropriée et à effectuer un suivi continu de leur évolution.

L'une des conclusions du GE B.2, *Véhicules automatisés* : défis et opportunités pour les exploitants et les autorités routières de PIARC, dans son rapport publié en 2021, était la nécessité de continuer à travailler sur l'impact que les nouvelles formes de mobilité ont sur les routes. Ce rapport recommandait la création d'un nouveau GE pour poursuivre les études, étant donné la rapidité de l'évolution et les incertitudes concernant l'avenir.

En lien avec les changements touchant les véhicules et la mobilité, le GE 2.1 se penchera sur les éléments suivants, toujours selon le point de vue des administrations routières :

- La production d'études de cas;
- L'identification des défis et opportunités pour les administrations routières;
- La prise en compte des enjeux transversaux (horizontaux) comme les enjeux de développement durable, les enjeux sociaux (l'acceptabilité sociale, l'inclusion et la diversité des genres, les personnes à mobilité réduite, etc.), la gestion de la circulation et les réglementations;

- L'étude des nouveaux modèles d'affaires et processus qui pourraient émerger;
- La prise en compte des différentes réalités lors des analyses, en incluant les pays à revenus faibles et moyens;
- Les infrastructures interurbaines et péri-urbaines seront principalement prises en compte, sans négliger l'apport du volet urbain qui façonne et définit une majorité des déplacements.

Le GE se compose de 25 membres et membres correspondants à l'international, incluant deux représentants de PIARC-Québec, soit Jean-François Rioux (membre) et Frédéric Champagne (membre correspondant), tous deux du ministère des Transports du Québec.

Récemment, un sondage portant sur les impacts des nouvelles mobilités sur les infrastructures routières et le transport a été transmis aux membres de PIARC avec

l'objectif d'accéder à un large éventail d'expertise et de connaissances provenant de différents pays et régions du monde, dont celles issues du réseau PIARC-Québec. Les résultats du sondage permettront de préciser la portée des travaux du groupe d'étude afin de garantir que ceux-ci soient le plus exhaustifs possible et utiles au plus grand nombre. Les travaux s'échelonneront jusqu'à l'automne 2024, pour se conclure par la production d'un rapport final.

Le ministère des Transports et de la Mobilité durable souhaite s'assurer de développer l'expertise nécessaire et de bien préparer l'adaptation des façons de concevoir et d'opérer les réseaux de transport routiers de l'avenir. En collaboration avec les partenaires des différents ordres de gouvernement, il pourra ainsi mieux répondre aux nouveaux besoins des différents usagers de la route. |

Références
1 — <https://www.piarc.org/fr/PIARC-Association-Routes-Transport-Routier/Comites-Techniques-PIARC/Theme-Strategie-Mobilite/Groupe-Etude-Nouvelles-Mobilites-Impact-Infrastructures-Transport-Routier>
2 — <https://www.piarc.org/fr/fiche-publication/35948-fr-V-C3%A9hicules%20automatis%C3%A9s%20-%20D%C3%A9fis%20et%20opportunit%C3%A9s%20pour%20les%20exploitants%20et%20les%20autorit%C3%A9s%20rout%C3%A8res>



www.wrc2023prague.org

2 au 6 octobre 2023

PRAGUE 2023 – ENSEMBLE À NOUVEAU SUR LA ROUTE

XXVIIe CONGRÈS
MONDIAL DE LA ROUTE
EN 2023

PALAIS DES CONGRÈS DE PRAGUE,
PRAGUE, RÉPUBLIQUE TCHÈQUE





Faites partie du plus grand réseau d'experts routiers mondial.

Partage d'expertise et rayonnement international

Pour en savoir plus

aqtr.com/association/tables-dexpertise/piarc-quebec
piarcqc@aqtr.com



AQTr

L'expertise en transport

CALENDRIER DES ACTIVITÉS

RENDEZ-VOUS D'EXPERTS 2023

MARS

57e CONGRÈS AQTR

JUIN

GALA DES GRANDS PRIX D'EXCELLENCE EN TRANSPORT

SEPTEMBRE

SOMMET DE LA RENTRÉE

PRENEZ PART À L'INNOVATION EN TRANSPORT!

Routes et transports

FAITES-NOUS CONNAÎTRE VOTRE EXPERTISE !



L'AQTr est en mode recherche pour la prochaine parution numérique de la revue Routes et transports qui sortira en mai 2023.

Votre article porte sur la sécurité sous toutes ses formes, alors nous voulons vous lire !

AQTr
L'expertise en transport

Date limite pour déposer votre résumé d'article | 10 février 2023

Pour plus d'informations : communication@aqtr.com

aqtr.com



AQTr

L'expertise en transport

14^E
ÉDITION

GALA

**GRANDS PRIX D'EXCELLENCE
EN TRANSPORT**

NOUVELLE DATE
À METTRE À VOTRE AGENDA

LE JEUDI 15 JUIN 2023

SALLE WINDSOR, MONTRÉAL