routes et transports

PUBLICATION DE L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES TRANSPORTS

VOL 46 NUM 2, OCTOBRE 2017

Le transport du futur sera électrique, autonome et partagé!

AUTONOMIE, CONNECTIVITÉ OU **ÉLECTRIFICATION DES VÉHICULES,**
le Québec vibre d'énergie positive pour l'environnement

MONTRÉAL, **UNE VITRINE**
pour les technologies associées à l'électromobilité

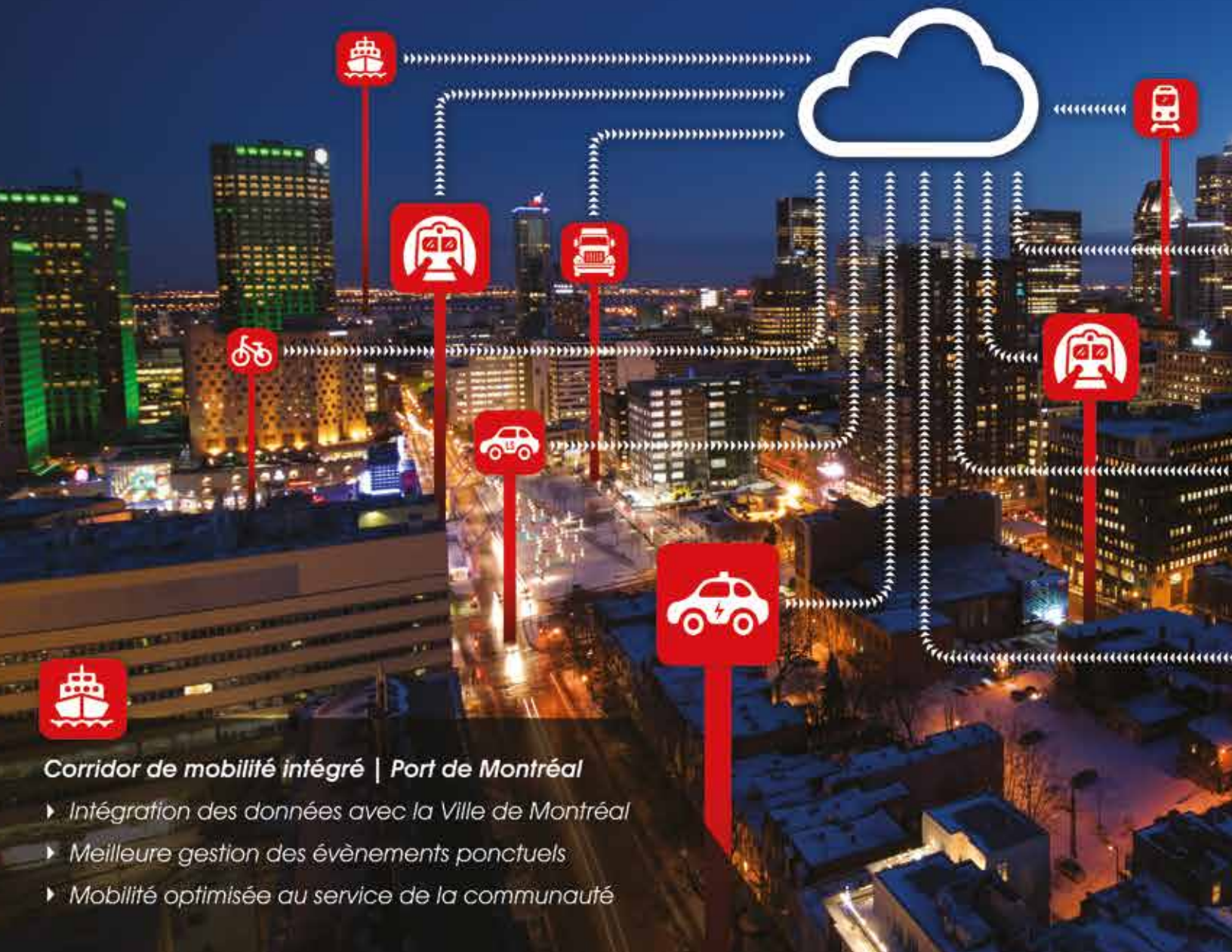
L'ÂGE D'OR **DE L'ÉCONOMIE DU TRANSPORT**
aux États-Unis ou la mobilité redéfinie

AILLEURS **DANS LE MONDE,**
transport et infrastructure riment avec intelligence

AQTr
L'expertise en transport

Montréal | Mobile et numérique

Collaborer pour optimiser les transports



Corridor de mobilité intégré | Port de Montréal

- *Intégration des données avec la Ville de Montréal*
- *Meilleure gestion des évènements ponctuels*
- *Mobilité optimisée au service de la communauté*

Montréal contribue au développement d'un savoir-faire technologique axé sur la mobilité des transports et sur sa fiabilité. La ville travaille de concert avec les citoyens, les entreprises privées, les institutions publiques et les associations afin d'améliorer la prise de décisions pour les déplacements.

ITS World Congress 2017

Montréal

LA MOBILITÉ INTÉGRÉE, MOTEUR DES VILLES INTELLIGENTES

INTEGRATED MOBILITY DRIVING SMART CITIES

29 OCTOBRE AU 2 NOVEMBRE 2017

OCTOBER 29 TO NOVEMBER 2, 2017

INSCRIVEZ-VOUS

itsworldcongress2017.org

crédit photo

TOTALEMENT DÉDIÉ

SERVICE
D'URGENCE
24 HEURES
7 JOURS

Orange traffic

WAVETRONIX

TPA

PEEK

Dialight

CAMPBELL COMPANY

EMTRAC

citilog

Optimiser la **fluidité**
et la **sécurité** sur les routes
de façon **innovatrice**

Pour obtenir de l'information sur nos solutions et nos produits

1 800 363-5913 **orangetraffic.com**

SOMMAIRE

VOL 46 NUM 2, OCTOBRE 2017

Mot de la direction **page 8**
La revue en un coup d'œil **page 10**
Les experts de ce numéro **page 12**
Nouvelles des Tables d'expertise **page 17**
Le spécial Startups **page 72**
Bulletin de l'AIPCR **page 128**
L'aparté avec Asymptote **page 134**

Québec

LE COURANT PASSE : LES CLIENTS DE LA STM VIVENT L'EXPÉRIENCE ÉLECTRIQUE
Pascal Renaud et Alexandra Ouimet
page 19

ADOPTION ET UTILISATION D'UNE OFFRE D'AUTOPARTAGE JUMELÉE À MONTRÉAL
Gregory Wielinski, Martin Trépanier et Catherine Morency
page 23

DÉFINIR LA VOIE D'AVENIR EN TRANSPORT URBAIN COLLECTIF
Yves Provencher
page 28

POUR UN TRANSPORT PUBLIC DE NOUVELLE GÉNÉRATION : PLUS EFFICACE, MIEUX ADAPTÉ ET PLUS INTÉGRÉ
Alexandre Savard
page 33

L'INSTITUT DE L'ÉLECTRIFICATION ET DES TRANSPORTS INTELLIGENTS, POSITIONNER MONTRÉAL AU CŒUR DE LA MOBILITÉ DU FUTUR
Jean-François Tremblay et Luc Couillard
page 38

LES ENJEUX SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES DE LÉGIFÉRER EN TEMPS OPPORTUN
Jean-Pierre Arcoragi et Catherine Kargas
page 43

LES VÉHICULES CONNECTÉS AURONT-ILS UN IMPACT SUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ?
Nicolas Saunier, François Bélisle, Pegah Nouri et Catherine Morency
page 47

FROM A HIGHWAY RISK MONITORING PROCESS TO AN INTELLIGENT SYSTEM FOR HIGHWAY SAFETY CALIBRATION FOR AUTONOMOUS VEHICLES
Ilham Benyahia, Giancarlo Colmenares & François Bellavance
page 52

LE TRANSPORT DU FUTUR SERA ÉLECTRIQUE. À LAVAL, LE FUTUR, C'EST AUJOURD'HUI !
Pierre Lavigueur, Sylvain Boucher, Gheorghe Munteanu et Antoine Malo
page 58

LES DÉFIS DE LA CONNECTIVITÉ EN CONTINU DES VÉHICULES INTELLIGENTS ET AUTONOMES
Sylvain Boisvert
page 64

LA TECHNOLOGIE AU SERVICE DE LA GESTION DU TRAFIC ROUTIER
L'utilisation de capteurs LiDAR pour mesurer la vitesse et suivre le trafic
Stéphane Duquet
page 68

Canada

ACTIVE-AURORA : TRANSFORMER LES TRANSPORTS AU CANADA
Rod Schebesch et Martin Thibault
page 83

THE VALUE PROPOSITION OF MOBILITY SERVICES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR SUSTAINABLE OPERATIONS
Ryan Falconer & Melissa Felder
page 88

HOW CAN ORGANIZATIONS BECOME A PART OF THE SHARED MOBILITY EVOLUTION?
Amanda Lam
page 93

États-Unis

BUILDING MOMENTUM FOR A NEW ERA OF TRANSPORTATION MOBILITY AT GOMENTUM STATION, CALIFORNIA
Habib Shamskhou & Arya Rohani
page 99

AUTOMATED VEHICLES AND THE CHANGING URBAN TRANSPORTATION LANDSCAPE
Lisa Jerram
page 104

Argentine

LES VÉHICULES AUTONOMES (ET PARTAGÉS), L'ÉTALEMENT URBAIN ET LES SYSTÈMES DE TRANSPORT PUBLIC DANS LES VILLES D'AMÉRIQUE LATINE
Frédéric Blas, Thomas Massin et Florencia Rodriguez
page 109

France

LA ROUTE DE DEMAIN SERA-T-ELLE AUSSI ÉLECTRIFIÉE, AUTOMATISÉE ET PARTAGÉE ?
Nicolas Hautière et Fabien Menant
page 115

Suède

5G CONNECTED VEHICLES: THE MISSING LINK TO HIGHLY AUTONOMOUS VEHICLES
Mouhamed Abdulla & Ke Wu
page 123

En couverture

L'AQTr remercie MM. Mouhamed Abdulla et Ke Wu qui ont bien voulu l'autoriser à utiliser la photo de leur article *5G Connected Vehicules: The Missing Link to Highly Autonomous Vehicles* (à lire en page 123).

RÉDACTRICE EN CHEF
Emmanuelle Royer

AUTEURS
Mouhamed Abdulla
Jean-Pierre Arcoragi
François Bélisle
François Bellavance
Ilham Benyahia
Frédéric Blas
Sylvain Boisvert
Sylvain Boucher
Giancarlo Colmenares
Luc Couillard
Stéphane Duquet
Ryan Falconer
Melissa Felder
Nicolas Hautière
Lisa Jerram
Catherine Kargas
Amanda Lam
Pierre Lavigueur
Antoine Malo
Thomas Massin
Fabien Menant
Catherine Morency
Gheorghe Munteanu
Pegah Nouri
Alexandra Ouimet
Yves Provencher
Pascal Renaud
Florencia Rodriguez
Arya Rohani
Nicolas Saunier
Alexandre Savard
Rod Schebesch
Habib Shamskhou
Martin Thibault
Jean-François Tremblay
Martin Trépanier
Gregory Wielinsky
Ke Wu

RECHERCHE DE COLLABORATEURS ET D'AUTEURS
Laszlo Dankovics, Lynn Dumont, Rafika Lassel, Zineb Mabrouki et Line Rousseau

COORDINATION
Margaux Andrieu, Julie Harnois

MONTAGE GRAPHIQUE
AQTr

RÉVISION LINGUISTIQUE
Muriel Dérogis, ER Translations et Youssef Megharfi

ORIENTATION
Publiée deux fois par an, la revue *routes et transports* s'adresse à tous ceux 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. Tous les articles de *routes et transports* peuvent être reproduits sans autorisation, à condition d'en mentionner la source et de faire parvenir un exemplaire de la publication au secrétariat de l'Association québécoise des transports.

ABONNEMENT
L'abonnement annuel est de 30 $ + taxes pour le Canada et de 60 $ pour les autres pays. Frais d'expédition en sus. Prière de s'adresser au secrétariat.

ÉDITRICE
Présidente-directrice générale de l'AQTr

PUBLICITÉ
Anne-Julie Robitaille : 514 523-6444, poste 313

IMPRIMERIE
Imprimerie l'Empreinte

INDEXÉE PAR REPÈRE
Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Canada, ISSN 0319-3780

ENVOI DE PUBLICATION
Poste-publications
Convention nº : 40038871
Port de retour garanti

GRANDS PARTENAIRES

AECOM · ARTM Autorité régionale de transport métropolitain · CIMA Partenaire de génie · HATCH · Orange traffic+ · Quipux innova · SNC·LAVALIN · Stantec · Montréal · WSP

PARTENAIRES PRESTIGE

Aéroports de Montréal, Association québécoise du transport intermunicipal et municipal (AQTIM), Axor Experts-Conseils Inc., Englobe Corp., Groupe S.M. international, Les services EXP, Norda Stelo, Pricewatershouse Coopers s.r.l./s.e.n.c.r.l., Réseau de transport de la Capitale (RTC), Société de transport de Montréal (STM), Tetra Tech QI Inc., Ville de Québec

Québec
Partenaire principal de l'AQTr

PARUTIONS 2017

	Thème	Parution
VOL. 46 Nº1	Ville, vision, vitalité	Printemps 2017
VOL. 46 Nº2	Le transport du futur sera électrique, autonome et partagé!	Automne 2017

Articles
Nous attendons vos propositions d'articles. Pour connaître les dates de remise des textes, veuillez consulter notre site Web à AQTr.com.

Publicité
Pour réserver votre espace publicitaire et offrir une visibilité incomparable à votre entreprise, contactez Anne-Julie Robitaille au 514 523-6444, poste 313.

Profil d'entreprise
Faites connaître votre entreprise en réservant le prochain Profil d'entreprise, un publireportage comprenant deux pages de contenu rédactionnel.

Des nouvelles de nos partenaires
Faites-nous connaître vos dernières réalisations. Contactez-nous à communication@AQTr.com.

Suggestions
Faites parvenir vos suggestions à communication@AQTr.com.

Mot de la direction

L'avenir des transports est dans le vert! – Les véhicules de demain (ou d'après-demain!) seront électriques, connectés et autonomes, et ils transformeront nos transports ! C'est déjà commencé.

Ce numéro de la revue présente un aperçu des initiatives en la matière, au Québec et ailleurs dans le monde, ainsi que de différents enjeux qui sont à prendre en compte. Bien sûr, des projets intéressants ont lieu ici même, dans notre Belle Province, entre autres, dans le domaine du transport collectif, de l'autopartage, du développement des nouvelles technologies, etc. Mais cette édition de *routes et transports* effectue également un survol de ce qui se passe à Toronto, à Vancouver, à Washington, en France et en Suède.

Consciente que le monde foisonne d'inventeurs et d'entrepreneurs, l'AQTr a aussi choisi d'innover, dans ce numéro, en offrant à ces jeunes pousses l'opportunité de valoriser leurs projets novateurs dans son cahier : *Le spécial startups*. Découvrez la vitalité de la relève dans ces pages qui nous parlent d'avenir.

Voitures et bus électriques, routes intelligentes, nouvelles technologies de connectivité, défis opérationnels ou enjeux sociaux, économiques et environnementaux sont autant de thèmes abordés dans ce numéro, et bien plus.

Nous vous souhaitons une bonne lecture et espérons que ce numéro contribuera à parfaire vos connaissances sur les véhicules du futur!

CHANTAL AYLWIN
Présidente du conseil d'administration de l'Association québécoise des transports

DOMINIQUE LACOSTE
Présidente-directrice générale de l'Association québécoise des transports

À LAVAL, L'ÉLECTROMOBILITÉ NOUS TRANSPORTE DÉJÀ!

stl.laval.qc.ca
450 688-6520

STL
Société de transport
de Laval

exp.

Notre équipe d'experts saura relever les défis de vos projets en transport
• ferroviaire • génier routier • pont
• aéroportuaire • maritime

Our team of experts will meet the challenges of your transportation projects
• railway • road engineering • bridge
• airport • maritime

exp•com

possibilités exponentielles.
exponential possibilities.

La revue en un coup d'œil

L'AQTr vous présente le monde

Cette édition de ***routes et transports*** rassemble des articles qui présentent des projets innovants en transport, réalisés au Québec et ailleurs dans le monde. Voici un aperçu.

CANADA

La mobilité intelligente redéfinit le transport urbain et son environnement immédiat, notamment dans certaines villes canadiennes. Transportez-vous vers le futur, dès la **page 83**.

MONTRÉAL
Canada

Des évolutions importantes qui influent directement sur l'avenir de l'électrification des transports et de la mobilité intelligente. Découvrez ces projets qui font de Montréal une vitrine pour les technologies associées à l'électromobilité, dès la **page 19**.

GATINEAU
Canada

Gérer la sécurité routière de façon optimale, grâce à l'arrivée des véhicules autonomes. À lire en **page 52**.

LAVAL
Canada

L'ère des projets pilotes en transport électrique est révolue pour Laval qui va de l'avant. Voyez comment en **page 58**.

LONGUEUIL
Canada

Dans le monde des transports autonomes, la connectivité du véhicule est essentielle. À découvrir à la **page 64**.

QUÉBEC
Canada

La nouvelle génération de capteurs LiDAR solid-state offrira des améliorations importantes, quant à la performance et à la fiabilité, avec une forte baisse des coûts. À suivre en **page 68**.

ÉTATS-UNIS

Aux États-Unis aussi, l'économie du transport évolue vers son âge d'or. Découvrez cette nouvelle ère qui redéfinit la mobilité en **page 99.**

SUÈDE

En milieu urbain, une interconnectivité performante, entre les véhicules et tous les autres usagers de la route, repose sur des exigences techniques pointues. À lire en **page 123**.

FRANCE

La route peut s'électrifier et recharger les véhicules qui l'empruntent. Apprenez-en davantage sur la Route de 5e Génération (R5G) en **page 115**.

ARGENTINE

Le déploiement des véhicules autonomes (VA) ne sera pas le même pour tout le monde, tout comme les progrès de la mobilité intelligente.
À lire en **page 109**.

routes et transports
VOL 46 NUM 2, OCTOBRE 2017

Les experts de ce numéro

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.

PASCAL RENAUD
Coordonnateur de projets
Cité Mobilité
Société de transports de Montréal (STM)

Pascal Renaud est diplômé en génie industriel de l'Université de Sherbrooke. Il possède également une maîtrise en génie industriel de l'École polytechnique de Montréal.

Coordonnateur du projet Cité Mobilité à la STM, depuis son lancement en 2013, il a travaillé, auparavant, sur l'étude de faisabilité des trolleybus à la STM de 2009 à 2012. En plus de son expérience à la STM, M. Renaud a travaillé plusieurs années, en Suisse, dans le domaine médical, de même que sur des projets de modernisation électrique dans le domaine minier.

ALEXANDRA OUIMET
Conseillère en affaires publiques
Société de transports de Montréal (STM)

Alexandra Ouimet est diplômée en relations publiques (Université du Québec à Montréal) et en journalisme (Université de Montréal). Conseillère en affaires publiques et spécialisée en organisation d'événements corporatifs à la STM depuis 2012, elle a également travaillé plusieurs années en communication, dans le milieu de la santé.

Mme Ouimet et M. Renaud nous présentent le projet Cité Mobilité qui fait de Montréal une vitrine de démonstration pour les technologies associées à l'électromobilité.
À lire en **page 19**.

GRÉGORY WIELINSKY
Étudiant au doctorat
École polytechnique Montréal

Gregory Wielinski est actuellement étudiant à Polytechnique Montréal, en vue d'obtenir un doctorat sur l'analyse et la modélisation du comportement des usagers de l'autopartage.

Titulaire d'un baccalauréat en administration des affaires (HEC Montréal) et d'une maîtrise en sciences appliquées (Polytechnique Montréal), il s'intéresse à l'exploitation de données massives en transport.

Il étudie également l'impact de l'introduction d'une flotte partagée de véhicules électriques sur le comportement des membres et de l'adoption des services d'autopartage jumelés.

MARTIN TRÉPANIER
Professeur titulaire
École polytechnique Montréal

Martin Trépanier est ingénieur, professeur à Polytechnique Montréal en plus d'être co-directeur du Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT).

Ses axes de recherches portent sur les systèmes d'information en logistique et productique, ainsi que sur le transport. Il s'intéresse à la valorisation des données de grande envergure appliquée à l'autopartage, mais également au transport en commun, au vélopartage, aux systèmes de santé, au transport de marchandises et au déneigement.

CATHERINE MORENCY
Professeure titulaire
École polytechnique Montréal

Catherine Morency est ingénieure civile et professeure à Polytechnique Montréal. Elle est titulaire de la Chaire Mobilité sur la durabilité en transport ainsi que de la Chaire de recherche du Canada sur la mobilité des personnes.

Ses recherches portent sur la modélisation des comportements individuels de mobilité, l'utilisation des différents modes de transport incluant la marche, le vélo, le vélopartage, le transport en commun, le taxi, l'autopartage, le covoiturage et l'automobile. Elle s'intéresse aussi aux méthodes d'enquête en transport et à la valorisation des données urbaines.

Mme Morency et MM. Trépanier et Wielinski analysent le changement progressif des habitudes de mobilité des adeptes de l'autopartage, entre le recours au service traditionnel par stations (TRAD) ou au libre-service intégral (LSI) chez Communauto. À lire en **page 23**.

YVES PROVENCHER
Directeur – Développement des affaires – Transport
FPInnovations

Yves Provencher innove dans le transport depuis plus de 30 ans. Après l'obtention d'un baccalauréat en génie forestier à l'Université Laval, en 1985, il effectue une maîtrise en transport, en 1988. Sous sa direction, ses équipes ont permis l'accélération de l'implantation de nouvelles technologies dans le transport des marchandises d'abord, puis, plus récemment, dans le transport des personnes.

Il participe actuellement au développement de véhicules autonomes et connectés.

M. Provencher nous explique comment repenser l'avenir du transport urbain collectif et augmenter son achalandage, grâce à la multimodalité, à la connectivité et à la flexibilité. À lire en **page 28**.

ALEXANDRE SAVARD
Gestionnaire principal
Giro inc.

Alexandre Savard est gestionnaire principal chez GIRO, une entreprise québécoise, chef de file mondial des solutions logicielles de planification, d'optimisation et de gestion des opérations dans les transports public et postal.

En affaires depuis plus de 35 ans, GIRO soutient plus de 300 organisations, dans plus de 25 pays, et emploie plus de 400 spécialistes. M. Savard s'investit également, au sein de l'AQTr, à titre de directeur de la Table d'expertise Mobilité intelligente – STI.

M. Savard nous démontre comment le transport public peut demeurer un acteur central en matière de déplacement des personnes, grâce aux données et à une approche favorisant la mobilité en tant que service (MaaS). À lire en **page 33**.

JEAN-FRANÇOIS TREMBLAY
Président-directeur général
Institut de l'électrification et des transports intelligents

Jean-François Tremblay possède une vaste expérience des secteurs de l'automobile et du transport intelligent auxquels il se consacre depuis 2001.

Avant de prendre les commandes de l'Institut, Jean-François œuvrait au sein du Centre mondial automobile et transports, chez EY, où il a accompagné un grand nombre d'acteurs de l'industrie du transport, afin de recommander des opportunités liées aux véhicules électriques et intelligents, et ce, à l'échelle internationale.

LUC COUILLARD
Commissaire à l'électrification des transports et aux véhicules intelligents
Ville de Montréal

Luc Couillard s'intéresse depuis longtemps à l'électrification des transports et il a été l'un des principaux artisans de la création de l'Institut de l'électrification et des transports intelligents. Il a rédigé la Politique de stationnement de la Ville de Montréal, a collaboré à l'élaboration du Plan de transport 2008 et a siégé au sein de divers comités techniques touchant la desserte de l'aéroport Montréal-Trudeau.

En 2015, il a reçu le Prix Guy-Paré de l'Association québécoise des transports (AQTr).

MM. Couillard et Tremblay exposent le rôle de l'Institut de l'électrification et des transports intelligents et ses principaux services pour positionner Montréal au cœur de la mobilité du futur.
À lire en **page 38**.

JEAN-PIERRE ARCORAGI
Président
Institut de l'évolution du transport

Détenteur d'un doctorat en astrophysique nucléaire (Montréal – Bruxelles), Jean-Pierre Arcoragi a été chercheur, pendant plusieurs années, au *Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik* (Munich) et *Fellow* de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (Toronto – Montréal).

Il a fait des recherches postdoctorales en génie biomédical et effectué des études supérieures à HEC Montréal.

Il a enseigné dans plusieurs universités, s'est investi dans de nombreuses causes sociales et a été consulté par plusieurs partis politiques aux paliers provincial et fédéral. Il est vice-président canadien du comité technique sur la gouvernance des organisations ISO TC 309 et président de l'Institut de l'évolution du transport.

CATHERINE KARGAS
Présidente du conseil d'administration
Mobilité électrique Canada

Catherine Kargas est vice-présidente chez MARCON. Depuis plus de 25 ans, elle offre des conseils stratégiques à des organisations et des entreprises qui œuvrent dans les domaines de la mobilité, des assurances et de l'énergie.

Catherine est également la présidente du CA de Mobilité électrique Canada. De plus, elle est membre fondatrice de l'Institut de l'évolution du transport, qui a pour objectif d'anticiper les changements liés à l'évolution de la mobilité, de développer des stratégies optimales pour l'intérêt collectif et d'être le relais de leur mise en œuvre.

M. Arcoragi et Mme Kargas s'intéressent à la nécessité, pour les législateurs, de se pencher sur les nombreux enjeux sociaux et économiques liés au transport du futur, afin d'en permettre un encadrement législatif efficace et pertinent.
À lire en **page 43**.

NICOLAS SAUNIER
Professeur agrégé
École polytechnique Montréal

Nicolas Saunier a un diplôme d'ingénieur et un doctorat en informatique de Télécom ParisTech.

Il est professeur agrégé en transport au département des Génies civil, géologique et des mines de Polytechnique Montréal.

Ses centres d'intérêts sont les transports intelligents, la sécurité routière et la science des données.

Il est membre de l'Institut de valorisation des données (IVADO), du Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT), et de la Chaire Mobilité de la professeure Catherine Morency.

FRANÇOIS BÉLISLE
Président/Data Scientist
MathMobile inc.

François Bélisle est le président-fondateur de MathMobile, une jeune entreprise qui œuvre dans les domaines du transport intelligent et de la science des données.

Celle-ci cherche à optimiser les systèmes de transports en développant de nouvelles techniques et technologies, en particulier pour les véhicules autonomes et connectés, comme la compréhension du monde en image ou encore la discussion avec les contrôleurs de feux de circulation.

PEGAH NOURI
Chercheuse
École polytechnique Montréal

Pegah Nouri est docteure en transport de Polytechnique Montréal.

Elle s'intéresse au transport durable, plus précisément à l'estimation des émissions des gaz à effet de serre (GES) et des substances polluantes. Elle est diplômée en planification urbaine de l'Université de Téhéran et détient une maîtrise en géographie, en planification et en environnement de l'Université Concordia.

MM. Bélisle et Saunier et Mmes Morency et Nouri font une synthèse des résultats d'une étude visant à estimer les impacts potentiels des véhicules connectés (VC) sur les émissions de GES dans le contexte canadien.
À lire en **page 47**.

ILHAM BENYAHIA
Professor
Université du Québec en Outaouais (UQO)

Ilham Benyahia is a professor at the Department of Computers and Engineering at the Université du Québec en Outaouais.

She completed her Doctorate in Computing at the Université Pierre et Marie Curie in Paris, France (1993).

She worked as a researcher at the Institut de Recherche d'Hydro-Québec - IREQ (1995-1997). She is the director and chair of the ITS Canada Education Committee (2017-2021) and is a collaborating member of CIRRELT.

Her research interests include artificial intelligence and Intelligent Transportation Systems (for road safety problems).

GIANCARLO COLMENARES
Ph.D. student and researcher
Université du Québec en Outaouais (UQO)

Giancarlo Colmenares holds an MSc in Computer Science from the University of the Andes in Venezuela (2009) and is currently a Ph.D. candidate at the Université du Québec en Outaouais. His research activities in Intelligent Transportation Systems are related to self-driving cars, collision avoidance and cooperative driving for road safety.

He has shared a lot of his research results in journals and at international conferences.

FRANÇOIS BELLAVANCE
Professor
HEC Montréal

François Bellavance is a professor at the Department of Decision Sciences at HEC Montréal and a member of the CIRRELT, IVADO, RRSR and GERAD research centers.

He received his Ph.D. in Statistics from the Université de Montréal in 1994. His research activities are in statistics and data mining methods applied to various business and road safety issues. He was a member of the Quebec Road Safety Task Force (2005-2015) and the Board of Directors of the Canadian Association of Road Safety Professionals (2008-2015).

MM. Bellavance et Comenares et Mme Benyahia proposent une nouvelle approche pour gérer la sécurité routière de façon optimale, grâce à une solution combinant l'acquisition de grandes quantités de données temporelles au traitement avancé de l'intelligence artificielle et des statistiques. À lire en **page 52**.

PIERRE LAVIGUEUR
Directeur principal – Développement et innovation
STL

Pierre Lavigueur est à la Société de transport de Laval (STL) depuis 20 ans, et il y occupe actuellement le poste de directeur principal, Développement et innovation.

À ce titre, il est responsable de la coordination des activités d'organisation et de développement des services, du dossier de l'électrification des transports, des études préparatoires des grands projets et de plusieurs dossiers d'innovation.

SYLVAIN BOUCHER
Directeur – Entretien et ingénierie
STL

M. Boucher est employé au service de la Société de transport de Laval (STL) depuis près de 12 ans. Il possède un baccalauréat en génie mécanique ainsi qu'un certificat en gestion des opérations.

En tant que directeur de l'entretien et ingénierie à la STL, il collabore étroitement à la recherche et à l'évaluation de nouvelles technologies liées au transport collectif. Il est, notamment, responsable des essais d'autobus électriques à la STL, dans le cadre de l'électrification de la flotte.

GHEORGHE MUNTEANU
Chef – Gestion des grands projets et de l'électrification du réseau
STL

Gheorghe Munteanu est actuellement chef, gestion des grands projets et de l'électrification du réseau, à la Société de transport de Laval (STL).

Il a une expérience professionnelle de plus de 30 ans dans le domaine du transport collectif, dont 9 au sein de la STL.

Il est détenteur d'une maîtrise en recherche opérationnelle de l'École de technologie supérieure de Montréal et d'un baccalauréat en génie mécanique de l'Université technique d'Iasi, en Roumanie.

ANTOINE MALO
Conseiller technique – Entretien et ingénierie
STL

Travaillant pour la Société de transport de Laval (STL) depuis 2012, à titre de conseiller technique au département de l'entretien et de l'ingénierie, M. Malo a, notamment, été responsable du projet d'expérimentation de l'autobus électrique à recharge lente, en plus de participer aux tests de plusieurs autres autobus électriques.

Afin de mieux outiller la STL dans ses démarches de transition énergétique, il documente et analyse plusieurs projets d'électrification, en Europe et en Amérique du Nord.

MM. Boucher, Lavigueur, Malo et Munteanu illustrent l'engagement de la Société de transport de Laval (STL) en matière d'électrification de sa flotte, en présentant quatre cas concrets liés au réseau de transport public de Laval. À lire en **page 58**.

SYLVAIN BOISVERT
Vice-président – R et D
Logiciels Radio IP

Chez Logiciels Radio IP, leader de la sécurité des données mobiles, Sylvain est responsable de la recherche et du développement des solutions.

Diplômé de l'Université de Sherbrooke en génie électrique, il a amorcé sa carrière chez Nortel Networks, division « Digital Radio ». Après quelques années, il s'est joint à l'équipe de conception des produits « Optical Networks » en ingénierie des systèmes. Il est ensuite passé chez Alstom Transport, où il a créé le portefolio global des solutions d'information des passagers à bord du matériel roulant.

M. Boisvert souligne les défis à relever en matière de sécurité dans le monde des transports autonomes, du fait de la connectivité du véhicule à son environnement et de la cybersécurité de ses éléments intelligents. À lire en **page 64**.

STÉPHANE DUQUET
Directeur marketing
LeddarTech

Stéphane est un cadre expérimenté en matière de technologie qui compte plus de 20 ans d'expérience dans le domaine. Passionné de conception et de commercialisation de produits innovants, il se voue à la résolution des problèmes importants de notre monde.

En tant que directeur du marketing chez LeddarTech, il ne cesse de comprendre les tendances clés de ce marché en forte croissance qu'est celui de la détection et de la localisation, dans les secteurs des drones, de l'automobile et des systèmes de transport intelligents. Il est détenteur d'une maîtrise en marketing et d'un baccalauréat en administration des affaires de l'Université Laval de la ville de Québec.

M. Duquet fournit un aperçu de trois champs d'application intéressants fondés sur la technologie LiDAR solid-state pour mesurer la vitesse. À lire en **page 68**.

ROD SCHEBESCH
Vice-président régional – Transports (Ouest du Canada)
Stantec

Rod compte 25 ans de carrière en conception et construction d'infrastructures de transport. Il est reconnu pour sa capacité à bâtir des équipes performantes, afin de réaliser des projets complexes d'infrastructures de transport.

En s'appuyant sur la création de villes intelligentes, Rod cherche à rendre plus efficaces les infrastructures qui améliorent le milieu bâti. Son expérience au cœur de projets comme ACTIVE-AURORA, le plus important banc d'essai de véhicules connectés au Canada, lui permet de concevoir les systèmes de transport intelligents de demain.

MARTIN THIBAULT
Vice-président régional – Transports (Québec)
Stantec

Martin compte près de 25 ans d'expérience diversifiée en transport, tant au Québec que sur la scène internationale. Il est à la tête d'une équipe de 400 professionnels spécialistes des transports en commun, des ponts et ouvrages d'art, de la mobilité durable, de la planification des transports et de la circulation, des systèmes de transport intelligents et des transports ferroviaires et maritimes. Martin est passionné par le développement des réseaux de transport en commun, ainsi que par les transports électriques et les véhicules autonomes et intelligents.

MM. Schebesch et Thibault décrivent les progrès réalisés dans le cadre du projet ACTIVE-AURORA, le plus grand banc d'essai de technologie de véhicules connectés au Canada (à Edmonton en Alberta), grâce à une solide collaboration entre les universités, le gouvernement et l'industrie. À lire en **page 83**.

RYAN FALCONER
Integrated Planning Leader
ARUP Canada

Ryan Falconer holds a Ph.D. in Sustainability and Technology Policy and has published 30 peer-reviewed book chapters and entries, journal articles and conference papers.

Since joining Arup in 2010, he has worked for clients across Australia, the US, Canada and China.

Ryan holds a number of senior industry positions, including membership in the Urban Land Institute's management committee (Toronto) and the Toronto Region Board of Trade's infrastructure committee, in addition to representing the board on the GTAA consultative committee.

MELISSA FELDER
Transportation Consultant

Melissa Felder has been providing environmental consulting services for public and private sector clients across Canada since 2001, specializing in transportation and fleet management.

She has a Master's degree in Chemical and Biological Engineering (Hons.) from UBC. Melissa is currently assisting MaRS Discovery District in the delivery of the MaRS Data Catalyst Shared Mobility Transportation Program.

M. Falconer et Mme Felder circonscrivent la proposition de valeur associée aux différents services de mobilité, au travers de leurs avantages pour : les usagers ; les villes dans lesquelles ils sont offerts ; les réseaux de transport en commun avec lesquels ils coexistent ; ou leurs fournisseurs. À lire en **page 88**.

AMANDA LAM
Marketing and Communications Specialist
INVERS Mobility Solutions

Amanda is a Marketing and Communications Specialist at INVERS Mobility Solutions, an organization that makes mobility shareable through hardware and software capabilities.

Amanda has immersed herself in the shared mobility industry with her career, running local marketing efforts for car2go and now developing B2B campaigns with INVERS Mobility Solutions.

Mme Lam nous montre comment une organisation qui dispose d'une flotte de véhicules peut adopter une attitude écoresponsable, grâce à la mobilité partagée, et favoriser l'acceptabilité de ses utilisateurs, en instaurant les stratégies de communication appropriées. À lire en **page 93**.

HABIB SHAMSKHOU
Sub-sector Leader – Advanced Transportation Technologies
Stantec

Habib Shamskhou has nearly 31 years of experience managing a wide variety of transportation projects.

Originally trained as a transportation systems engineer, he is now a recognized authority on emerging advanced technologies in transportation.

Habib is focused on developing and growing Stantec's Connected and Autonomous Vehicles (CAV), Smart Cities and Intelligent Transportation Systems (ITS) across North America and internationally. The most recent multi-million-dollar projects Habib has been involved in include the GoMentum Station CV/AV Program in Contra Costa County California.

ARYA ROHANI
Senior Principal – Transportation
Stantec

Arya is an infrastructure and technology expert with extensive experience driving growth through innovation, teamwork and execution.

He specializes in advanced technologies, strategic planning, program management and building industry partnerships. His technology expertise on a global scale has resulted in significant achievements. More specifically Arya has been instrumental in positioning Stantec as a global leader in the field of Connected and Autonomous Vehicles (CAV), Intelligent Transportation Systems and Smart Cities.

MM. Shamskhou et Rohani nous parlent du centre d'essais américain GoMentum, dont l'approche interdisciplinaire regroupant de multiples organismes fait évoluer les technologies et crée une nouvelle économie du transport. À lire en **page 99**.

LISA JERRAM
Principal Research Analyst
Navigant Research

Lisa Jerram is a principal research analyst contributing to Navigant Research's Transportation Efficiencies program.

She analyzes emerging markets for new vehicle technologies for cars, trucks, and buses, electric vehicle charging equipment, innovative urban mobility solutions such as carsharing and ride-hailing, and fuel cells for transportation.

Mme Jerram étudie l'impact de l'arrivée des véhicules autonomes dans nos villes et les changements potentiels qui affecteront le paysage urbain.
À lire en **page 104.**

FRÉDÉRIC BLAS
Gérant
AC&A

Frédéric Blas est ingénieur civil et urbanisme de l'INSA de Lyon, et détient un master en mobilité urbaine (UPM et URJC, Madrid) et un MBA (UCEMA, Buenos Aires).

Possédant une expérience de plus de 10 ans, il a participé et dirigé de nombreux projets en infrastructure, en économie et en planification de systèmes de transports.

Il est actuellement gérant du département Études et planification d'AC&A (Argentine).

Il est également professeur des Facultés d'Ingénierie de l'Université catholique argentine (UCA) et de l'Université de Buenos Aires (UBA).

THOMAS MASSIN
Consultant

Thomas Massin est docteur en urbanisme et aménagement du territoire. Il a une expérience de dix ans dans le domaine des mobilités urbaines, acquise au sein de l'Institut pour la ville en mouvement et de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de France.

Il a également été conseiller politique du président de la Région Île-de-France pour la thématique des transports et chargé de cours à l'Université de Buenos Aires.

Actuellement, il travaille comme consultant pour la Mission de préfiguration de la métropole de Buenos Aires, dans le cadre d'un financement de la BID.

FLORENCIA RODRÍGUEZ
Consultante
AC&A

Florencia Rodríguez est sociologue de la UBA, et détient un master en économie urbaine (UTDT, Buenos Aires) et un MSc. en transport et planification urbaine de la University College London.

Elle est spécialiste en mobilités urbaines et a acquis son expérience professionnelle aussi bien dans le secteur public national que dans le secteur privé, au sein d'AC&A, où elle travaille depuis 2014.

Elle est également assistante technique à la Fondation Métropolitain, à la Fondation Études en Transport et pour le groupe de recherche MetroLab de la UBA.

MM. Blas et Massin et Mme Rodriguez nous éclairent sur les disparités qu'aura le déploiement des véhicules autonomes (VA), selon les régions du monde, les pays et les types de territoires concernés.
À lire en **page 109**.

NICOLAS HAUTIÈRE
Adjoint au directeur
du Département COSYS
IFSTTAR

Nicolas Hautière est adjoint au directeur du département Composants et Systèmes de l'Institut français des sciences et technologies des transports (IFSTAR), de l'aménagement et des réseaux, depuis janvier 2017.

En 2005, il obtient un doctorat, puis, en 2011, une habilitation à diriger des recherches en vision par ordinateur.

Formé en 2012 à l'École nationale des ponts et chaussées aux enjeux de politiques publiques pour le développement durable, il prend alors la direction du projet Route 5e génération.

FABIEN MENANT
Responsable de projet en
ausculation des routes
IFSTTAR

Fabien Menant est ingénieur de recherche et développement au sein du Laboratoire auscultation, modélisation et expérimentation des Infrastructures de transport à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTAR).

Depuis 2010, ses travaux portent sur la conception et le développement de systèmes innovants pour l'auscultation de surface des réseaux routiers.

En 2014, il obtient un doctorat en sciences pour l'ingénieur dont le sujet porte sur l'utilisation de capteurs bas-coût embarqués dans des véhicules traceurs, pour surveiller l'état des infrastructures routières.

MM. Hautière et Menant nous explicitent comment l'avènement de véhicules électriques, autonomes et partagés, adaptés aux enjeux de société, façonnera la route de 5e génération. À lire en **page 115**.

MOUHAMED ABDULLA
Marie-Curie Individual Fellow
Chalmers University
of Technology
Sweden

Mouhamed Abdulla is an EU Marie-Curie Individual Fellow at Chalmers University of Technology in Sweden. Until 2015, he was an NSERC Fellow with the Electrical Eng. Dept. of the University of Quebec.

He was with IBM Canada as a Senior Technical Specialist for 7 years.

He holds several awards from international organizations, the government, academia and the industry.

He was an IEEE Executive Committee member of the Montreal Section, where he was the Secretary in 2013 and Treasurer in 2014-2015.

KE WU
Professor
University of Montreal

Ke Wu is a Professor of Electrical Engineering at the University of Montreal. He is also the NSERC-Huawei Industrial Research Chair, Tier-I Canada Research Chair (2002-2016) and the Director of the Poly-Grames Research Center (2008-2014).

He was the President of the IEEE Microwave Theory/Techniques Society in 2016. He has been the recipient of many awards, including the Thomas W. Eadie Medal of the Royal Society of Canada in 2009, the Queen Elizabeth II Diamond Jubilee Medal in 2013 and the Marie-Victorin Prize (the highest distinction in engineering in Quebec) in 2014.

MM. Abdulla et Wu traitent des exigences techniques indispensables à une interconnectivité performante, en milieu urbain, entre les véhicules et tous les autres usagers de la route.
À lire en **page 123**.

Nouvelles des Tables d'expertise

Laszlo Dankovics

Durant la première moitié de l'année 2017, les Tables d'expertise ont tenu leurs réunions régulières et leurs discussions techniques et elles ont également travaillé à préparer les colloques qui marqueront le second semestre. Les membres des Tables d'expertise et des comités organisateurs d'événements ont ainsi multiplié leurs efforts, afin de produire des livrables de qualité.

La Table d'expertise sur la viabilité hivernale a organisé, au musée québécois de Culture populaire à Trois-Rivières, le mercredi 4 octobre, son colloque sur le thème « Des innovations pour améliorer la viabilité hivernale ». Ce colloque a présenté des expériences concrètes et novatrices portant sur la gestion des fondants et des déglaçants, sur les instruments et équipements de l'entretien hivernal des routes, des rues et des trottoirs, sur les changements de gouvernance en matière de viabilité hivernale, etc.

Forte du succès de l'édition 2016 de son colloque, la Table d'expertise ferroviaire travaille à mettre en place son prochain événement qui aura lieu, le 22 novembre 2017, à Montréal. Ce colloque abordera les thèmes d'actualité touchant le domaine ferroviaire sous deux angles majeurs : les questions de sécurité, notamment liées aux passages à niveau et au transport de matières dangereuses, et les questions d'aménagement urbain aux abords des chemins de fer.

L'AQTr soutient l'organisation de rencontres communes entre deux Tables d'expertise, à raison d'une à deux réunions de ce type par année. Les Tables Transport collectif et Mobilité durable ont ainsi tenu une réunion commune, le 15 juin dernier. Le sujet de cette rencontre tant attendu était les enjeux du transport à la demande et de l'autopartage. M. Christian Bisson du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports a abordé le projet pilote Uber et Mme Catherine Morency de Polytechnique Montréal a exposé les interactions entre les différents modes de transport, incluant le transport collectif, l'autopartage, le vélopartage, etc. Et enfin, M. Ludwig Desjardins de l'Autorité régionale de transport métropolitain (ARTM) a brossé un portrait de ce nouvel organisme qu'est l'ARTM : l'objectif de cette présentation était de répondre aux questions des différents partenaires concernant la nouvelle organisation instaurée par le projet de loi 76.

De même manière, une réunion commune des Tables d'expertise Sécurité dans les transports et Signalisation routière a été organisée, le 19 septembre dernier, et portait sur le thème de « La sécurité des piétons, le marquage ludique et les signaux lumineux ». Ces deux Tables d'expertise souhaitaient déjà, depuis longtemps, travailler ensemble. Au cours de ces derniers mois, elles ont d'ailleurs abordé des thèmes qui touchaient à des préoccupations communes, comme le concept de la Vision 0 ou la signalisation dynamique pour les piétons.

Pour finir, il faut encore signaler l'arrivée d'un nouveau directeur adjoint à la Table Mobilité intelligente-STI, M. Jean-François Barsoum d'IBM, ainsi que la nomination d'André Bahous en tant que directeur adjoint de la Table d'expertise Infrastructures.

Pour consulter les résumés de nos dernières activités, ainsi que les présentations dont les conférenciers ont accepté la diffusion, veuillez vous rendre sur le site Web de l'AQTr au **AQTR.com**. ■

LE QUÉBEC

Montréal, Québec

Le courant passe : les clients de la STM vivent l'expérience électrique

Pascal Renaud et Alexandra Ouimet

Montréal est la première ville en Amérique du Nord à participer au projet Cité Mobilité, un programme à l'essai qui regroupe l'expertise d'acteurs publics et privés autour d'un projet d'électrification des transports. La Société de transport de Montréal (STM) se positionne donc comme pionnière en électrification des transports collectifs, alors qu'en mai dernier elle mettait en service clientèle les premiers autobus québécois 100 % électriques, trois Nova Bus LFSe.

En 2010, la STM lançait un défi à l'industrie en se fixant l'objectif d'acquérir exclusivement des autobus à zéro émission à l'horizon 2025, et ce, en faisant appel aux technologies les plus performantes offertes en regard de son mode opératoire et de ses réalités d'exploitation. Plusieurs technologies de propulsion et de recharge sont actuellement sur le marché ou en cours de développement. L'expérimentation de ces technologies, conjointement avec l'industrie, représente une opportunité pour la STM d'influencer l'évolution et l'optimisation de l'offre de véhicules électriques. C'est dans cet esprit qu'elle a signé une entente de partenariat avec Nova Bus, membre du Groupe Volvo, en novembre 2013, dans le cadre du projet Cité Mobilité pour l'essai en service clientèle de trois autobus électriques à recharge rapide par conduction, c'est-à-dire à recharge par contact sur le toit de l'autobus. Ce projet de démonstration, avec quelques distinctions relatives au projet montréalais, est également déployé dans d'autres villes à l'international, dont Stockholm, Hambourg et Göteborg.

La STM s'est lancée dans ce projet avec l'objectif d'évaluer, dans des conditions réelles d'exploitation, les impacts de l'utilisation de ces autobus électriques à recharge rapide par conduction sur la planification et la livraison du service, l'entretien des autobus, l'exploitation des infrastructures et l'expérience client. De plus, cette démarche permet à la STM de faire l'acquisition de connaissances, afin de développer et d'exploiter un éventuel réseau de surface tout électrique. Pour ce faire, Nova Bus a conçu au Québec ce nouvel autobus, en conservant un habitacle apprécié de la clientèle et éprouvé au fil des années, mais en électrifiant la propulsion, les composantes auxiliaires et l'alimentation. Sur les 10 000 pièces que compte le nouvel autobus électrique, près du tiers ont dû être adaptées ou développées spécialement pour celui-ci, comparativement à un autobus au diesel.

La STM a choisi de déployer cette mise en service sur la ligne 36-Monk où, en période hors pointe, elle fait circuler trois autobus électriques. Cette ligne a été retenue pour le projet de démonstration, car elle est à l'image d'une ligne moyenne du réseau de la STM, notamment parce qu'une portion de ce circuit traverse le centre-ville, que la distance entre les deux extrémités de la ligne respecte l'autonomie du véhicule et que l'une de ces deux extrémités est située dans un terminus de la STM, au parc Angrignon. Une seconde borne de recharge rapide a été installée au square Victoria, alors que quatre bornes de recharge lente ont été mises en place au Centre de transport LaSalle, afin de recharger et d'équilibrer les batteries durant la nuit.

Le projet Cité Mobilité est à suivre, même s'il fait déjà de Montréal une vitrine de démonstration pour les technologies associées à l'électromobilité en réunissant les acteurs clés du secteur de la mobilité durable, et en mettant en valeur la créativité, l'ingéniosité et la culture d'innovation des entreprises québécoises

LES PREMIERS JALONS DE L'ÉLECTRIFICATION

Le mode de recharge rapide par conduction avec un pantographe a été retenu, parce qu'il s'agit une technologie connue, fiable et sécuritaire. Cette technologie existe déjà dans le domaine ferroviaire et consiste à faire passer le courant électrique depuis une ligne aérienne de contact vers un véhicule grâce à un pantographe. De plus, il s'agit d'une opération simple pour le chauffeur qui doit simplement positionner son autobus sous le pantographe et activer son frein de stationnement. À ce moment-là, le système détecte automatiquement la présence de l'autobus et active la descente du pantographe pour atteindre les barres de contact situées sur le toit. La recharge par conduction est effectuée en moins de cinq minutes. Une fois celle-ci terminée, le pantographe se rétracte et se trouve prêt à être utilisé par le prochain véhicule, alors que l'autobus qui vient d'être rechargé peut reprendre sa route, sa prochaine recharge étant prévue seulement à l'autre bout de la ligne. Si jamais l'une des deux stations de recharge rapide ne fonctionnait pas, l'autobus aurait malgré tout suffisamment d'autonomie pour rester en service et retourner à l'autre borne ou au centre de transport.

Les nouveaux autobus électriques de Nova Bus sont silencieux, climatisés et écologiques. Ils ont aussi fait l'objet d'un habillage distinctif, permettant à la clientèle de les reconnaître rapidement, en plus d'être physiquement similaires aux nouveaux autobus hybrides 12 m de la STM. Il est bon de noter que les véhicules électriques et hybrides ont des indices sonores trop faibles pour être entendus à temps par les piétons, les cyclistes et les personnes ayant des limitations visuelles, qui ont besoin du bruit, entre autres, pour identifier le véhicule qui approche et pour traverser une intersection. Pour signifier la présence de ses autobus électriques et minimiser l'impact de leur introduction sur les activités des personnes vivant avec des limitations fonctionnelles, la STM a

choisi d'utiliser le système sonore de la Nissan Leaf qu'elle a adapté aux trois autobus électriques.

Les avantages de l'autobus électrique de Cité Mobilité sont nombreux. À lui seul, le projet de la STM, prévoyant l'utilisation de trois autobus électriques sur la ligne 36-Monk au cours des trois prochaines années, permettra une réduction de 856 tonnes de GES. Il permettra aussi une diminution importante du niveau sonore ambiant, des vibrations à la structure, de l'usure des freins (grâce au freinage régénératif) et des inspections au moteur ; réduisant par la même occasion les coûts d'entretien. Il ne nécessite aucun système de dépoussiérage diesel ni de changement de filtre, limitant ainsi les déchets engendrés par son utilisation. De plus, il n'a besoin d'aucune transmission mécanique, pour une économie substantielle des coûts d'entretien. À priori, la STM estime que les autobus électriques nécessiteront moins d'entretien que les autobus réguliers, à moyen et long terme, notamment en raison de la diminution du nombre de composantes mécaniques (moteur, transmission, etc.). L'un des objectifs du projet Cité Mobilité est justement de constater les impacts de l'utilisation des autobus électriques sur les opérations d'entretien.

Le budget global du projet est de 16,7 M$, dont 11,9 M$ proviennent du ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports.

LA MARCHE À BLANC

Les premiers autobus ont été livrés au Centre de transport LaSalle, au début du mois de décembre 2016, après que l'équipe d'ingénierie STM eut effectué quelques jours de tests fonctionnels chez Nova Bus, à Saint-Eustache.

Cette livraison a coïncidé avec la mise en service de la station de recharge rapide du square Victoria, permettant ainsi une première recharge, le 20 décembre 2016. Cette date est importante, puisqu'elle marquait le début de la période d'essai hors service qui a permis la réalisation d'une série de tests effectués tant sur les véhicules que sur les stations de recharge, afin de valider la fonctionnalité des systèmes à bord.

Ces essais visaient, entre autres, à positionner le pantographe afin d'optimiser le contact avec l'autobus, à valider la communication entre le véhicule et la station de rcharge, à procéder à des essais de recharge avec différentes valeurs de courant, à implanter un système de gestion des alarmes et à documenter le tout dans un rapport de mise en service. Ces essais ont été menés par Nova Bus et Siemens, en collaboration avec la STM.

Au cours de la même période, l'équipe d'ingénierie autobus de la STM a réalisé des essais avec les autobus électriques en les soumettant à différentes conditions, comme un essai routier de 19 heures à très basse température ou un essai de dérapage et de freinage sur la neige et la glace. Elle a aussi procédé à la caractérisation de la consommation des trois autobus sur le parcours de la ligne 36, à la mesure des courbes d'accélération, à des essais de chauffage, de climatisation et de recharge rapide en position décalée. Bref, une série exhaustive de tests permettant à la STM d'en apprendre davantage sur les possibilités de ses nouveaux autobus.

Afin d'assurer leur intégration au Centre de transport LaSalle et de préparer la mise en service clientèle au mois de mai, l'équipe d'ingénierie d'exploitation a révisé l'ensemble des consignes et des procédures, afin de les adapter au fonctionnement des autobus électriques. Les chauffeurs, les mécaniciens et le personnel de soutien ont reçu une formation afin de maîtriser les particularités de ces véhicules, tant en matière de conduite et d'entretien que de sécurité.

UNE MISE EN SERVICE CLIENTÈLE RÉUSSIE

Les premiers passagers ont pu monter à bord d'un autobus Cité Mobilité, le 24 mai dernier. Depuis ses débuts en service clientèle, le nouveau véhicule suscite l'engouement, tant des usagers que des chauffeurs. Selon les premiers commentaires reçus, la clientèle apprécie particulièrement le confort, l'air conditionné et le fait que l'autobus soit moins bruyant. De plus, les usagers sont enthousiasmés par ce premier pas vers l'électrification du parc d'autobus. Ils sont d'ailleurs invités à donner leurs commentaires ou leurs suggestions, à la suite de leur expérience à bord des autobus électriques sur stm.info/36.

Il s'agit, toutefois, d'un projet à l'essai. La STM connaît déjà les enjeux liés au fait de posséder un parc exclusivement composé d'autobus de ce type, compte tenu des temps de recharge actuels qui l'obligeraient à se doter d'autobus supplémentaires pour pallier les temps de recharge au cours desquels les véhicules ne sont pas sur la route. Le nombre de bornes de recharge nécessaires représenterait aussi un grand défi, particulièrement au centre-ville, car l'espace occupé par chaque pantographe représente environ deux espaces de stationnement. L'installation des deux bornes actuelles démontre toutefois qu'il est possible de bien intégrer ces équipements à la trame urbaine.

Les trois prochaines années permettront à la STM de poser les premiers jalons de l'électrification de son parc d'autobus et aux usagers de constater les bénéfices des déplacements propulsés par l'électricité. Le projet Cité Mobilité est à suivre, même s'il fait déjà de Montréal une vitrine de démonstration pour les technologies associées à l'électromobilité en réunissant les acteurs clés du secteur de la mobilité durable, et en mettant en valeur la créativité, l'ingéniosité et la culture d'innovation des entreprises québécoises. ■

Montréal, Québec

Adoption et utilisation d'une offre d'autopartage jumelée à Montréal

Gregory Wielinski, Martin Trépanier et Catherine Morency

Présent depuis le début des années 90 dans la province, l'autopartage contribue de façon substantielle et durable à l'offre modale des Québécois. Communauto et car2go, respectivement à l'été et à l'automne 2013, ont influencé le portrait de la mobilité partagée à Montréal avec l'implantation d'une flotte de véhicules en libre-service intégral (LSI). Depuis quelques années, ce type d'autopartage gagne de plus en plus en popularité, notamment en raison de l'entrée de grands manufacturiers automobiles dans l'industrie de l'autopartage.

Le principal avantage pour les membres est que ceux-ci peuvent désormais effectuer des déplacements sans devoir revenir au point de départ et sans être contraints par un réseau de stations établi. Ils doivent seulement respecter les zones de couverture délimitées par l'opérateur, zones desquelles ils peuvent sortir avec le véhicule emprunté le temps d'effectuer leurs activités, mais dans lesquelles ils doivent revenir pour terminer leur réservation. De plus, étant donné que les deux opérateurs de la métropole ont développé leur service graduellement (24 voitures Auto-mobile en juin 2013 à plus de 605 en 2017), on peut supposer un changement progressif au niveau des habitudes de mobilité des membres, que ce soit entre le service traditionnel par stations (TRAD) et le LSI chez Communauto, ou même dans le porte-folio de mobilité des membres. Cet article propose une introduction à l'évolution de l'adoption des services de mobilité offerts aux usagers de Communauto sur la base de l'analyse des données opérationnelles et de géolocalisation des véhicules disponibles dans les deux types de service.

ADOPTION DES SERVICES

Le cas de Communauto est particulier, étant donné qu'il imbrique ses deux services dans une offre commune et complémentaire. En effet, le LSI, en raison de sa structure tarifaire ainsi que de la nature du service, est généralement plus avantageux pour de courts déplacements. Par contre, en 2014, Communauto a emboîté le pas, afin d'harmoniser ses tarifs pour les membres disposant d'un forfait du service régulier. Cela permet à ces derniers de débourser le tarif le moins dispendieux entre leur forfait TRAD et celui du LSI pour les déplacements faits avec un véhicule LSI (une durée minimale est requise). Ceci permet de faire sauter une barrière importante à l'utilisation du LSI par les membres du TRAD. On peut,

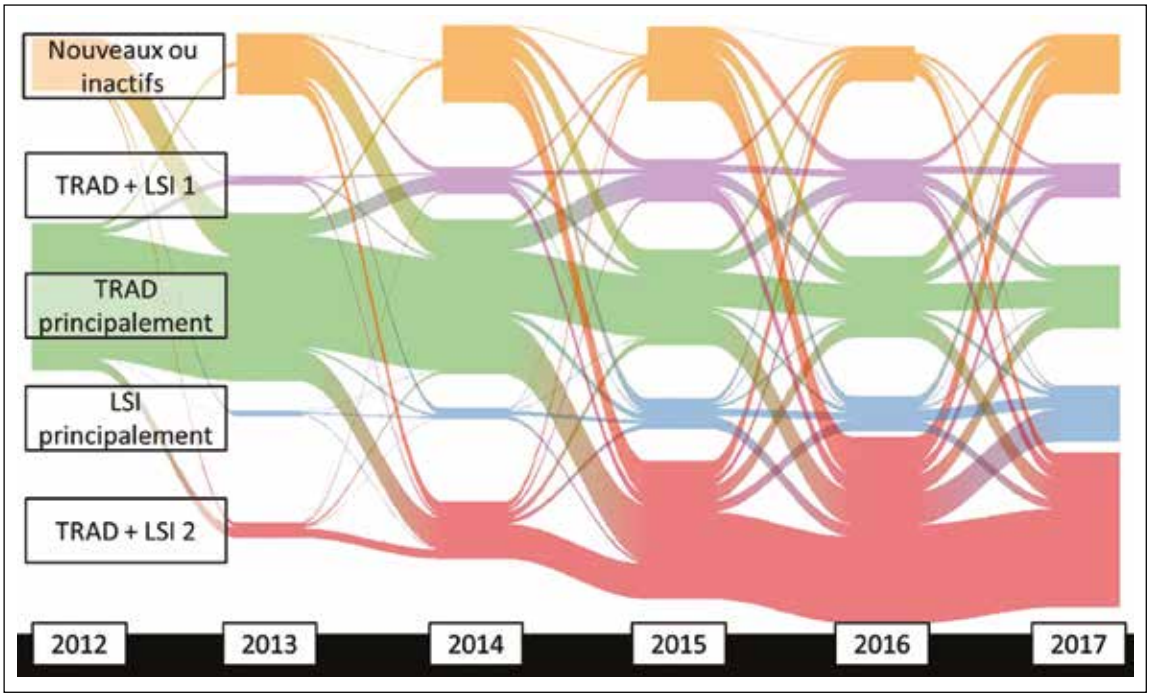


Figure 1
Diagramme de Sankey sur l'évolution de l'attribution des groupes d'utilisation, suite à un exercice de segmentation pour la période entre 2012 et 2017, pour les usagers ayant fait l'essai des deux services à au moins une occasion

par exemple, penser à un membre qui aimerait profiter d'un véhicule partagé le temps d'une fin de semaine pour une excursion non planifiée, mais qui n'a pas réservé son véhicule auparavant, et se retrouve à court étant donné le haut taux d'utilisation dans son secteur pour cette plage horaire. Il peut alors se rabattre facilement sur un véhicule *Auto-mobile* sans aucune conséquence sur sa facture mensuelle. Un autre cas de figure pourrait simplement être celui des usagers qui, avec le déploiement soutenu de nouveaux véhicules dans le réseau, ne prennent tout simplement plus la peine de réserver un véhicule du service régulier, étant donné le haut niveau de disponibilité des véhicules LSI dans leur secteur.

En observant les données opérationnelles de l'opérateur québécois pour les membres qui ont employé les deux services à au moins une occasion, on constate — depuis la mise en place d'Auto-mobile — une réduction du nombre de membres actifs recourant essentiellement au service régulier. Cette baisse est compensée par une augmentation soutenue des usagers utilisant quasi exclusivement le LSI et des membres utilisant les deux services de façon récurrente. Une analyse de segmentation temporelle auprès de ces membres entre 2012 et 2017 sur leurs habitudes d'utilisation (fréquences, durées, moments d'utilisation) permet de constater cette migration des types de membre.

La **figure 1** présente un diagramme de Sankey montrant le flux des membres entre différents groupes d'utilisation à travers le temps.

L'année 2012 ne comporte qu'un seul groupe, soit les « TRAD principalement », composé de membres utilisant presque exclusivement le service traditionnel en stations, ce qui est naturel étant donné qu'Auto-mobile ne fait pas encore partie de l'offre de Communauto. Ce groupe qui constitue 85,7 % de ces membres actifs en 2013 n'est plus qu'à 20,6 % en 2017. Un exode des membres de ce groupe vers d'autres groupes s'est alors produit, surtout vers les deux groupes « TRAD + LSI ». La différence entre les deux est que le premier groupe comprend des membres qui semblent utiliser le libre-service intégral comme un service de rabattement, avec des durées d'emprunt élevées et une fré-

quence d'accès au service inférieure à celle des autres groupes. Tandis que les «TRAD + LSI 2» utilisent les deux services de façon plus distinctive, du moins en ce qui a trait à la durée d'utilisation, comme on devrait s'y attendre, soit une durée plus courte pour le libre-service intégral et plus longue pour le service basé-stations. Cet exode est tout à fait logique, puisque les barrières à l'entrée pour utiliser Auto-mobile ont été réduites avec les politiques de Communauto. En observant de plus près le groupe «TRAD + LSI 2», on constate qu'entre 2016 et 2017, une grande proportion de l'augmentation du groupe «LSI» (composé de façon quasi exclusive de membres n'utilisant que le libre-service intégral) est attribuable à des membres de «TRAD + LSI 2». Ainsi, un certain équilibre s'établit: des membres qui autrefois n'avaient accès qu'au service basé-stations préfèrent maintenant utiliser davantage le LSI, ce service répondant sans doute mieux à leurs besoins. Il faut également savoir qu'Auto-mobile n'implique pas de coût fixe annuel lors de l'abonnement, ce qui peut être une option attrayante pour des usagers plus occasionnels. Pour les usagers qui sont toujours au sein des «TRAD principalement» en 2017 (20,6 %), 79,4 % d'entre eux résident à l'intérieur de la zone de couverture du service Auto-mobile. Étant donné que la proximité à la zone de couverture est un critère important dans l'adoption du service LSI, on peut présumer que le service en stations répond pleinement aux besoins de ce sous-ensemble d'usagers.

Communauto et car2go, respectivement à l'été et à l'automne 2013, ont influencé le portrait de la mobilité partagée à Montréal avec l'implantation d'une flotte de véhicules en libre-service intégral (LSI)

UTILISATION DES SERVICES

Depuis plusieurs années, le service traditionnel en station de Communauto permet à ses membres d'effectuer des déplacements planifiés avec retour à la station. Le service Auto-mobile permet d'effectuer quant à lui des emprunts en sens unique, mais également des emprunts avec retour à l'origine. Les cas d'utilisation du service LSI sont donc divers. À l'aide de deux méthodes de calcul, une catégorisation des emprunts effectués avec les véhicules du libre-service intégral a été conçue pour évaluer les différentes utilisations possibles du service. On classe alors les emprunts des usagers selon quatre types non mutuellement exclusifs (un emprunt peut être catégorisé dans plus d'une classe):

1. Sens unique: emprunts sans retour à l'origine;

2. En boucle: emprunts avec retour à l'origine;

3. Symétrique: deux emprunts en sens unique effectués à l'intérieur d'un intervalle de 12 heures, dont l'origine du deuxième emprunt se fait à proximité de la destination du premier trajet, tandis que la destination du second emprunt se fait tout près de l'origine du premier départ;

4. Travail: l'emprunt du matin en semaine est effectué près du domicile du membre; l'emprunt du retour de l'après-midi débute près de la destination du matin et se termine également à proximité du domicile.
*Les résultats sont présentés à la **figure 2**.*

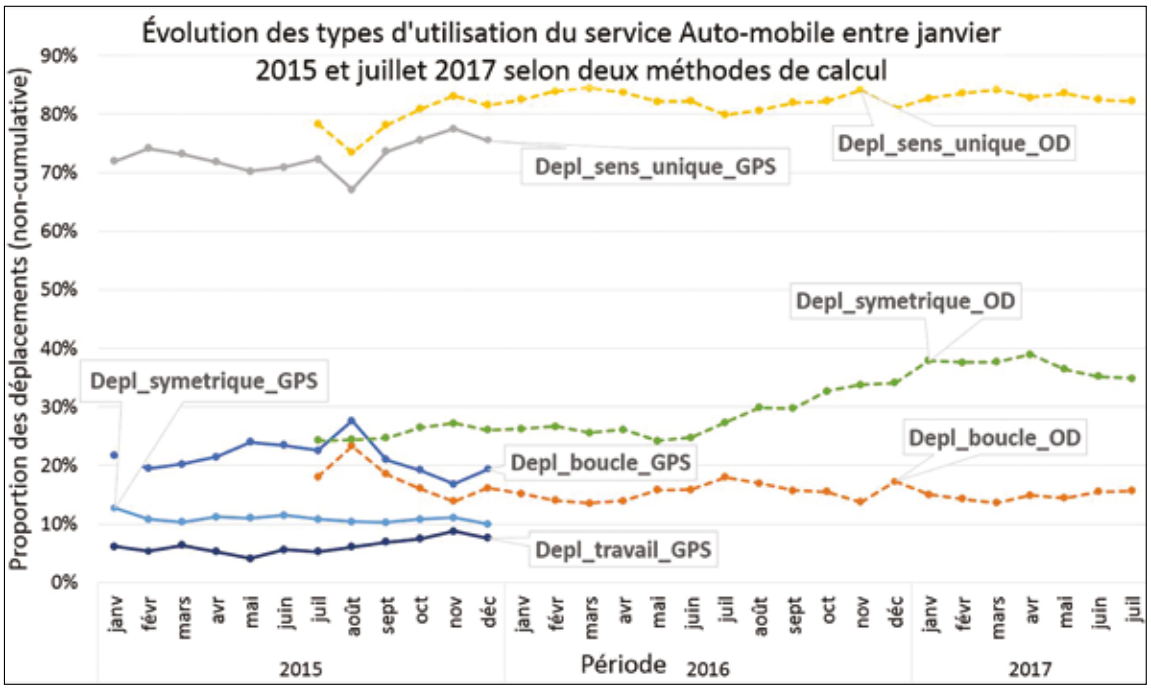


Figure 2
Évolution de la proportion d'utilisation (non exclusive) du service Auto-mobile selon deux méthodes de calcul; selon les données GPS (lignes pleines) ou les données origine-destination capturées via l'API (lignes hachurées)

Les résultats sont scindés selon la technique employée: pour la période complète de l'année 2015, le détail des déplacements des véhicules (précision GPS de 10 secondes, approximativement) a été analysé, tandis que pour la période entre juillet 2015 et 2017, seules les origines et les destinations ont été capturées au moyen des données sur la localisation des véhicules disponibles de Communauto. La première méthode (GPS) permet alors d'obtenir des résultats plus détaillés sur la chaîne de déplacements et permet également d'assigner un membre à l'emprunt, tandis que la seconde (OD) ne nous permet pas de connaître le détail de l'emprunt ni de l'usager en question.

On peut donc constater que le service est utilisé principalement afin d'effectuer des emprunts en sens unique (~70-85 %) (L'origine et la destination sont espacées d'au moins 750 m). Les emprunts en boucle sont donc quasi complémentaires de ceux faits en sens unique, puisqu'ils sont considérés pour tous les emprunts sous le seuil des 750 mètres et qu'ils durent au moins 30 minutes. Les emprunts symétriques sont intéressants, car ils permettent d'évaluer comment s'insère un mode sans ancrage, comme le LSI, dans l'ensemble des autres modes de transport de la ville. Un haut taux implique que les usagers utilisent le même mode de transport pour l'aller et le retour. La première méthode oscille autour du seuil des 10 %, tandis que pour la seconde méthode, le taux se retrouve autour des 25 % avant d'augmenter à partir de l'été 2016. Pour la méthode GPS, le membre est utilisé comme critère discriminant, tandis que la méthode OD ne se base que sur l'origine et la destination. Le taux se rapproche donc davantage de la réalité dans le cadre de la méthode GPS. Pour ce qui est de l'augmentation observée, ce taux est directement corrélé dans le temps avec une augmentation du parc de véhicules, ce qui a probablement augmenté la densité des déplacements dans un secteur, se traduisant par une augmentation du taux d'emprunts catégorisés « symétriques ». L'augmentation de la densité des véhicules dans le service peut également augmenter l'attractivité du service LSI comme mode unique pour les déplacements aller et retour, mais la méthode de collecte ne permet pas de statuer clairement sur la question.

Les emprunts pour le motif travail sont déduits et ne peuvent être estimés que par la méthode 1. Ces emprunts (5 à 10 %, approximativement) sont un sous-ensemble des emprunts symétriques, mais le jour de la semaine ainsi que l'heure sont alors considérés comme des contraintes. Pour ces 12 mois de données, on observe une certaine tendance à la hausse pour ces emprunts travail. En septembre 2015, Communauto présente une nouvelle offre commerciale, soit Auto-mobile illimité. L'offre, conçue sur le modèle du vélopartage, permet à l'abonné de bénéficier des 30 premières minutes incluses dans le prix du forfait. Cette offre pourrait inciter à l'utilisation plus fréquente du service, mais son impact sur les emprunts travail est difficilement estimable étant donné l'échantillon à notre disposition.

CONCLUSION

L'introduction du service Auto-mobile en 2013 a permis de bonifier l'offre modale aux membres de l'autopartage dans la métropole. Cette avenue a permis de créer plusieurs classes d'usagers et des types de déplacements divers, pas seulement à cause de son implantation, mais bien par l'intégration commune, de la part de Communauto, des deux services sous une offre jumelée et complémentaire. Les membres peuvent alors bénéficier d'une liberté accrue quant à leur type d'abonnement ainsi que leur utilisation, ce qui ultimement augmente l'attractivité de l'autopartage sur l'île. Le grand taux d'emprunts en sens unique et un bas taux d'emprunts symétriques jumelés à un déploiement du service Auto-mobile, près de pôles importants en transport en commun, projettent un potentiel fort intéressant d'insertion du service Auto-mobile dans le cocktail de mobilité de la ville.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'opérateur d'autopartage Communauto et le CRSNG pour leur participation à cette étude. ■

Des applis à l'infrastructure, jusqu'à l'infonuagique et à l'intégration de systèmes, Fujitsu est votre partenaire de choix pour une offre complète orientée vers la ville intelligente.

Venez nous rencontrez à ITS World et découvrez comment nous pouvons vous accompagner dans vos décisions.

FUJITSU

shaping tomorrow with you

© Copyright 2017 Fujitsu Network Communications, Inc. All Rights Reserved.

Montréal, Québec

Définir la voie d'avenir en transport urbain collectif

Yves Provencher

La conscientisation environnementale a amené la population mondiale, au cours des dernières années, à mieux repenser son empreinte écologique et à poser les gestes nécessaires pour réduire les sources de pollution. Parmi les différentes options préconisées par les milieux urbains, le transport en commun s'inscrit comme une approche simple et efficace pour réduire les gaz à effet de serre, par une diminution de la consommation de carburant de source automobile. Toutefois, une partie de la population est toujours réticente à adopter les modes de transport collectif.

Les besoins en mobilité de personnes ne cessent de croître. Toutefois, une mobilité accrue ne veut pas nécessairement dire plus de voitures : la congestion dans les villes affecte grandement la mobilité des individus et des biens, en plus d'être une source majeure de pollution. La solution semble plutôt résider dans la diminution du nombre de voitures et, pour atteindre un tel objectif, des options efficaces, économiques et attrayantes doivent être mises à la disposition des utilisateurs.

REPENSER LA MOBILITÉ URBAINE

Depuis quelques années, la popularité du transport en commun stagne, voire est en perte de vitesse un peu partout en Amérique du Nord. Toutes les grandes villes canadiennes ont vu leur taux d'achalandage décroître ou stagner dans le meilleur des cas (figure 1). Le phénomène est le même aux États-Unis, où des baisses d'achalandage allant jusqu'à 11 % ont été notées de 2015 à 2016 (par ex. Austin, Washington) (tableau 1).

De nombreuses hypothèses sont avancées pour expliquer ce déclin : prix du carburant trop faible, compétition venant de services comme Uber, popularité croissante du vélo, etc. Pour contrer ce phénomène, on investit massivement dans les systèmes de transport rapide par bus ou de trains légers sur rail, mais rien n'y fait. À titre d'exemple, la ville de Los Angeles (Californie), qui a investi des milliards de dollars dans un nouveau train léger sur rail, a quand même vu son achalandage baisser de 7,6 % au cours de la dernière année.

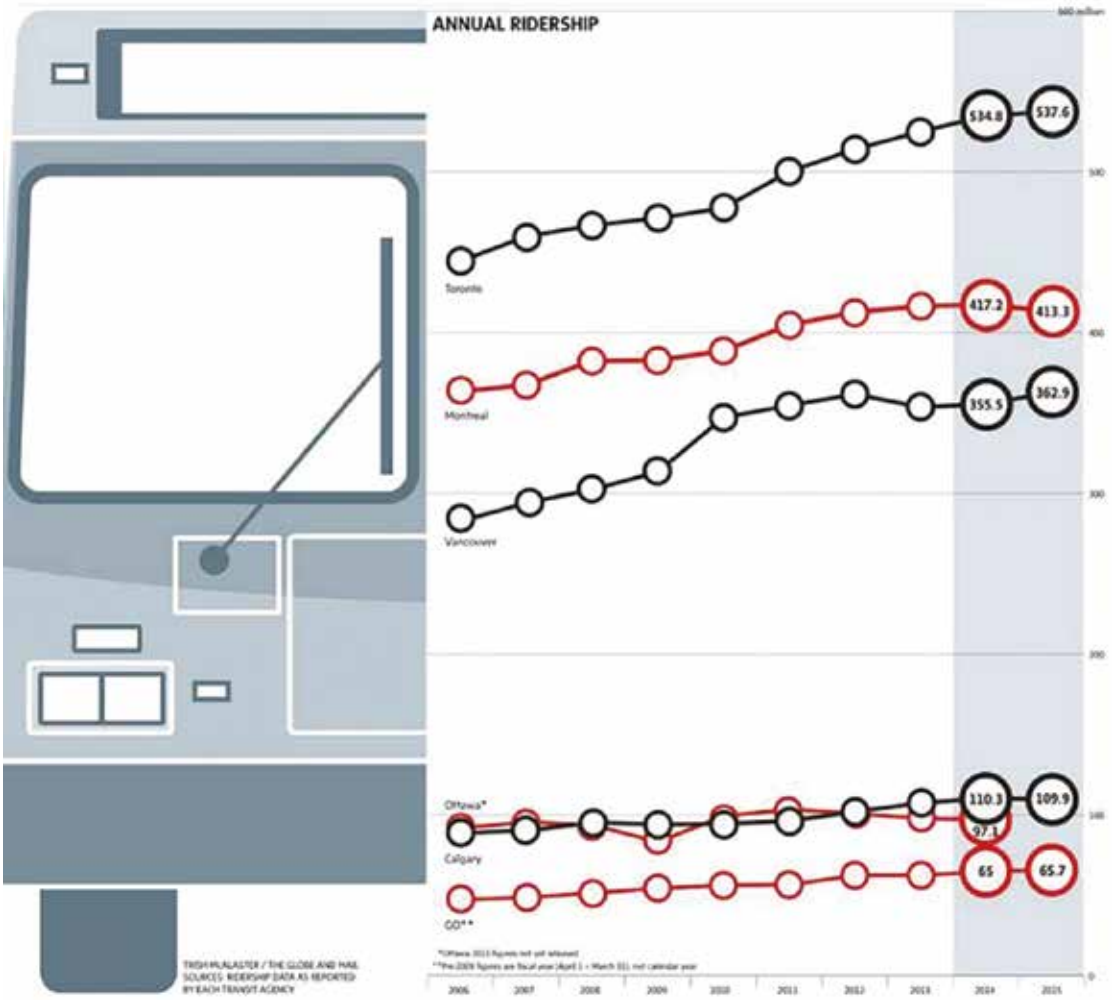


Figure 1
Utilisation globale annuelle des transports collectifs pour différentes villes canadiennes

SOURCE
https://www.theglobeandmail.com/news/politics/drop-in-transit-ridership-has-officials-across-canadastumped/article30178600/

Bien sûr, toute statistique présente des exceptions. Ainsi, dans le cas des transports collectifs, certaines villes ont vu leur achalandage augmenter. Attardons-nous donc sur ce qui les caractérise.

Houston, au Texas, une ville pétrolière par excellence (essence à 1,80 $/gal au moment d'écrire ces lignes), a connu un accroissement de son achalandage de 6,8 % entre 2015 et 2016, et ce, après des années de décroissance. Pour y arriver, les autorités ont complètement revu leur réseau pour passer d'un système de plaques tournantes (*hub and spokes system*) à un système de réseau (*grid*) mieux adapté à son environnement. On a aussi offert des horaires plus flexibles, en plus d'étendre le service les soirs et fins de semaine. Le service d'autobus a vu son achalandage croître d'un modeste 1,2 %, alors que la plus forte augmentation, soit 16 %, a été enregistrée pour le train léger sur rail. Selon Kirk Hovenkotter, coordonnateur national chez TransitCenter, la situation s'explique par le fait que Houston desservait une ville qui n'existe plus, soit une ville où les gens travaillent de 9 h à 17 h. La ville de Seattle (Washington) a procédé à des changements similaires, étape par étape, tout en améliorant la connectivité de son service entre les divers modes. Elle a aussi réussi à arrêter l'hémorragie et a vu son achalandage augmenter dans la dernière année.

UZA NAME	Sum of 2015	Sum of 2016	Change
Seattle, WA	178,640,154	185,913,534	4.1%
Houston, TX	83,285,295	85,180,489	2.3%
Milwaukee, WI	40,610,851	41,476,982	2.1%
Detroit, MI	36,734,180	37,079,598	0.9%
New York-Newark, NY-NJ-CT	4,222,700,561	4,241,214,495	0.4%
San Francisco-Oakland, CA	454,952,418	454,996,256	0.0%
Boston, MA-NH-RI	403,464,723	402,554,159	-0.2%
Pittsburgh, PA	63,990,430	63,570,697	-0.7%
Denver-Aurora, CO	101,021,365	99,777,407	-1.2%
Portland, OR-WA	112,440,100	110,985,034	-1.3%
San Antonio, TX	37,983,886	37,290,201	-1.8%
Salt Lake City-West Valley City, UT	44,909,741	43,776,825	-2.5%
Minneapolis-St. Paul, MN-WI	96,636,368	93,716,857	-3.0%
Chicago, IL-IN	623,466,948	603,747,357	-3.2%
Urban Honolulu, HI	68,587,549	66,361,162	-3.2%
Las Vegas-Henderson, NV	72,044,767	69,420,973	-3.6%
Dallas-Fort Worth-Arlington, TX	75,998,371	72,137,725	-5.1%
Baltimore, MD	111,070,976	105,214,371	-5.3%
Atlanta, GA	141,154,134	132,925,293	-5.8%
Philadelphia, PA-NJ-DE-MD	369,644,085	346,276,496	-6.3%
Phoenix-Mesa, AZ	69,525,177	64,898,486	-6.7%
San Diego, CA	94,921,830	88,507,937	-6.8%
St. Louis, MO-IL	47,250,866	44,020,031	-6.8%
Cleveland, OH	46,844,074	43,507,057	-7.1%
Los Angeles-Long Beach-Anaheim, CA	619,459,557	572,589,716	-7.6%
San Jose, CA	44,718,244	40,763,554	-8.8%
Miami, FL	156,449,301	141,556,090	-9.5%
Washington, DC-VA-MD	441,222,366	396,260,838	-10.2%
Austin, TX	32,795,531	28,893,986	-11.9%
San Juan, PR	38,853,326	32,289,221	-16.9%

Tableau 1
Écart d'utilisation des transports collectifs pour différentes villes américaines

SOURCE
Transit ridership fell in all but a handful of cities last year.
Chart: Seattle Times

Comme le prouvent ces exemples, il faut, pour raviver l'achalandage dans le transport en commun, penser multimodalité, connectivité et surtout flexibilité. Le concept du premier et du dernier kilomètre est aussi excessivement important dans le choix du mode de transport. Comme on le constate, l'attrait pour l'utilisation du véhicule personnel demeure très élevé, si l'usager doit emprunter sa voiture pour rejoindre le service de transport en commun ou si ce dernier le dépose trop loin de sa destination; plusieurs personnes privilégieront alors le fait de prendre leur véhicule personnel pour tout le trajet.

LE PRINCIPE DU PREMIER ET DU DERNIER KILOMÈTRE

On attribue cette situation au manque de solutions de transport pour le premier et le dernier kilomètre. En effet, il est primordial d'offrir une solution attrayante et efficace pour convaincre le

passager éventuel d'abandonner son véhicule personnel.

Différentes grandes agglomérations tentent de dissuader les automobilistes d'accéder aux centres-villes avec leur véhicule, voire de carrément laisser leur voiture à la maison; Londres est sans doute l'exemple le plus frappant avec son système de péage pour accéder au centre-ville. Tous s'entendent toutefois sur le fait qu'on ne peut limiter l'accès aux centres-villes sans offrir de solutions de rechange adéquates et attrayantes pour convaincre les automobilistes d'abandonner leur voiture. Il est permis de croire qu'il s'agit de l'occasion rêvée et qu'il ne faut pas la rater. En effet, l'arrivée des voitures autonomes modifiera complètement la manière dont les automobilistes envisageront le temps de déplacement. Si un individu peut vaquer à d'autres occupations durant son trajet, dans le confort de sa voiture, ceci pourrait s'avérer une grande concurrence au transport en commun, selon certains.

Rien ne porte à croire, toutefois, que cette place reviendra d'emblée au véhicule autonome individuel. En effet, la congestion qui s'ensuivrait, ainsi que le coût de telles voitures individuelles, pourraient décourager la majorité des voyageurs. La solution se trouvera plutôt dans un véhicule partagé, qui est plus durable et économique.

PLACE À LA MOBILITÉ URBAINE CONNECTÉE

L'utilisation du transport en commun doit être repensée pour répondre aux nouvelles attentes de la clientèle potentielle. Les méthodes de mobilité collective se doivent d'être valorisées et optimisées pour désengorger les réseaux routiers et surtout améliorer la qualité de vie des citoyens. On remarque d'ailleurs une hausse de popularité du transport en commun là où des solutions multimodales plus flexibles sont mises en place.

La mobilité urbaine connectée est sans contredit la voie de l'avenir pour les systèmes de transport en commun

Une autre considération importante à la réussite du projet est l'adaptation du mode de transport aux conditions climatiques qui prévalent, c'est-à-dire un système de transport autonome et connecté quatre-saisons, de manière à permettre aux usagers d'obtenir le même confort et le même niveau de service, et ce, quelles que soient la saison et les conditions climatiques.

UN PROJET NOVATEUR EN MOBILITÉ ÉLECTRIQUE À MONTRÉAL

Récemment, la région de Montréal est devenue le centre d'un projet de solution en mobilité urbaine connectée, quand un groupe de partenaires majeurs a fait l'annonce d'un projet de collaboration pour la conception de véhicules électriques automatisés. Rassemblant Groupe PIT de FPInnovations, ABB Inc., Ericsson Canada inc., Motrec International inc. et Technoparc Montréal, le groupe de partenaires prévoit la conception, le développement, la production et la commercialisation d'une solution de

mobilité urbaine connectée complémentaire aux systèmes de transport collectif existants et adaptée aux conditions hivernales rigoureuses d'ici.

La solution envisagée est composée d'une navette autonome et connectée à l'ensemble de l'offre de transport pour en faire un mode de déplacement efficace. Le système envisagé répondra au concept MaaS (*Mobility as a Service*), un modèle misant sur la complémentarité de tous les moyens de transport en les combinant. Le concept rassemble des options de différents fournisseurs de services de transport en un seul service mobile, éliminant du même coup les problèmes de planification et fonctionnant selon un paiement unique.

Le système montréalais sera conçu par des entreprises québécoises qui connaissent les conditions des hivers ici et qui sauront tenir compte des caractéristiques qui composent la population, en termes de géographie, de démographie, etc. Entre autres, il faut pouvoir tenir compte du vieillissement de la population et répondre aux besoins de personnes dont la mobilité pourra être plus exigeante, tout en s'adaptant à une population jeune et dynamique qui n'hésite pas à utiliser le vélo, même dans des conditions de neige abondante. Le concept est prévu pour être exportable vers d'autres environnements urbains.

UNE SOLUTION ADAPTÉE À L'AVENIR

La solution de transport urbain est composée d'une navette autonome et connectée à l'ensemble de l'offre de transport, pour en faire un mode de déplacement efficace. Intégrée dans un concept MaaS à l'ensemble des services de transport en commun d'une région, la navette pourra être synchronisée avec les autres offres de transport en mode multimodal ou appelée, sur demande, par téléphone intelligent. Ainsi, ce système de micro-transit alimenterait les systèmes de transport plus lourds tels que les autobus, trains et métro.

Le véhicule développé dans le cadre du projet montréalais sera le seul véhicule de ce genre qui saura circuler efficacement en conditions hivernales. Étant entièrement électrique et sans émission, les navettes pourront circuler à l'intérieur des infrastructures pour prendre et déposer des passagers. De plus, la possibilité d'offrir des navettes « signature » permettra à chaque client de personnaliser sa flotte de navettes, grâce au design modulaire du véhicule. Les opérateurs apprécieront sa polyvalence et son efficacité, grâce la recharge occasionnelle intelligente qui permettra d'optimiser le temps d'opération des navettes et de minimiser le nombre de navettes requises pour offrir un service donné.

Ville de design et de talents créatifs, de joueurs de calibre mondial dans les domaines de la vidéo, du numérique et de l'intelligence artificielle, Montréal bénéficiera d'une ouverture privilégiée pour les acteurs qui souhaiteraient contribuer à la commercialisation du projet par le biais d'une expérience client et d'une interface numérique optimale pour les usagers.

La mobilité urbaine connectée est sans contredit la voie de l'avenir pour les systèmes de transport en commun. De plus, la grande polyvalence des partenaires à la tête du projet montréalais devrait permettre de générer un environnement adapté aux conditions climatiques particulières de cette ville, tout en tenant compte des besoins de ses différents types d'utilisateurs. ■

Montréal, Québec

Pour un transport public de nouvelle génération : plus efficace, mieux adapté et plus intégré

Alexandre Savard

LA MOBILITÉ À L'ÈRE DE LA 4e RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

Plus que centenaire, le transport public contribue à structurer l'urbanisation et à favoriser les déplacements des citoyens. Au cours de son existence, il a dû constamment évoluer pour s'adapter au contexte changeant des villes. Aujourd'hui, le transport public est à la croisée des chemins. Dans plusieurs régions du monde, dont la région métropolitaine de Montréal, la part modale du transport public est décroissante ou stable[1]. Et si elle croît, ce n'est souvent pas à un rythme suffisant pour soutenir l'urbanisation ou freiner la motorisation[2]. De plus, l'image du transport public est trop souvent affaiblie par des considérations politiques, de financement, de fiabilité ou de manque d'innovation. Cette perception est amplifiée par une société plongée dans un univers d'instantanéité, de modernité et d'hyperconnectivité. Le monde entre dans la 4e révolution industrielle, celle de l'automatisation, des données massives et de l'intelligence artificielle. Toutes les sphères de notre société seront touchées, incluant les transports.

Plus que jamais, l'écosystème traditionnel de la mobilité est perturbé. Des technologies novatrices sont aujourd'hui à nos portes ou le seront dans un avenir rapproché. Des innovations comme les véhicules autonomes, l'Internet des objets et les dernières percées en matière d'intelligence artificielle font l'objet d'une médiatisation sans précédent. Le fait que les leaders en matière de véhicules autonomes ne fassent pas partie de l'industrie automobile dite « traditionnelle », mais soient des entreprises de haute technologie, comme Google, Tesla et Uber, est une preuve de ce bouleversement. Il en va de même du bouillonnant secteur des nouveaux services de mobilité. Quelles que soient les répercussions que les services de transport à la demande et d'autopartage ou bien d'autres offres ont sur les collectivités ou le cadre réglementaire auquel ils se frottent, l'innovation en transport n'a jamais été aussi foisonnante. Et qu'en est-il des nouveaux modèles d'affaires émergents, comme l'approche MaaS (*Mobility as a Service*), qui vise à consolider les services de transport d'une région dans une offre intégrée ? À l'instar du secteur hôtelier (hotels.com, Expedia, Trivago, etc.) ou du divertissement (Netflix, HBO Now, Amazon Video), la société devient celle de la

dématérialisation et de la fusion des services. Intégrer les modes de transport n'est pas un nouveau défi en soi, mais il semble que de plus en plus d'acteurs de l'industrie cherchent à le relever et qu'une conjoncture technologique et sociale rende cet objectif possible.

Dans ce contexte, le transport public doit se remettre en question et s'affirmer de nouveau. Pourquoi et comment demeurer un acteur central de la mobilité ? Comment accroître la part modale du transport public tout en s'intégrant mieux aux autres modes de transport ? Comment offrir à la fois des services efficaces, adaptés et intégrés qui contribueront davantage au développement économique, au développement durable et à la qualité de vie des citoyens ? Comment tirer profit des plus récentes innovations pour favoriser la fluidité des villes plutôt que de rendre la congestion urbaine « confortable » ? Comment faire un meilleur usage des fonds publics et des ressources disponibles ? Plus fondamentalement, comment repositionner le transport public au cœur de la mobilité d'aujourd'hui et de demain ?

LES DONNÉES : MOTEUR D'UN TRANSPORT PUBLIC DE QUALITÉ, PERFORMANT ET ADAPTÉ À LA DEMANDE

Avec l'étalement urbain, les changements sociodémographiques et la multiplication des options de mobilité, les modèles de déplacement des personnes sont de plus en plus complexes et diversifiés. Tout fournisseur de services de transport, qu'il soit public ou privé, cherche à arrimer son offre à la demande. Pour ce faire, connaître précisément les origines, les destinations, les contraintes et les modes privilégiés de déplacement des usagers prend une importance cruciale. Pour le transport public, comptabiliser le nombre de passagers qui montent ou descendent aux arrêts n'est plus suffisant : il est nécessaire de connaître le déplacement *porte à porte* des usagers pour assurer le meilleur arrimage entre l'offre et la demande. Ce n'est qu'en ayant une

compréhension approfondie de leurs profils de déplacement que le transport public peut ajuster son offre existante, pour la rendre plus efficace et offrir de nouveaux services mieux adaptés, voire s'allier avec d'autres fournisseurs pouvant mieux répondre à certains besoins. Cette connaissance implique, toutefois, l'acquisition, le stockage et le traitement de données de plus en plus importantes, allant des comptages automatiques de passagers, aux enquêtes origines-destinations et à l'utilisation de données d'appareils mobiles.

Connaître précisément la demande de déplacements n'est que l'une des composantes d'une offre efficace de transport public : avoir une maîtrise poussée de l'offre, de la performance et de la gestion des ressources l'est tout autant. Une organisation de transport public efficace doit disposer de données précises sur sa desserte, sa capacité, son achalandage et ses niveaux de services. L'adage disant que « ce qui ne peut pas être mesuré ne peut pas être géré » n'a jamais été aussi vrai qu'aujourd'hui.

Cette utilisation massive des données sur les déplacements et l'offre de transport public, combinée aux puissants outils de planification et d'optimisation disponibles aujourd'hui, possède le potentiel de transformer considérablement le visage du transport public. Généralement sous-utilisées, les données massivement collectées et stockées, chaque jour dans les organisations de transport public, doivent être davantage exploitées et valorisées. Les données sont la matière première du monde d'aujourd'hui et leur analyse est la clé du succès des plus puissantes entreprises de la planète. Elles sont non seulement le nouveau pétrole de la 4e révolution industrielle3, mais aussi à la base des nouveaux services qui bouleversent le secteur des transports.

LE TRANSPORT PUBLIC COMME LEADER D'UN NOUVEAU MODÈLE DE MOBILITÉ EN TANT QUE SERVICE

Pour innover davantage, le transport public doit plonger sans hésiter dans l'intégration et l'analyse des données, en considérant ces dernières comme une ressource de premier plan d'aussi grande valeur que ses employés, son matériel roulant et ses infrastructures. C'est en adoptant cette culture d'innovation que peuvent émerger des services novateurs comme le microtransit, le transport à la demande et des modèles comme la mobilité en tant que service (*Mobility as a Service*). Grâce, entre autres, aux importantes percées en intelligence artificielle, les outils d'analyse, de planification et d'optimisation de l'offre de transport public offerts aujourd'hui ne feront qu'évoluer pour donner plus de possibilités aux autorités et aux opérateurs de transport public. Les logiciels et les algorithmes d'optimisation que GIRO a mis au point, par exemple, permettent de planifier avec rigueur et précision des services de transport à la demande dans une région donnée, d'en analyser les coûts et la qualité, puis de mettre en œuvre ces services en les intégrant au transport public traditionnel. Par conséquent, ces outils d'optimisation permettent de réduire les coûts d'exploitation et d'accroître l'offre de transport dans des secteurs moins bien desservis. Ils assurent également une intégration fluide entre les modes pour des déplacements porte à porte performants, adaptés et attractifs. Ces mêmes outils de planification et d'optimisation permettent d'exploiter ces nouveaux services à la demande en régie ou de les proposer en sous-traitance à des entreprises privées, et de veiller à en contrôler les coûts ainsi que la qualité.

L'intégration et l'analyse des données permettent d'optimiser les services existants et favorisent l'émergence de nouveaux services, cela semble toutefois n'être que le prélude à une transformation encore plus importante du secteur des transports, soit la déma-

térialisation de la mobilité. À l'image de la musique ou du cinéma, un besoin n'est plus nécessairement comblé par un bien physique mais par un service. Les plateformes comme Apple Music, Spotify, Netflix et bien d'autres sont le reflet d'une tendance mondiale à la numérisation et à la dématérialisation. Dans le secteur des transports, c'est la mobilité en tant que service (MaaS) qui reflète cette transformation. Aujourd'hui, un voyageur choisit son itinéraire de déplacement en fonction des modes de transport dont il dispose (sa voiture, son vélo, sa carte de transport public). Il doit lui-même planifier son déplacement multimodal, en faire l'acquisition et en assurer la coordination. Le modèle MaaS vise à proposer une offre de transport si intégrée que posséder sa propre voiture aura moins d'intérêt pratique ou économique. Cette intégration de services de transport sera si forte et si conviviale que le choix des modes de transport sera une variable secondaire dans l'organisation d'un déplacement. Un modèle MaaS implanté dans une ville offrira aux personnes des combinaisons de services de transport dans une interface et une tarification intégrées. Ces services seront exploités par différentes organisations, mais vendus et coordonnés par des plateformes tierces (publiques ou privées) où chaque usager pourra construire son propre forfait de mobilité qui inclura des utilisations ponctuelles. Un modèle similaire existe depuis plusieurs années dans le secteur des télécommunications : on se construit un forfait télévision, Internet et mobilité correspondant à ses besoins et que l'on peut ajuster à sa guise. Le modèle MaaS recherche les mêmes objectifs, c'est-à-dire combiner des offres de transport répondant aux divers besoins des usagers et évoluant avec eux. Par exemple, un seul fournisseur pourrait offrir un forfait vélo/autobus/métro en été et un forfait taxi/métro/autopartage en hiver, ou une combinaison transport public/taxi la semaine et une location de voiture la fin de semaine. L'usager ne recevrait ainsi qu'une seule facture.

C'est en adoptant cette culture d'innovation que peuvent émerger des services novateurs comme le microtransit, le transport à la demande et des modèles comme la mobilité en tant que service (*Mobility as a Service*)

Dans ce contexte de multiplication et de numérisation des offres de transport – et bientôt d'automatisation avec l'arrivée imminente des véhicules autonomes –, quel rôle le transport public doit-il jouer et comment doit-il s'y préparer ? Chez GIRO, nous croyons que de nouveaux modèles de mobilité comme MaaS ne peuvent s'implanter avec succès que si le transport public en est une composante centrale. Nous considérons que les autorités et les opérateurs de

transport public doivent jouer un rôle de premier plan dans la définition, la planification et l'intégration de toutes les offres de transport d'une région. Nous savons que tout aussi attrayantes qu'elles soient, les nouvelles technologies, comme les véhicules autonomes, ne peuvent avoir une incidence positive que si elles sont intégrées dans une offre globale s'articulant autour de services collectifs et partagés.

CONCLUSION

Pour jouer un rôle de premier plan dans cette révolution déjà entamée, le transport public doit évoluer, innover davantage et élargir son cadre d'intervention, en offrant des services plus diversifiés et mieux adaptés, ou en s'alliant à des fournisseurs qui les offriront de manière intégrée. Pour concrétiser ces innovations, les autorités et les opérateurs de transport public doivent considérer les données et leur analyse comme un élément clé dans leurs organisations et déployer les moyens et les outils leur permettant d'optimiser les services traditionnels et de créer de nouveaux services attractifs. Il en va de la fluidité des villes et de la qualité de vie des citoyens. ■

1. *Montréal : Enquête Origine-Destination,* présentation du 2015-01-22 ; https://amt.qc.ca/Media/Default/pdf/section8/enquete-od-2013-presentation-2015-01-22.pdf

2. UITP ; *Mobility in cities Database – Synthethis Report – June 2015* ; http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/MCD_2015_synthesis_web_0.pdf

3. The Economist ; *The world's most valuable resource is no longer oil, but data* ; May 2017 https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource

Montréal, Québec

L'Institut de l'électrification et des transports intelligents, positionner Montréal au cœur de la mobilité du futur

Jean-François Tremblay et Luc Couillard

L'Institut de l'électrification et des transports intelligents est issu d'un mouvement transversal initié par la Ville de Montréal. À terme, il regroupera les acteurs incontournables des secteurs de l'électrification et des transports intelligents. Cet article présente sommairement les principaux services qui seront offerts par l'Institut et situe son rôle au sein de l'écosystème.

CONTEXTE DE DÉMARRAGE

La Stratégie d'électrification des transports 2016-2020 adoptée par la Ville de Montréal est à l'origine de la création de l'Institut de l'électrification et des transports intelligents. Par le biais de sa Stratégie, la Ville entend tout mettre en œuvre pour traduire ses investissements et ses efforts dans l'électrification des transports en retombées concrètes. Plus précisément, trois objectifs la guident :

1. Mobiliser les forces vives de la filière du transport électrique autour d'objectifs partagés;
2. Utiliser les initiatives en électrification des transports comme leviers, afin de favoriser les retombées pour les entreprises et les institutions locales;
3. Accroître l'attractivité de Montréal comme lieu de localisation pour les entreprises et les institutions de ce secteur.

La création de l'Institut de l'électrification et des transports intelligents a été annoncée durant le 52e congrès annuel de l'Association québécoise des transports (AQTr), en avril dernier, par le maire de Montréal, M. Denis Coderre. Une contribution de 3,63 M$ pour deux ans a été accordée à l'Institut dans le cadre du déploiement de la Stratégie d'électrification des transports.

Cette vision de la mobilité du futur a été récompensée. En 2016, Montréal s'est vu décerner le prix « *E-Visionary* » remis par la *World Electric Vehicle Association* (WEVA).

Elle a aussi remporté le prestigieux prix « *Intelligent Community of the Year Award 2016* » décerné par l'*Intelligent Community Forum*. Enfin, en juillet dernier, la Fédération internationale de l'automobile (FIA) lui a décerné le prix FIA Smart Cities pour souligner ses efforts en faveur d'une mobilité plus durable.

Ces efforts en faveur d'une transition rapide vers l'électrification et les transports intelligents ont suscité énormément d'intérêt chez les constructeurs automobiles et divers fournisseurs qui étaient présents à Montréal, dans le cadre du Hydro-Québec Montréal ePrix qui s'est tenu, en juillet dernier, dans les rues de Montréal.

METTRE À PROFIT LES FORCES VIVES DU GRAND MONTRÉAL

La ville de Montréal représente une plaque tournante idéale pour accueillir les activités de l'Institut. Sa taille et ses infrastructures lui confèrent un cadre expérimental représentatif d'une multitude de configurations des grandes villes internationales, dans des conditions climatiques très variées.

Son capital universitaire, ses centres de recherche de calibre mondial et sa haute teneur en créativité incitent également de grandes entreprises internationales à implanter leurs activités de R et D dans la région. L'Institut est d'ailleurs déjà à l'œuvre avec certaines de ces entreprises pour renforcer le pouvoir d'attraction de la grande région de Montréal et se positionner en tant que zone de recherche et d'expérimentation phare, dans le domaine de l'électrification et des transports intelligents.

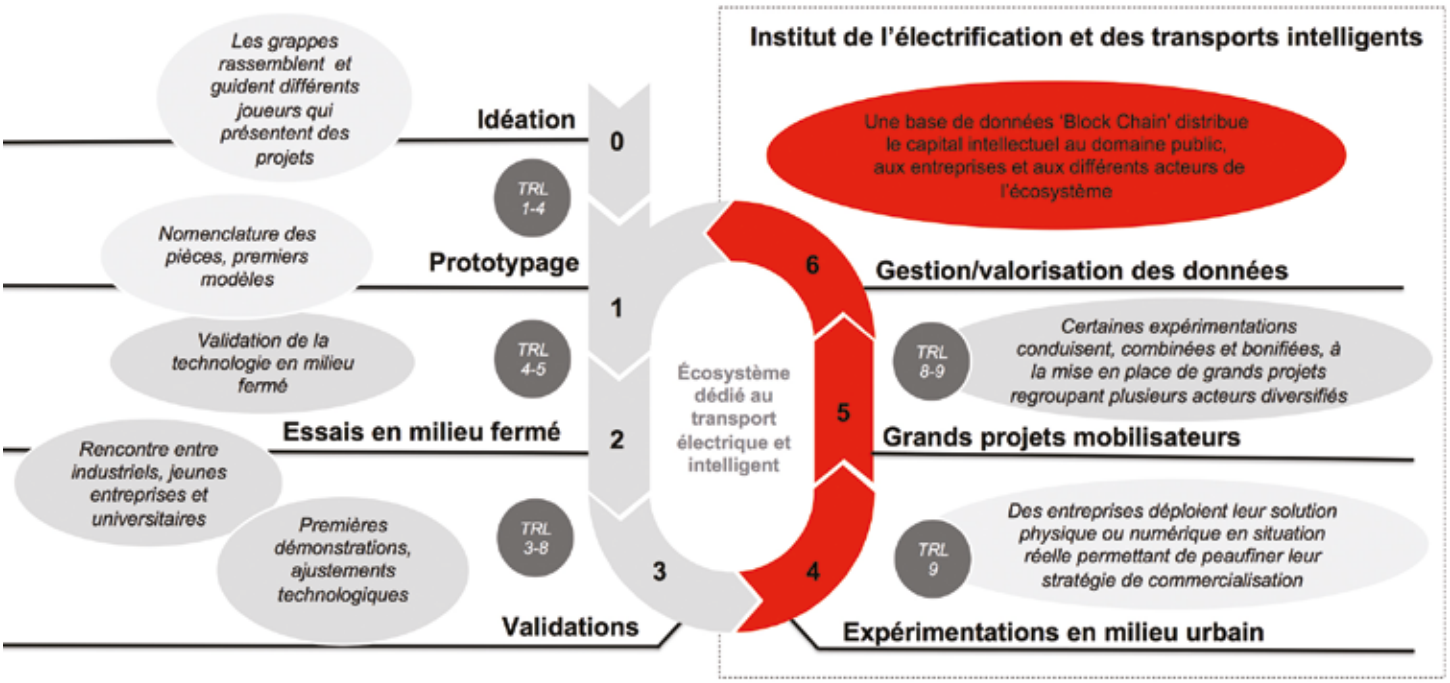
L'expertise et la renommée de Montréal dans des secteurs de pointe reliés aux technologies du futur, telles que l'intelligence artificielle et la recherche algorithmique reliée à la gestion des données, sont également des atouts incontournables pour réaliser la mobilité de demain.

Montréal fait preuve d'un leadership inégalé en permettant l'expérimentation de nouveaux concepts de mobilité électrique et durable au cœur de ses infrastructures, dans ses artères et son offre de stationnement

Montréal possède des caractéristiques uniques et l'enthousiasme requis pour devenir un chef de file mondial dans le domaine de la mobilité du futur. Par ailleurs, les politiques de la Ville incluent des projets structurants en matière d'électrification qui nécessitent ce point de jonction qu'est l'Institut.

ACCÉLÉRER L'ÉMERGENCE DE NOUVELLES SOLUTIONS EN MOBILITÉ INTELLIGENTE ET DURABLE

Dans la mesure où la mobilité durable et intelligente requiert des expertises présentes dans plusieurs filières au Québec, l'Institut aura également comme priorité de mettre en valeur et de catalyser les forces vives existant au sein de l'écosystème, pour générer rapidement des retombées économiques à Montréal, mais aussi à l'échelle nationale.



Vue d'ensemble de la chaîne de valeur dédiée aux véhicules électriques et intelligents du Grand Montréal. (TRL : « *Technology Readiness Level* » niveau de maturité de la technologie)

L'Institut devient ainsi le lieu par excellence pour permettre aux forces vives de l'écosystème de se coordonner et de se rencontrer afin d'offrir une action efficace aux industriels.

L'Institut de l'électrification et des transports intelligents aura pour mandat de :

• favoriser une plus grande synergie entre les partenaires régionaux de la mobilité durable en matière de recherche et développement;

• stimuler la commercialisation des innovations et ainsi accélérer la croissance des entreprises;

• et développer des partenariats internationaux.

Pour ce faire, l'Institut sera présent dans l'écosystème au travers des quatre grands axes d'activités suivants :

1. Expérimentations en milieu réel, urbain
L'Institut sera appelé à collaborer, en lien étroit avec la Ville de Montréal, aux corridors d'essai en milieu urbain qui se mettent actuellement en place. Les zones d'essais devraient permettre d'expérimenter des technologies et des services pouvant être offerts aux citoyens et aux entreprises. Les critères d'acceptabilité des projets seront relativement simples et les modes de collaboration agiles. L'un des critères impliquera d'accueillir des technologies ayant dépassés le stade de prototypage et ayant été testées en milieu sécuritaire, donc prêtes à être validées sur le plan commercial.

L'expérimentation de technologies et de services en conditions réelles sera une des grandes forces de l'Institut. Montréal fait preuve d'un leadership inégalé en permettant l'expérimentation de nouveaux concepts de mobilité électrique et durable au cœur de ses infrastructures, dans ses artères et son offre de stationnement.

Par le biais de ces expérimentations, l'Institut sera amené à développer et à rendre disponible une expertise unique en mobilité durable et intelligente en milieu urbain et, ainsi, à développer une

communauté de pratiques stimulant le partage du savoir et de connaissances au sein de l'écosystème.

2. Mobiliser les acteurs clefs autour de grands projets porteurs

Une industrie en transformation nécessite que des acteurs de secteurs transversaux se rencontrent et explorent ensemble de nouvelles opportunités de collaboration. Le transport intelligent est l'une de ces industries en pleine émergence où le rassemblement de ses principaux joueurs, réels et en devenir, permettra de mieux guider le secteur vers de nouvelles pistes commerciales. C'est dans cet esprit que l'Institut mobilisera des entreprises de différentes tailles, les principales grappes industrielles et les chaires de recherches vers des projets porteurs à l'échelle de l'écosystème. Des pistes sont actuellement explorées pour déterminer quel sera le premier projet mobilisateur sélectionné.

Les nouvelles bases de la trilogie transport/infrastructure/énergie de demain sont maintenant définies : véhicules autonomes, Internet des objets et énergie décentralisée et décarbonisée définissent désormais le nouveau cadre innovateur du transport. Une occasion inouïe pour Montréal et le Québec de se positionner mondialement dans ce créneau porteur

3. Valoriser les données en mode « Blockchain »

L'Institut favorisera la gestion et la valorisation de données reliées au transport électrique et intelligent à partir d'une plateforme de type « blockchain». Cette nouvelle technologie, qui s'apprête à révolutionner Internet, assurera le stockage et la transmission d'informations de façon transparente et sécurisée. Elle fonctionnera sans organe central de contrôle, permettant ainsi un nouveau mode de collaboration entre les acteurs désirant échanger des valeurs.

La plateforme agira en tant que base de données favorisant le croisement d'information dans l'optique de les transformer en connaissances pertinentes et créatrices de nouveaux créneaux d'activités pour les entreprises, mais aussi pour les villes, les chaires universitaires, et plusieurs autres acteurs. Cet axe d'activité est encore très nouveau, mais l'innovation qui pourrait en découler s'avère déjà très stratégique pour la région.

4. Inspirer la transformation sociétale

Transversalement aux activités précédentes, l'Institut explorera également l'impact social et sociétal des futures formes de la mobilité. La compréhension des attentes des citoyens et de leur expérience d'utilisation de ces récentes innovations est au cœur de la démarche de l'Institut, dont l'un des buts est d'améliorer les conditions de vie en ville, grâce à la mobilité de demain. Les informations récoltées seront utilisées afin d'adapter les solutions envisagées à la réalité des citoyens et d'enrichir la compréhension de leurs besoins auprès des entreprises innovantes. Les citoyens représentent une source de créativité importante permettant d'identifier des solutions de mobilité pertinentes et durables pour la ville de demain — il s'agit donc de mettre en place des mécanismes permettant de recueillir la voix des citoyens et de les impliquer dans le processus d'innovation. C'est dans cet esprit que l'Institut collaborera avec les différentes chaires universitaires pour développer cet axe de collaboration citoyenne et cet esprit de co-création.

En résumé, l'Institut de l'électrification et des transports intelligent per-

mettra une meilleure synergie des efforts de recherche et de développement entre les partenaires régionaux de la mobilité durable, stimulera la commercialisation des innovations reliées et, ainsi, accélérera le développement de cette industrie porteuse. Il offrira aux manufacturiers les conditions nécessaires permettant d'expérimenter leurs nouvelles technologies en conditions urbaines réelles et facilitera leur processus de mise en marché. Dans cette optique, l'Institut favorisera également le développement de partenariats internationaux.

La grande région de Montréal possède tout le potentiel pour devenir un haut lieu d'attraction pour les entreprises, les centres de recherche ou les institutions souhaitant marquer l'avenir de l'électrification des transports et de la mobilité intelligente. Son succès repose désormais sur la capacité des acteurs clefs de l'écosystème à se mobiliser pour innover ensemble — tous les ingrédients sont rassemblés pour y parvenir.

L'Institut misera, notamment, sur la présence, à Montréal, de centres de recherche en intelligence artificielle d'envergure internationale, un aspect indispensable à l'évolution des technologies reliées aux véhicules autonomes. De plus, chaque étape des processus couverts par l'échelle de maturité technologique (TRL) peut être soutenue, développée et testée, en conditions fermées, semi-fermées et ouvertes, dans un rayon de 30 km du centre-ville de Montréal, une situation unique au monde.

Par ses réalisations et son engagement, l'Institut contribuera à réduire les émissions de carbone, à améliorer la fluidité des déplacements et à générer des retombées économiques porteuses, tout en permettant de bonifier la filière de la mobilité électrique et du transport intelligent du Québec. ■

Montréal, Québec

Les enjeux sociaux et économiques de légiférer en temps opportun

Jean-Pierre Arcoragi et Catherine Kargas

Les auteurs de cet article sont des membres fondateurs de l'Institut de l'évolution du transport, institut dont la mission est d'anticiper les changements liés à l'évolution de la mobilité, afin de développer des stratégies optimales de mobilité dans l'intérêt collectif et d'agir comme un instrument de leur mise en œuvre.

Il est clair, pour la plupart des lecteurs de cette revue, que l'avenir des transports est électrique, autonome et partagé, mais pour de nombreux élus, ainsi que pour leurs hauts fonctionnaires, ce n'est malheureusement pas toujours le cas.

Il est donc très important que les élus et leurs conseillers aient une vision claire de l'avenir du transport, afin de réglementer et de légiférer en temps opportun. Ainsi, on évitera le laisser-faire qui a prévalu lors de l'introduction du véhicule automobile, au début du siècle dernier, laisser-faire qui a imposé d'importantes externalités à l'ensemble de la société et qui nous a dirigés vers un cul-de-sac en matière de développement urbain.

Cette vision à la base d'un encadrement efficace doit reposer sur une bonne compréhension de l'évolution de nombreuses disciplines : sciences sociales, économie, technologie des batteries, réseautique, intelligence artificielle, Big Data, urbanisme, génie civil, etc.

Le transport du futur sera électrique, autonome et partagé, on en convient tous, mais cela ne se fera pas tout seul. Il faudra une grande volonté politique pour bien baliser le chemin, si l'on veut tirer parti au maximum de cette révolution dans les transports. On devra voir le transport comme un service à encadrer, tout comme l'approvisionnement en eau et en électricité.

Mais au-delà du transport, c'est de l'aménagement du territoire et de l'organisation de la société dont il est question ici. En effet, le développement devra se faire autour du transport (TOD : Transport Oriented Development) et tenir compte des objectifs de développement durable, notamment de l'Accord de Paris.

LE CONTEXTE ACTUEL

Le transport urbain actuel est caractérisé par des embouteillages quotidiens qui coûtent très cher tant à l'individu qu'à la société dans son ensemble. Ainsi, on estime que la congestion routière coûte plus d'un milliard de dollars par année à l'économie du Grand Montréal.

Nos automobiles transportent en moyenne 1,2 personne lorsqu'elles circulent, mais en réalité elles restent garées 95 % du temps, utilisant ainsi un espace considérable. De plus, les erreurs humaines sont responsables de plus de 90 % des accidents de la circulation. À cela s'ajoute la production de CO2 dû au transport qui réchauffe graduellement la planète et qui pourrait, à terme, être catastrophique pour la survie même de l'humanité.

De plus, la pollution de l'air entraîne le décès prématuré de 5,5 millions de personnes par année, dans le monde, alors qu'on estime qu'au Canada seulement, ce chiffre serait de 7 700 décès par année. Enfin, il faut ajouter à tout cela les quelque 1,3 million de décès par année, dans le monde (environ 2 000 par année au Canada), liés aux accidents de la circulation et entre 20 et 50 millions de personnes qui seront blessées ou rendues invalides à des degrés divers à la suite de ces accidents. Il est tragique de constater que les accidents de la route représentent la principale cause de mortalité dans le monde dans la tranche d'âge de 15 à 29 ans alors qu'elle est la seconde cause de mortalité dans la tranche d'âge de 2 à 14 ans. Malheureusement, on ne reconnaît pas cette hécatombe, nos sociétés ayant banalisé ces statistiques effarantes. Rappelons, à titre de comparaison, qu'il y a eu en tout 159 décès faisant suite à l'engagement militaire du Canada en Afghanistan entre 2001 et 2014, soit un peu plus de 10 décès par année !

L'étalement urbain dans nos sociétés modernes résulte en grande partie du laisser-faire des gouvernements ou de leur complaisance face à l'industrie de l'automobile, au début du XX^{e} siècle. Il est clair que l'Europe a mieux contenu l'étalement urbain que l'Amérique du Nord, car le développement urbain y a fait l'objet de lois et de règlements très stricts visant à protéger le territoire et le patrimoine bâti. Si le développement urbain associé à l'automobile peut être qualifié de très problématique en Amérique du Nord, il est véritablement catastrophique dans bien des pays en voie de développement. Il est donc très important que nos dirigeants prennent conscience des erreurs du passé, afin de bien planifier la prochaine révolution dans le domaine des transports.

LES DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES

Parallèlement aux importants problèmes décrits à la section précédente, nous voyons se développer diverses technologies à un rythme effarant, souvent qualifié d'exponentiel. Ainsi, les voitures autonomes étaient vues par les experts comme de la science-fiction au début des années 2000. Mais DARPA (une agence du département de la défense des États-Unis) organisa alors une série de concours qui permirent le développement accéléré de celles-ci. Depuis, une véritable course s'est amorcée pour développer les technologies qui permettront aux véhicules autonomes de prendre leur place, sur nos routes et dans nos villes, de façon sécuritaire.

Une autre technologie qui aura un impact important sur la mobilité de demain : l'électrification. Les batteries conçues il y a 10 ans ne présentaient pas l'autonomie nécessaire pour la mise en marché d'une voiture électrique performante et économique. Des développements rapides dans la technologie des batteries ont fait chuter le prix par kilowattheure par un facteur 10 en environ une décennie. Ainsi, le « Model 3 » de Tesla,

le premier modèle grand public de cette entreprise, offre une autonomie d'environ 350 km à un prix abordable. D'autre part, la Chevy Bolt offre une autonomie de 380 km pour un prix d'environ 44 000 $ avant incitatifs. En Inde, les nouvelles voitures devront être entièrement électriques d'ici 2030 et ce sera également le cas pour la France et le Royaume-Uni, en 2040. Le règne de la voiture thermique (essence ou diesel) tire donc à sa fin.

Enfin, pour fonctionner efficacement, les voitures autonomes devront récolter des quantités immenses de données, données qui ne seront pas uniquement de nature technique. En effet, le réseau de transport du futur va récolter des quantités gigantesques de données sur l'environnement urbain et les habitudes des passagers. On peut même imaginer que l'utilisation de la voiture autonome sera subventionnée, en tout ou en partie, par l'accumulation et la vente de données sur les usagers, un peu comme Google et Facebook le font présentement. Notons que ces données faciliteront un mode d'utilisation partagé et donc plus efficace de ces véhicules. La mobilité durable de demain exigera que les véhicules soient partagés et fonctionnent de façon harmonieuse avec les infrastructures de transport en commun déjà en place, comme le métro de Montréal.

LES IMPACTS ÉCONOMIQUES

Dans une étude présentée en 2013, Morgan Stanley estima la valeur des impacts économiques de l'introduction de voitures électriques autonomes aux É.-U. et dans le monde. Cette étude prédit que les coûts liés au transport automobile aux É.-U. chuteront de 1300 G$ américains par année avec l'automatisation des transports. Les gains prévus se répartissent comme suit : 488 G$ par année pour les accidents évités, 169 G$ en réduction des coûts associés à l'énergie et 138 G$ en réduction de la congestion. Une simple règle de trois nous permet d'estimer les gains à 33 G$ par année, à l'échelle québécoise, soit la moitié du budget du gouvernement du Québec ! Avec de tels chiffres, est-ce que les législateurs peuvent laisser l'introduction de la voiture autonome dans nos sociétés au hasard ?

De plus, rappelons-nous que l'utilisation du pétrole a été la source principale des instabilités géopolitiques et des guerres dans le monde, depuis plus de 50 ans. À combien peut-on évaluer les bénéfices associés à la réduction de ces instabilités géopolitiques et de ces guerres dans les prochaines années avec l'électrification des transports ? Bien qu'il n'existe pas de chiffres précis, il est clair qu'ils seront très importants.

LES ENJEUX POLITIQUES ET SOCIAUX

Les gouvernements du Québec et du Canada n'auront pas le choix d'adopter ces nouvelles technologies, car elles émanent de tendances lourdes à l'échelle mondiale. En revanche, les élus doivent bien comprendre les enjeux sociaux associés à l'électrification et à l'automatisation des transports, afin d'orienter, dès maintenant, les choix sociaux vers des options durables. Voici une liste très partielle des nombreux enjeux sur lesquels devront se pencher nos législateurs.

Pour ce qui est de l'électrification, le Québec est choyé, puisque la quasi-totalité de son électricité provient de ressources renouvelables. Mais il est clair qu'il y aura une chute très importante des revenus provenant de la taxe sur le pétrole, il faudra donc trouver une solution pour éponger ce déficit fiscal tant au palier provincial que fédéral. D'autre part, l'électrification des transports entraînera une réduction considérable du coût d'importation des produits pétroliers pour le Québec.

Évidemment, la chute dans la demande en produits pétroliers aura des impacts considérables sur l'économie albertaine et sur les montants de péréquation versés au Québec.

L'automatisation présentera également des défis à divers niveaux. Évidemment, il y aura un énorme changement de paradigme avec l'automatisation, car, dans bien des cas, les véhicules n'appartiendront plus à des individus, mais seront la propriété de grandes entreprises automobiles qui offriront des services de mobilité. Plusieurs défis se présenteront aux législateurs en ce qui concerne la gestion de l'immense quantité de données générée lors de l'exploitation de ces véhicules.

Ces données pourront être de nature purement technique et associées au bon fonctionnement des véhicules, mais d'autres données seront des données associées aux clients de ces parcs. À qui appartiendront ces données ? Est-ce que les clients pourront voyager gratuitement en échange de leurs données personnelles ? Qu'adviendra-t-il des problèmes de sécurité informatique tant du point de vue du fonctionnement sécuritaire des véhicules que de la vie privée des clients et des individus croisés lors du passage des véhicules ?

Les entreprises possédant des parcs de véhicules automatisés voudront sûrement s'auto-assurer, mais au Royaume-Uni les législateurs en ont décidé autrement. En effet, on a soulevé le problème de conflit d'intérêts, si un constructeur devait payer pour indemniser ses clients à la suite d'un défaut de leur véhicule. Quelle politique devrait-on adopter ici ?

Les transports autonomes devront être encadrés par les législateurs, afin d'éviter un étalement urbain encore plus grand que celui qui existe présentement, car la venue de l'automatisation pourrait réduire la congestion et libérer le conducteur de la tâche de conduire. Comment limiterons-nous l'étalement urbain et une possible (re)congestion qui résulteraient de l'aisance avec laquelle on pourrait se déplacer en voiture autonome dans le futur ?

Évidemment, les voitures autonomes sont des consommatrices voraces d'intelligence artificielle, afin de fonctionner de façon efficace et sécuritaire. De plus, les passagers pourront visionner des écrans lors de leurs déplacements. Montréal regorge de spécialistes en intelligence artificielle et en animation informatique de calibre mondial. Faudrait-il aider nos spécialistes dès maintenant, afin qu'ils se taillent une place de choix dans le créneau du transport automatisé ?

L'automatisation des transports n'aura un impact social important que si les véhicules sont partagés et si ces voitures sont intégrées au réseau de transport public existant. Ainsi, il faudra prévoir une approche véritablement multimodale. La firme Car2Go a démontré qu'une seule voiture de son parc peut remplacer jusqu'à 11 voitures ordinaires !

En conclusion, la ville de demain doit être pensée autour du citoyen et non pas autour de la voiture qui deviendra un service, tout comme l'eau et l'électricité. Ainsi, les villes pourront récupérer tout l'espace utilisé pour garer les voitures et mettre celui-ci à la disposition des citoyens. Mais cette vision ne deviendra réalité que si les législateurs évitent le laisser-faire qui a prévalu au début du XX^{e} siècle, lors de l'introduction de l'automobile dans nos sociétés. ■

Montréal, Québec

Les véhicules connectés auront-ils un impact sur les émissions de gaz à effet de serre ?

Nicolas Saunier, François Bélisle, Pegah Nouri et Catherine Morency

Le secteur des transports représente une partie importante des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le monde entier, et au Québec en particulier. Parmi les solutions technologiques pour réduire les émissions des GES, un ensemble d'applications reposant sur la connexion des véhicules entre eux, aux autres usagers et à l'infrastructure [respectivement *vehicle-to-vehicle* (V2V), *vehicle-to-everything* (V2X) et *vehicle-to-infrastructure* (V2I)] vise à atténuer les impacts environnementaux.

Cet article présente les résultats d'une étude visant à estimer les impacts potentiels des véhicules connectés (VC) sur les émissions de GES, dans le contexte canadien. Une revue de la littérature a permis de déterminer les applications des VC visant à diminuer les émissions de GES et les ordres de grandeur de leurs impacts. Une méthode simple est ensuite proposée pour transférer ces résultats dans des contextes différents de ceux des études et appliquée à l'île de Montréal.

LES APPLICATIONS DES VC ET LEURS IMPACTS SUR LES ÉMISSIONS DE GES

Les applications des VC développées pour diminuer les émissions de polluants et de GES se classent en cinq grandes familles :

1. Les applications de gestion des feux de circulation visent à réduire la consommation de carburant et les émissions aux carrefours à feux. Les applications principales sont l'aide au choix d'une vitesse optimale pour les carrefours à feux (CVOCF), l'optimisation écologique des feux et les mesures prioritaires aux feux, ainsi que l'écoconduite en milieu urbain (non spécifique aux carrefours à feux).

2. Les applications de gestion écologique des autoroutes et voies visent à encourager l'utilisation de voies réservées et des autoroutes de façon à réduire leurs émissions de GES. Les applications principales sont l'harmonisation des vitesses, le régulateur de vitesse adaptatif et collaboratif (RVAC) et l'écoconduite (en milieu autoroutier).

3. Des applications pour des zones à faible émission ;

4. Des applications d'information aux usagers ;

5. Des applications de gestion intégrée de corridor.

Les effets de ces applications sur les émissions de GES sont obtenus en général au moyen du contrôle direct (automatique) ou manuel (par le conducteur) du véhicule pour réduire les accélérations (leur nombre et leur amplitude), le nombre d'arrêts, la durée de fonctionnement du moteur au ralenti et en choisissant des vitesses minimisant les émissions. Seul le RVAC prend le contrôle longitudinal du véhicule dans les applications des VC considérées dans les études. Le second mécanisme d'effet implique de l'information et des mesures incitatives visant à modifier le comportement des usagers vis-à-vis de leur choix de mode de transport et de type de véhicule. Ces applications appartiennent aux trois dernières familles et ne seront pas abordées dans la suite, puisque leur effet sur les émissions de GES est indirect.

Ce travail repose sur trois grandes études réalisées aux États-Unis (projet « Applications for the Environment : Real-Time Information Synthesis » (AERIS)[1]) et en Europe (Compass4D[2] et SARTRE[3]) qui représentent les études les plus complètes des impacts des applications des VC sur les émissions des GES. Ces impacts ont été étudiés soit dans des simulations microscopiques de la circulation, comme la très large majorité des applications évaluées dans AERIS, soit dans des expérimentations sur le terrain dans SARTRE, ou par un mélange des deux dans Compass4D, où les expérimentations sur le terrain ont permis de calibrer des modèles pour estimer les effets des applications à l'échelle des villes étudiées.

Le **tableau 1** présente une synthèse des résultats des applications des véhicules connectés étudiées dans ce projet, sous la forme des effets maximaux identifiés dans les trois études citées (tous proviennent d'AERIS, hormis un de Compass4D), que ce soit des réductions des émissions de GES ou des augmentations (signe négatif). À l'exception du maximum de CVOCF qui provient du projet Compass4D, tous ces effets ont été mesurés dans le projet AERIS, en faisant varier (en simulation) le taux de pénétration des VC ou le rapport de la demande sur la capacité du corridor étudié pour les applications urbaines, le taux de pénétration des VC ou le débit pour les applications sur autoroute, et la distance intervéhiculaire et le débit pour le RVAC.

Ces résultats doivent être considérés comme idéaux, car ils sont sujets à plusieurs limitations :

• La méthode de calibration des modèles de simulation microscopique et les caractéristiques du cadre expérimental des simulations (nombre de réplications, variation des résultats par expérience, paramètres des conducteurs et des véhicules, etc.) sont inconnues ;

• Les études en simulation font l'hypothèse de l'adhésion parfaite des usagers aux instructions des applications. Il est impossible de savoir comment les usagers s'adapteront aux applications des véhicules connectés et quel en sera l'effet sur les gains rapportés dans ce rapport ;

• Les variables explicatives ne sont pas explicitées à l'intérieur des cadres expérimentaux (par exemple, l'impact du nombre de feux dans le corridor, la longueur des phases, la distance entre les feux, l'interaction entre les corridors, le nombre de véhicules dans un peloton, etc.).

MÉTHODE DE TRANSFERT

En raison de la complexité des études et des informations limitées disponibles dans les rapports en faisant état, la méthodologie d'extrapolation au contexte canadien reste générale, en se limitant à des statistiques facilement accessibles comme :

- des ateliers de design prospectif en novembre 2014, qui visent l'élaboration d'une vision pour les futurs espaces publics ;
- la longueur du réseau par type de route ;
- le nombre de feux de signalisation, leur type et leur localisation ;
- les distances parcourues (par type de route et par type de véhicule) ;
- la proportion du réseau routier sous congestion dans l'espace et dans le temps.

Pour extrapoler les résultats de la littérature à l'ensemble du réseau, des distances parcourues des véhicules, le principe est de considérer que les effets sont proportionnels aux facteurs pertinents dans l'univers de référence. Les facteurs considérés pour le cas d'étude de l'île de Montréal sont les suivants :

1. Zone d'influence des feux de signalisation : les effets des applications de CVOCF et d'optimisation sont limités à une zone autour de chaque carrefour, par exemple à la distance de communication V2I de 300 m utilisée dans AERIS. Pour une zone donnée, l'effet est multiplié par le coefficient.

$$\tau_{feu} = NL_{feu} / L_{réseau\ urbain}$$

Où N est le nombre de carrefours à feu dans la zone, L_{feu} la longueur de la zone d'influence des applications sur les émissions de GES et $L_{réseau\ urbain}$ la longueur du réseau dans la zone (excluant les autoroutes). Avec une distance d'influence de 300 m, on calcule pour des carrefours à feu avec quatre approches L_{feu} = 4×300 = 1,2 km. Pour l'île de Montréal, on a N = 2298 carrefours à feux et $L_{réseau\ urbain}$ = 4071 km (excluant les autoroutes) et donc un coefficient τ_{feu} = 67,75 %.

Dans un contexte urbain, les applications de CVOCF (choix d'une vitesse optimale pour les carrefours à feux), d'optimisation des feux, de priorité aux feux et d'écoconduite montrent des gains maximaux de 4 % de réduction d'émissions de CO2, mais aussi des augmentations de 0,2 % pour tous les véhicules, dans le cas de la signalisation prioritaire pour les bus

2. Feux de signalisation prioritaires : les effets des applications sont considérés comme proportionnels au nombre de passage des véhicules avec priorité aux carrefours équipés de technologie V2I. Il y a actuellement 273 feux prioritaires pour les bus sur l'île de Montréal. En considérant qu'ils sont sur les routes les plus fréquentées, les données ouvertes du service planifié de la Société de transport de Montréal (STM) permettent d'estimer qu'il y a 166641 passages à des feux prioritaires parmi les 530072 passages à des feux de circulation. Le coefficient de multiplication des effets des applications de signalisation prioritaire est donc 31,44 %. Puisqu'aucune information n'est disponible sur les trajets des camions, il n'est pas possible de transférer les impacts de l'application de priorité pour les camions.

3. Type de route et condition de circulation: puisque certaines applications des VC ne s'appliquent qu'à certains types de route (réseau urbain ou autoroutes) et n'ont pas

APPLICATIONS		ÉTUDES CITÉES DANS CE RAPPORT		PROJECTION AU CAS MONTRÉALAIS
		Min.	Max.	Transposition en conditions idéales
Gestion des feux de circulation				
CVOCF		-1,1 %	2,0 % (9,9 % Compass4D)	0,1 %
Optimisation des feux		0,8 %	5,3 %	4,0 %
Signalisation prioritaire camions	Camions	1,5 %	2,8 %	-
	Véhicules particuliers	1,0 %	2,2 %	-
Signalisation prioritaire bus	Bus	0,2 %	1,5 %	0,5 %
	Tous	-1,0 %	-0,5 %	-0,2 %
Écoconduite (urbain)		-1,4 %	3,5 %	0,2 %
Gestion écologique des autoroutes et voies				
Harmonisation de la vitesse		-2,0 %	4,4 %	2,0 %
RVAC		0,1 %	19,2 %	10,6 %

Tableau 1
Synthèse des résultats des applications des véhicules connectés et de leur projection sur le cas de l'île de Montréal (en % de réduction des émissions de CO2 ; une valeur négative indique une augmentation des émissions de CO2) (les applications sur fond grisé sont efficaces en congestion)

d'effet en congestion, il faut estimer les distances parcourues sur autoroute et hors autoroute, en congestion et hors congestion à l'aide des simulations du ministère des transports, de la mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET)[4]. Une application pour autoroute (par ex. RVAC) aura un coefficient de 55,4 % et une application qui n'est pas efficace en congestion aura un coefficient de 47,1 % et de 36,1 % respectivement sur le réseau urbain et sur autoroute.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

L'application des résultats de la littérature au cas d'étude montréalais est présentée au **tableau 1** Dans un contexte urbain, les applications de CVOCF, d'optimisation des feux, de priorité aux feux et d'écoconduite montrent des gains maximaux de 4 % de réduction d'émissions de CO2, mais aussi des augmentations de 0,2 % pour tous les véhicules, dans le cas de la signalisation prioritaire pour les bus. Ces gains sont faibles et représentent, par ailleurs, des résultats en conditions idéales, par exemple avec un taux de pénétration de 100 % des VC et une adhésion parfaite des conducteurs aux instructions fournies par les applications. En général, les applications en milieu urbain montrent :

- une réduction intéressante d'émissions de CO2, lorsque les débits sont faibles, ce qui permet aux chauffeurs d'adapter leur conduite aux instructions fournies par les applications sans entrave d'autres véhicules. Même dans ces conditions idéales, les gains totaux restent marginaux en nombre absolu, en raison du petit nombre de véhicules affectés ;

- une inefficacité des applications pour les feux de circulation, lorsque les conditions de conduite sont saturées, lorsque les ressources sont utilisées de façon maximale par tous les mouvements, ce qui limite la marge de manœuvre des applications.

Dans un contexte autoroutier, les résul-

tats des applications de l'harmonisation de la vitesse et du RVAC sont plus grands que ceux obtenus dans un contexte urbain, respectivement de 2,05 % et 10,6 % en réduction d'émissions de CO2.

CONCLUSION

Il apparaît donc que les effets des VC sur la réduction de GES sont faibles et que les plus importants se réalisent dans un contexte autoroutier, en particulier avec le RVAC qui suppose une certaine automatisation des véhicules. Ces résultats en matière d'émission de GES posent des questions sur les priorités de déploiement entre les VC et les technologies d'automatisation de la conduite menant aux véhicules sans conducteurs (autonomes).

Les limites de la méthode utilisée sont liées aux informations de la littérature et aux hypothèses faites pour utiliser les données disponibles. Il a été supposé que les distances parcourues se répartissaient uniformément sur les routes congestionnées et non-congestionnées, ce qui mène à une surestimation des effets des applications non efficaces en congestion. L'hypothèse sur la localisation des feux prioritaires peut mener à une surestimation de l'effet de l'application des feux prioritaires. Plus d'études et de données sont donc nécessaires pour estimer ces effets, en tenant compte de tous les facteurs explicatifs possibles. Si des expérimentations sur le terrain ne sont pas possibles, dans un contexte canadien, les modèles de circulation doivent être soigneusement calibrés et validés. ■

1. *AERIS Research Program Applications for the Environment: Real-Time Information Synthesis (AERIS) Capstone Report: 2009 to 2014 Executive Summary,* U.S. Department of Transportation, 2016 http://www.its.dot.gov/research_archives/aeris/index.htm

2. Hill, G.; Edwards, S. & Goodman, P. COMPASS4D D 4.2 - *Report on evaluation results – Executive Summary ERTICO - ITS Europe, 2016* http://www.compass4d.eu/

3. Chan, E.; Gilhead, P.; Jelinek, P.; Krejci, P. & Robinson, *T. Cooperative control of SARTRE automated platoon vehicles Proceedings of the 19th ITS World Congress, 2012*

4. Les Conseillers ADEC Inc. *Évaluation des coûts de la congestion routière dans la région de Montréal pour les conditions de référence de 2008*, MTMDET, 2014

Gatineau, Québec

From a Highway Risk Monitoring Process to an Intelligent System for Highway Safety Calibration for Autonomous Vehicles

Ilham Benyahia, Giancarlo Colmenares & François Bellavance

The arrival of autonomous vehicles is inevitable. Among their advantages is the reinforcement of road safety. Despite international road safety efforts, fatal accidents and major injuries are still statistically at unacceptable levels. Road safety programs are based on data processing for network scanning to address issues. Achieving a level of accuracy and confidence in existing practices remains a challenge. Considering autonomous vehicle capabilities, we propose a new approach for road safety management optimization. The solution is based on the combination of acquiring large amounts of temporal data and advanced processing in artificial intelligence and statistics. The research topics required to improve and optimize road safety management are identified in the context of the introduction of autonomous vehicles.

1. INTRODUCTION

Autonomous vehicles present the technology of Intelligent Transportation Systems (ITS) with the possibility of optimizing mobility and road safety in transport networks. Road safety issues remain one of the concerns of transport organizations and numerous researchers. Infrastructure management in relation to road safety is mainly based on identifying areas with a high risk of accidents.

Road safety programs use statistical techniques to measure the risk levels of transport network segments. The range of techniques and the differences between the criteria used highlight limits in terms of the accuracy of the results. Data completeness and accuracy are limited due to the technologies used.

We discuss in this paper the potential contributions of autonomous vehicles thanks to their hardware components and cognitive capacities.

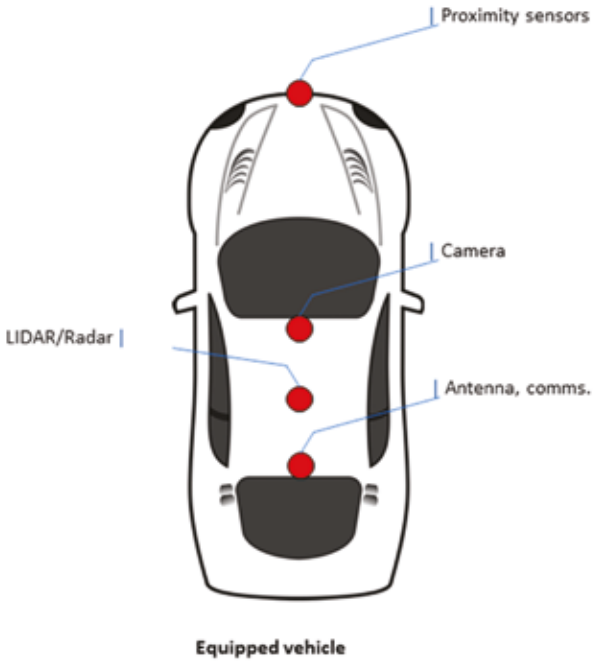


Figure 1
Example of AV sensors and communication technologies

This paper is structured as follows. In Section 2, we briefly introduce autonomous vehicles and their roles in road safety. Section 3 provides a brief overview of existing techniques for network scanning. Section 4 presents a new approach to road network scanning based on autonomous vehicles and an ITS integrated architecture. A conclusion and research topics for autonomous vehicles are presented in Section 5.

2. THE ROLE OF AUTONOMOUS VEHICLES IN ROAD SAFETY

Transportation network road safety still represents one of the major challenges despite recent technical advances. Statistics on the occurrence of accidents show three main causes: 1) human factors, 2) environment, including traffic and infrastructure, and 3) vehicles. A large percentage of accidents are directly related to human factors.[1]

Despite this reality, work on accidents rarely separates these categories, which are nevertheless highlighted by statistics. However, it is clear that in the absence of human factors, the likelihood of a decrease in accidents could be significant. The technology of autonomous vehicles enables this objective to be achieved thanks to their autonomous capacities, which do not always require driver intervention.

Autonomous vehicles (AV) are equipped with software and hardware components to have the required capacities for driving, which is one of the most complex functions to be automated. Advanced technologies for data acquisition, communications and processing must be integrated into the design and manufacturing of AVs. The hardware components illustrated in Figure 1 make it possible to collect various information to be processed according to a driving pattern.

Numerous road safety features are assumed by AVs, including collision avoidance and the collection of information relevant to predicting potential road accidents. Information communications inside a vehicle or between vehicles can trigger actions within a vehicle, such as braking or lane changes to avoid collisions. Vehicles can also share warnings to trigger driving actions to ensure road safety.

Sensors integrated into AVs enable them to collect real-time information on a continuous basis. The AV's perception of its driving environment is thus optimal, which can be useful right away or for future risk estimations.

3. AN OVERVIEW OF HIGHWAY SAFETY MONITORING TECHNIQUES

There are two categories of transportation network segment monitoring for safety (highways and intersections). The first category involves a process of classifying segments

according to accident prediction results using statistical models and based on historical accident data. The second category considers only geometric parameters related to the network design.[2]

Common statistical techniques are based on accident counts and rates, Poisson regression, negative binomial models, and the empirical Bayesian approach.[3-6] Prediction models are still being studied to associate the best techniques with the criteria considered for classifying roads. The technique used in [7] is based on a regression analysis to associate the frequency of accidents with variables defined for road safety, such as traffic and speed. Other models are mentioned in the literature, such as the frequent pattern tree.[8] The prediction rates of this model exceed 60% and are comparable with the usual model techniques. In [9], crash modification factor techniques are used. These techniques enable adjustments for some existing predictions. They are based on the empirical Bayes approach. The objective is to search for crash frequency. Prediction tools called Accident Prediction Models (APMs) are used by numerous practitioners to predict accidents in order to develop solutions and be able to measure their effects.[10]

Another variant between prediction models is regarding input variables. The main variables used are the Annual Average Daily Traffic (AADT), 2,5 and the number of crashes per km.3 Nevertheless, some variables used in [2] are considered relevant, but they are absent from several existing practices. The latter mainly relates to the metrics of highway geometry with an impact on accident predictions. Other variables presented in [7], in addition to road geometry, are road regulations and road configurations (bike spaces, buses, etc.).

The new approach allows associations to be made between accident history data and information on the infrastructure environment, integrating both traffic data and geometric parameters, including objects with road safety consequences

Another category of variables that is considered in some works includes weather, visibility and even vehicle occupancy.[8]

Another aspect highlighted in the prediction models presented in the literature concerns the sources of data. Research papers and practices used to scan transport networks are often illustrated by case studies.[3-5] In [7] the only data sources that are mentioned are related to municipal police reports. There is limited information on the sources of existing data. Other problems are related to the use of some data collected outside of road safety concerns, such as traffic data for the road network.[10]

Since the information concerning the technologies used to collect data is missing, it is difficult to validate the quality of the data used for prediction models, as well as the decisions resulting from this data processing. Another limitation of these studies is that the causes of the accidents presented in Section 2 are not considered in the analyses and prediction models. Other questions remain open regarding prediction models allowing segments to be classified since they are tested with different variables.

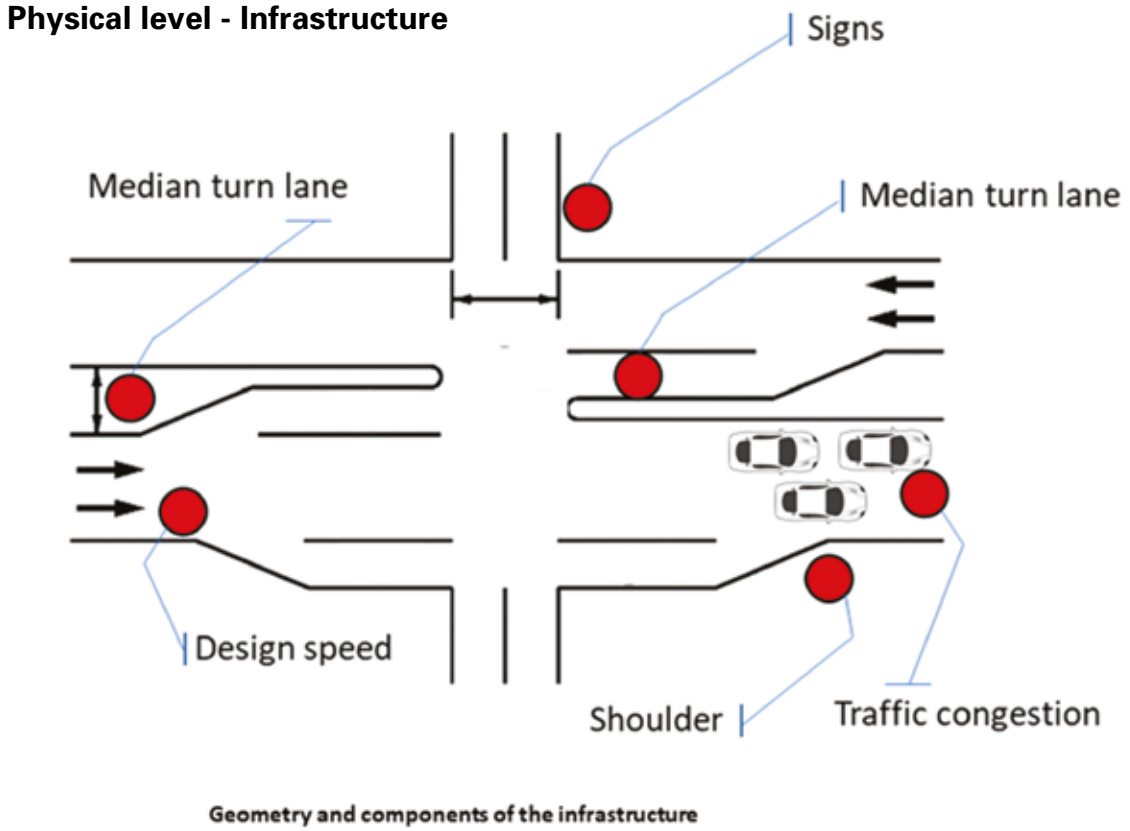


Figure 2
Geometric and traffic variables with an impact on road safety

4. NEW APPROACH FOR A TRANSPORTATION NETWORK SCAN BASED ON AV CAPACITIES

As presented in Section 3, it is difficult, if not impossible, for some practices to optimize the scanning results due to important variables and characteristics missing, despite their importance for a realistic view of network segments with regards to safety.

We present here a global architecture for an intelligent system for network scanning considering autonomous vehicle operations. The approach is based on the capacities of the autonomous vehicles presented in **figure 1** The hardware components can participate in collecting the necessary information for risk evaluation. Sensor technologies, such as LIDAR, can capture information over time, and sometimes in real time, such as the narrowing of some regions due to the accumulation of snow or the presence of obstacles that can affect the safety measurement characteristics temporally. **Figure 3** illustrates the architecture of the proposed system (see p. 56).

The new approach allows associations to be made between accident history data and information on the infrastructure environment, integrating both traffic data and geometric parameters, including objects with road safety consequences. The intelligent system for road network safety management consists of two component categories illustrated in **figure 4** (see p. 57).

1. Statistic components:
This component category is made up of prediction models similar to those presented in Section 3. A mechanism of dynamic configuration will enable the most appropriate model to be selected for specific prediction validation measures.

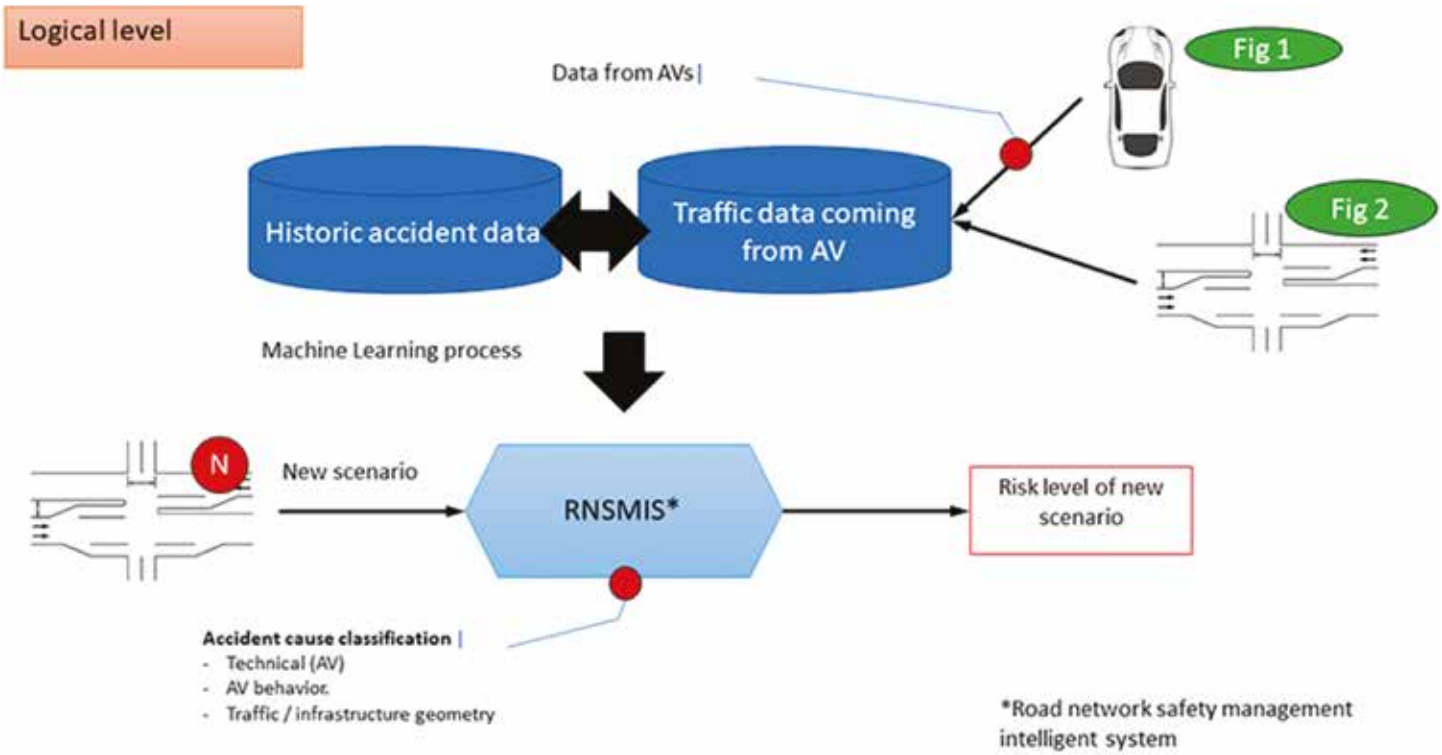


Figure 3
Integrated Architecture for Transport Safety Management

2. AI components:
Are based on a library of artificial intelligence (AI) techniques. Several techniques will be defined at a generic system architecture level. In particular, we define a similar technique that will be useful for highways that do not have enough data to validate the results of the statistical models. An AI technique presented by reinforcement learning will be used for statistical parameters, adjusting especially those based on expert judgments, such as the thresholds for highway segment severity levels. Another AI technique will be considered to adjust the decision-making model of autonomous vehicles. The behaviour of autonomous vehicles must evolve according to the experiences and new situations to be faced. This component is useful to process accident data according to the categories presented in Section 2.

5. CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH TOPICS

This paper highlights the limitations of the techniques used to measure the risks of transport network segments. More particularly, access to complete and accurate data considering the network parameters evolution remains an open problem.

Potential benefits of autonomous vehicles are presented in relation to the technologies they incorporate. Architecture for an intelligent risk management system for transport network segments is proposed. The combination of statistical techniques and artificial intelligence advanced processing provides answers to the points raised in this paper. Nevertheless, several research directions will be developed in the context of autonomous vehicle operations in transportation networks. Examples of research topics required in this context and involved in transport network road safety are new traffic patterns,

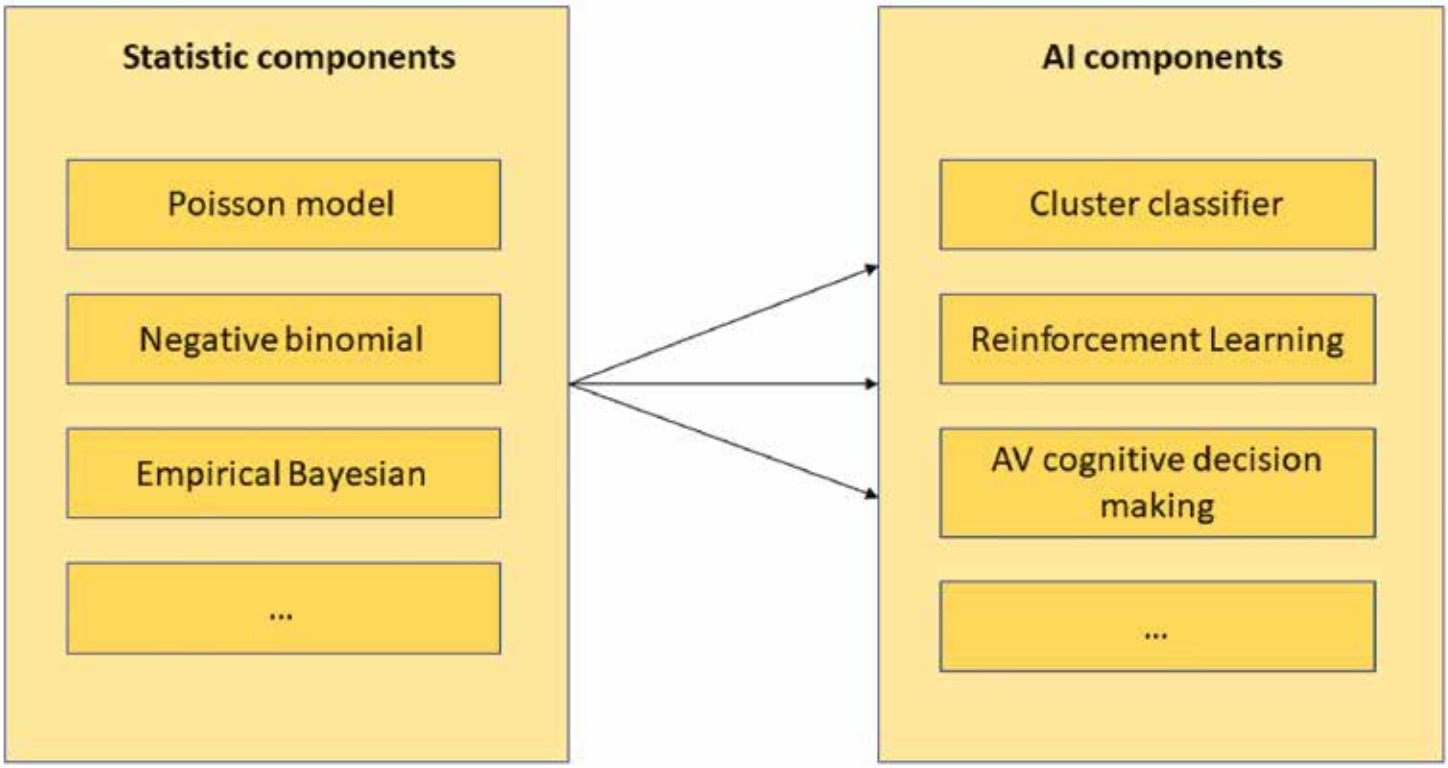


Figure 4
Road Network Safety Management Intelligent System Components

AI techniques for autonomous vehicle behaviour adaptations following new situations related to road safety, and the new characteristics of infrastructure geometry given the new mobility models of autonomous vehicles. Finally, research activities on vehicular communications make it possible to optimize their capacities to react in real time and avoid collisions. ■

1. Transport Canada: https://www.tc.gc.ca/eng/motorvehiclesafety/tp-tp15145-1201.htm.

2. S. Cafiso, G. La Cava, A. Montella. Safety Index for Evaluation of Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board*, Vol. 2019, 2007, pp. 136-145.

3. L. Thakali, L. Fu and T. Chen. Comparing Crash Estimation Techniques for Ranking of Sites in a Network Screening Process, TRA-946-1, Annual Conference of Canadian Society for Civil Engineering, Resilient Infrastructure, London, 2016, p. 12. (http://www.wfeo.org/events/csce-2016-resilient-infrastructure/)

4. H. Farah, A. Polus and M. Cohen. Multivariate Analyses for Infrastructure-based Crash-prediction Models for Rural Highways. *Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice*, Vol. 16, No. 4, 2007, pp. 26-41.

5. MTMDE (Ministère des Transports et de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports), Québec. Plan d'intervention de sécurité routière en milieu municipal, Guide méthodologique d'élaboration, Mai 2016, p. 38.

6. M. Marleau and E. Hildebrand. Collision Prediction for Two Lane Rural Roads Using IHSDM: A Canadian Experience, Proceedings of the 20th Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference, Niagara Falls, Ontario, June 6-9, 2010, p. 14.

7. P. Greibe. Accident Prediction Models for Urban Roads. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 35, No. 2, 2003, pp 273-285.

8. L. Lei, Q. Wang, and A. W. Sadek. A Novel Variable Selection Method Based on Frequent Pattern Tree for Real-Time Traffic Accident Risk Prediction. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 55, 2015, pp. 444-459.

9. L. Sasidharana, and E. T. Donnell. Propensity Scores-potential Outcomes Framework to Incorporate Severity Probabilities in the Highway Safety Manual Crash Prediction Algorithm. *Accident Analysis & Prevention,* Vol. 71, 2014, pp. 183–193.

10. G. Yannis et al. Use of Accident Prediction Models in Road Safety Management – An International Inquiry. Transportation Research Procedia 14, 2016, pp. 4257-4266.

Laval, Québec

Le transport du futur sera électrique. À Laval, le futur, c'est aujourd'hui !

Pierre Lavigueur, Sylvain Boucher, Gheorghe Munteanu et Antoine Malo

En transport électrique, l'ère des projets pilotes est révolue. La Société de transport de Laval (STL) a déjà intégré à son service régulier un autobus électrique, acquis en 2012, après lui avoir fait subir un protocole de tests rigoureux. Typiquement, l'autobus peut effectuer une sortie de 90 km environ en pointe du matin, rentrer au garage pour une recharge partielle et repartir effectuer 70 km de service en pointe de l'après-midi. Des présentations ont déjà été effectuées dans différents forums, et la conclusion manifeste est qu'un tel véhicule malgré sa désuétude — comparé aux autobus sur le marché en 2017 — est déjà en mesure de remplacer 25 % des autobus de la STL qui ont une charge quotidienne de travail compatible avec ces performances.

Or, depuis 4 ans, la technologie a évolué très rapidement et les manufacturiers et exploitants qui utilisent des véhicules électriques se comptent par centaines en Europe, en Asie et en Amérique. Le Conseil d'administration soutient quatre initiatives de la STL, qui sont en cours et seront présentées en détail :

- Les tests de deux autobus électriques avec prolongateurs d'autonomie;
- La préparation de l'électrification complète d'une première ligne d'autobus;
- La planification de la construction d'un nouveau garage pour accueillir des autobus électriques dès 2022;
- Une mobilisation de tous les services, afin de préparer la transition vers l'électrification de la flotte entière de la STL.

DES AUTOBUS ÉLECTRIQUES AVEC PROLONGATEUR D'AUTONOMIE

La STL est résolument à la recherche d'autobus qui lui permettront d'assurer son service en réduisant son empreinte environnementale, sans ajouter de contraintes opérationnelles coûteuses dans la gestion quotidienne de la flotte. Une manière d'y parvenir serait évidemment l'acquisition d'autobus totalement électriques, avec une autonomie similaire à celle des autobus consommant du diesel ou hybrides actuels, de l'ordre de 900 km environ. Une autonomie moindre serait suffisante puisque le maximum demandé à un autobus pour une journée excède rarement 450 km.

De cette manière, l'autobus ne perd pas de temps en recharge durant la journée sur le réseau.

Cependant, malgré la rapidité avec laquelle la technologie évolue, un tel véhicule, avec le niveau de fiabilité requis pour rendre le service auquel s'attend la clientèle, n'existe pas encore. La réduction des coûts et l'accroissement de la densité des batteries permettront certainement, un jour, au marché de proposer de tels véhicules.

Mais d'ici là, une autre solution envisagée permettant d'opérer en réduisant les contraintes se trouve dans un autobus électrique avec prolongateur d'autonomie. Comme certains modèles de voitures aujourd'hui, ces véhicules roulent en mode électrique et se rendent au bout de l'autonomie des batteries, qui sont ensuite rechargées par un moteur diesel dimensionné permettant de prolonger l'autonomie et d'obtenir une consommation de carburant inférieure même à celle d'un autobus hybride standard.

Dans ce contexte, la STL a récemment annoncé qu'elle envisageait de mettre au banc d'essai deux autobus électriques avec prolongateur d'autonomie, en partenariat avec la firme TM4 Inc. et le motoriste Cummins Inc. Aussi dans le cadre de ce projet, la STL a fait l'acquisition d'une borne de recharge rapide et automatisée qui sera installée en terminus, pour permettre d'évaluer le potentiel de recharges d'appoint stratégiquement effectuées, en cours de journée, à des moments où l'impact sur les opérations est faible ou presque nul.

Au coût de 8,5 M$, ce projet est rendu possible grâce à une aide financière de 4,25 M$ du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) ainsi qu'à l'expertise et la contribution de TM4 et Cummins.

Le mandat de Cummins est de développer une chaîne de traction électrique avec prolongateur d'autonomie. La batterie sera dimensionnée pour effectuer un minimum de 35 km en mode totalement électrique. TM4, filiale en propriété exclusive d'Hydro-Québec, fournira ses composantes pour

la propulsion. Enfin, la borne de recharge retenue sera fournie par ABB (chargeurs 450 kW CC combinée à l'interface standard OppCharge). Les performances attendues font état d'une recharge en moins de 6 minutes, compatibles avec certains battements plus longs durant une journée de travail typique d'un autobus de la STL.

Le projet est en cours. Il consiste à convertir deux autobus hybrides de Novabus avec cette nouvelle chaîne de traction; ce travail est déjà amorcé. Les tests sur route devraient commencer dans le courant de l'année 2018.

UNE PREMIÈRE LIGNE TOTALEMENT ÉLECTRIQUE EN 2020

À la suite de l'essai concluant de son premier autobus électrique, la STL désire maintenant électrifier une ligne d'autobus entière, dans un contexte qui n'a plus rien d'un projet-pilote. Ce projet constitue, en fait, la première étape de l'électrification complète de sa flotte d'autobus et vise à mettre en service cette ligne en 2020. Il implique l'acquisition d'une dizaine d'autobus électriques et devra se réaliser à même les installations déjà existantes de la STL, puisque la construction du premier garage spécifiquement conçu pour accueillir des autobus électriques devrait se terminer en 2022.

Le projet consiste donc à :

- choisir la ligne à électrifier (tracé, achalandage, niveau de service, etc.) ;
- acquérir, instrumenter et préparer dix véhicules électriques pour le service à Laval ;
- acquérir et installer les bornes de recharge requises selon la technologie retenue ;

- adapter les infrastructures existantes pour accueillir les activités d'entretien, de stationnement et de recharge des autobus électriques ;

- constituer un système léger de contrôle et d'optimisation de la recharge;

- effectuer le montage financier pour les immobilisations ;

- évaluer les coûts d'opération (le véhicule et l'organisation du service) et d'entretien (optimisation des activités d'entretien et de recharge) ;

- mesurer la réaction de la clientèle à ce type de technologie.

Ce projet est déjà très avancé; un appel d'intérêt lancé au début de l'année 2017 nous a permis de jauger le marché en préparation de l'appel d'offres pour les véhicules, qui devrait être lancé en novembre 2017. Finalement, il permettra d'offrir à la clientèle un service de qualité et de mesurer les économies de coûts d'opération et d'entretien de ces véhicules.

UNE ÉTUDE EXHAUSTIVE, EN COLLABORATION AVEC LES SOCIÉTÉS MEMBRES DE L'ATUQ

Le changement d'une opération de transporteur public fonctionnant avec des véhicules alimentés au diesel vers une technologie électrique est un défi de taille. Il ne s'agit pas seulement de changements au niveau des véhicules et de la structure d'exploitation et d'entretien, mais aussi dans le «modus operandi» des équipes. Ce choix impose une préparation bien orchestrée, qui passe par une étude stratégique, permettant d'apporter un éclairage sur les différents aspects liés à l'électrification d'un réseau de transport public.

En même temps, l'autobus électrique n'est pas un concept unique; la recharge peut se faire par branchement manuel, par induction, par branchement automatique via une caténaire, à un rythme plus ou moins rapide, au garage ou sur le réseau, etc. Chacune de ces technologies a ses avantages et ses inconvénients, qui peuvent varier selon les environnements où elles sont implantées.

C'est donc afin de comprendre ces enjeux que le comité sur l'électrification de l'ATUQ a confié à la STL le mandat de réaliser une étude sur les tenants et aboutissants de l'électrification d'un réseau de transport et il a été décidé de documenter deux cas types, soit ceux de Montréal et de Laval, pour obtenir des résultats transposables aux contextes des différentes sociétés de transport du Québec.

L'objectif de cette étude est de documenter des scénarios d'électrification (étude de faisabilité) pour trois types d'autobus; à recharge lente, à recharge rapide ou permettant les deux.

Pour permettre la comparaison, l'étude portera sur un volume de 200 autobus électriques. L'analyse des scénarios sera appliquée à deux contextes urbains avec des densités et des hypothèses différentes :

> Le cas de Montréal, centre urbain de forte densité, en examinant le contexte de la conversion d'un garage existant pour permettre l'opération et l'entretien de véhicules électriques ;
>
> Le cas de Laval, centre urbain de moyenne densité, en prenant comme hypothèse la construction d'un tout nouveau centre de transport, exclusivement dédié à des véhicules électriques.

En premier lieu, l'étude permettra de documenter les caractéristiques des différents autobus électriques (charge lente, rapide ou mixte) disponibles actuellement sur le marché et aussi les différentes technologies de recharge. Bien qu'assez connues, ces technologies évoluent rapidement et les contraintes s'estompent aussi à un rythme impressionnant. Ensuite, l'étude permettra de connaître les impacts des trois types de recharge sur les réseaux d'exploitation et de déterminer

les infrastructures requises pour chacun de ces scénarios. Cette analyse quantifiera l'alimentation énergétique requise par simulation et, à terme, évaluera la facturation d'électricité par Hydro-Québec. De plus, cette étude jettera un premier regard sur les différentes ressources et qualifications requises du personnel d'entretien et d'exploitation pour anticiper la nature et le rythme de la gestion du changement qui sera nécessaire. Enfin, une synthèse des coûts pour chacun des scénarios ainsi que des analyses financières, pour un horizon déterminé par les Sociétés, compléteront le portrait, autant sous l'angle des besoins en immobilisations que sous celui des coûts d'opération.

Cette étude devrait être terminée au printemps 2018.

LE PROGRAMME D'ÉLECTRIFICATION 2022-203

Depuis plus d'un an déjà, la STL travaille à un vaste programme d'électrification de sa flotte qui devrait s'étendre sur 20 ans. À la suite de l'implantation d'une première ligne électrifiée en 2020, il est envisagé d'amorcer, autour de 2022, l'acquisition d'autobus tout électriques, dans de toutes nouvelles installations. En effet, la capacité des installations actuelles sera atteinte en 2021 et un nouveau garage sera requis, afin d'accueillir des autobus électriques.

Ce nouveau garage est en préparation à la STL et devrait être mis en service en 2022. Le programme fonctionnel et technique est en élaboration. Il est envisagé de s'inspirer des expériences étrangères, en Europe, aux États-Unis ou en Asie, où des réseaux d'autobus électriques commencent déjà à être implantés ou le sont depuis quelques années. Bien que le retour d'expérience ne porte pas sur une longue période (Foothill Transit, Paris, etc.), il est permis de croire que certaines bonnes pratiques ont déjà commencé à émerger.

Comme nos autobus urbains roulant au diesel ou hybrides ont une durée de vie de 16 ans, il est prévu que la conversion complète de notre flotte s'échelonne sur 16 ans – par exemple, si le dernier autobus hybride est acquis en 2021, il sera mis au rebut en 2037. Nous sommes donc face à un changement de paradigme complet, mais qui s'étirera sur plusieurs années!

Le changement d'une opération de transporteur public fonctionnant avec des véhicules alimentés au diesel vers une technologie électrique est un défi de taille

Comme mentionné plus haut, la gestion du changement constituera un défi de taille, à préparer soigneusement. Depuis six mois déjà, tous les services de la STL travaillent à l'identification des effets de ce changement, dans leurs domaines respectifs, de manière à consolider un grand plan d'ensemble d'ici la fin de l'année 2017.

À titre d'exemple, quelques questionnements/préoccupations soulevés par le département des ressources humaines :

- type(s) d'équipement choisi(s) puisque plusieurs préoccupations en découlent ;
- consultation/virage technologique pour saisir les préoccupations des industries automobiles (formation/SST, postes de travail – équipement);
- recherche sur la règlementation SST propre à l'électrification;
- réflexion sur la sécurité;

- requis de l'entretien des bornes, des équipements;
- impacts sur les méthodes et l'organisation du travail;
- impacts sur l'aménagement des postes;
- revue des profils de compétence;
- revue des descriptions de poste;
- formation d'appoint pour les employés actuels;
- chauffeurs, entretien, infrastructures, contremaîtres, superviseurs, etc.;
- formation/SST;
- etc.

On le voit, l'exercice est pris au sérieux et le plan de travail sera élaboré pour être amorcé au début de l'année 2018.

L'électrification de la flotte de la STL ne sera pas finalisée demain matin, mais ses enjeux, on le voit, font déjà partie de notre quotidien. La complexité du changement à venir impose de commencer tôt. Le politologue et écrivain américain Steve Chandler nous dit: « Notre influence grandit au moment où un rêve futur se transforme en une action présente. » L'électrification des transports est un défi extraordinaire pour le Québec qui dispose d'une électricité propre. C'est une vraie occasion de développer nos expertises et de poser des gestes qui vont dans le sens d'une vraie mobilité durable. Il est temps d'agir ! ■

Note : Messieurs Guy Picard, directeur général; Nicolas Girard, directeur principal Communications et affaires publiques; Daniel Beauchamp, directeur principal Exploitation; Éric Michel, chef Planification et ingénierie; et Madame Josée Prud'homme, directrice Ressources humaines, tous de la STL, ont également participé à la rédaction de cet article.

Crédit photo : CDPQ Infra

Crédit photo : CDPQ Infra

DES SOLUTIONS NOVATRICES POUR UNE MOBILITÉ DURABLE

Nos clients et partenaires choisissent **CIMA+** *pour notre approche innovante fondée sur des normes élevées de qualité, et nos solutions durables qui répondent aux besoins de notre société.*

Afin de favoriser la mobilité durable et d'optimiser les espaces verts, notre équipe a conçu, réalisé et supervisé la construction et la réfection d'infrastructures de toutes sortes, dans le respect de l'environnement et des citoyens, qu'ils soient piétons, cyclistes, usagers du transport collectif ou automobilistes.

CIMA+
Partenaire de génie

Longueuil, Québec

Les défis de la connectivité en continu des véhicules intelligents et autonomes

Sylvain Boisvert

Le véhicule intelligent fera partie intégrante d'un écosystème. Bien qu'on l'envisage autonome, il sera en réalité fortement interdépendant de la connaissance de son environnement. Ce qui le rendra vraiment intelligent, ce sont les données qui proviennent d'autres systèmes et que ses propres capteurs ne peuvent obtenir. Par exemple, s'il est informé des flux de circulation, des événements prévus et de la météo, il pourra calculer et utiliser un itinéraire plus efficace. Rapidement, on voit l'importance du lien de communication pour les véhicules autonomes et intelligents.

Avec l'affranchissement du besoin de conducteur, le concept même de transport personnel évolue. On peut envisager de passer du mode de propriété d'un véhicule au mode de service de transport à la demande, une sorte de taxi personnel sans conducteur. Alors, comment demander l'accès au service et obtenir un véhicule ? Le mot télécommande prend ici toute sa signification. L'utilisateur doit communiquer à distance avec ces véhicules pour accéder au service. Le véhicule partage sa position via le réseau.

Comme pour d'autres industries, l'électronique de contrôle devient de plus en plus générique. C'est le logiciel qui permet l'ajout de fonctions et d'intelligence. L'électronique est si chère à concevoir, à fiabiliser et à réparer. La tendance est forte pour utiliser des modules génériques sur lesquels on fait tourner un logiciel spécifique. Qu'est-ce que ça signifie au juste ? En fait, le logiciel se livre très bien par un lien de communication (Over-the-air ou OTA). Plus besoin d'un accès physique au véhicule. Il est désormais possible d'ajouter des fonctions au véhicule à distance. Il en va de même de certaines réparations, certains correctifs et rappels. Sachant que les autorités gouvernementales exigent de plus en plus que les rappels soient réellement effectués, les impacts envisageables de l'OTA sont significatifs. Selon l'IHS, les économies liées à la capacité de mise à jour logicielle à distance passeront de 2,7 milliards de dollars américains en 2015 à plus de 35 milliards en 2022[1].

Le véhicule autonome et intelligent s'avère moins autonome qu'on ne le pense. Comme n'importe quel élément intelligent, il dépend fortement de sa capacité à communiquer. Et ça l'expose à beaucoup de menaces. Déjà, en 2015, alors que peu de véhicules sont

connectés, 1,5 million de ceux-ci ont été rappelés pour des correctifs liés à la cybersécurité, selon la NHTSA[2].

SÉCURITÉ ET CYBERSÉCURITÉ

L'un des nombreux bénéfices de ce grand changement des modes de transport est d'accroître la sécurité des humains. Les pilotes automatiques entraîneront certainement une réduction du nombre d'accidents de la route et, par association, une réduction des blessures, fatales ou non.

La technologie permettant ces avancées est étroitement liée aux logiciels et à leur capacité de communiquer avec l'environnement immédiat (capteurs) et lointain (télécommunication). Le véhicule n'est rien de moins qu'un des objets connectés de l'internet des objets, avec cette différence qu'il est mobile et que certaines de ses données sont de nature privée et d'autres de nature publique.

Les vecteurs de communications seront nombreux pour un véhicule autonome. En plus de la connectivité à internet permettant la télémétrie, la mise à jour des logiciels, le suivi de parcs de véhicules et tous les services à valeur ajoutée imaginables, quelques autres liens sont prévus. Un premier qui existe déjà, c'est la connexion aux téléphones intelligents. Il s'agit d'une connexion locale, en général via Bluetooth, pour le système d'infodivertissement. Ensuite, on trouve les connexions V2V pour *Vehicule-to-Vehicule* permettant le partage des informations de pilotage sur un ensemble de véhicules situés dans un même périmètre. Elles ont généralement un rayon d'action de 1 000 m. De plus, il y a le V2X pour *Vehicule-to-Everything* qui permet au véhicule de communiquer avec des éléments d'infrastructure, des piétons, des appareils, etc., en formant ici aussi des réseaux temporaires (ad hoc). L'objectif est d'augmenter la sécurité par une meilleure connaissance de l'environnement.

Tous ces moyens de communication ont un point commun : ils sont sans fil. Ce sont des vecteurs plus sensibles aux attaques et aux interférences que le vecteur filaire. Nous avons donc un système mobile transportant des êtres humains, circulant dans des zones urbaines, dépendant de leur lien de communication sans fil. Voilà un défi auquel la cybersécurité ne s'est jamais trouvée confrontée jusqu'à maintenant. À l'exception de quelques systèmes gérés par les gouvernements, peu de logiciels accessibles à la masse risquent de causer des blessures en cas de cyberattaque. Jusqu'à maintenant, nous avons plutôt vu des impacts monétaires, organisationnels et de réputation. Ainsi,

dans les véhicules autonomes, la cybersécurité de ces logiciels hyper connectés signifie de plus en plus de « sécurité ».

LE DÉFI

Il faut simultanément maintenir une connectivité en continu et assurer la sécurité des systèmes contre les intrusions. Nous avons vu que le système global est en fait distribué et compte sur des informations qui ne sont pas toujours embarquées dans le véhicule. Une cyberattaque sur un élément à l'extérieur du véhicule peut quand même avoir un impact à bord : perte ou fausse information de positionnement des infrastructures, etc. Et si la connectivité en venait à être interrompue ?

La cyberresponsabilité globale pourra difficilement être centralisée vers une organisation. Trop d'intervenants s'entrechoquent dans l'écosystème. La National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) a diffusé, en 2016, un rapport présentant sa recommandation sur les meilleures pratiques de cybersécurité pour les véhicules modernes[3]. Il est basé sur l'approche du National Institute of Standards and Technology (NIST)[4] qui prône les cinq étapes suivantes (traduction libre) : déterminer, protéger, détecter, agir, récupérer. Dans son rapport, la NHTSA mentionne clairement qu'il est essentiel pour l'industrie automobile de créer les priorités d'entreprise qui favoriseront une culture permettant d'affronter les défis croissants en cybersécurité. En clair, elle recommande que ce soit un agent haut placé dans la hiérarchie qui ait un mandat direct et exclusif concernant la cybersécurité des produits.

Le Canada-US Regulatory Cooperation Council (RCC) comprend Transports Canada et le US Department of Transportation. Ils se sont ainsi engagés à coordonner et à collaborer sur quatre grandes initiatives pour les véhicules autonomes, dont l'une est la cybersécurité. À terme, l'objectif du RCC est d'assurer la sécurité et l'interopérabilité des véhicules connectés à travers la frontière.

Tant des intervenants du secteur privé que du secteur public sont concernés par ce défi complexe qu'est la cybersécurité. Chaque élément du système doit pouvoir contrer les menaces sans contrôle sur les autres éléments. Bien que nous vivions une révolution des transports, il peut être intéressant d'apprendre des premières applications connectées.

LES PREMIERS VÉHICULES CONNECTÉS

Depuis bien plus de dix ans, certains parcs de véhicules sont connectés. Principalement dans le monde de la répartition des appels de service. Le tout a commencé avec des réseaux privés, exploités par les organisations gérant aussi les parcs véhiculaires. Le souci de sécurité était bien moindre, puisqu'ils contrôlaient l'ensemble de la chaîne. Le déploiement des réseaux cellulaires publics offrant un accès internet a permis une solution alternative, à coût concurrentiel, aux réseaux privés. Ces organisations ont voulu en profiter. La largeur de bande disponible augmente et permet de mettre à profit de nouvelles applications, plus riches en contenu. Dans un souci de sécurité, des intergiciels (*middlewares*) établissant des réseaux privés virtuels ont été créés pour assurer la sécurité des communications : chiffrage et authentification. Mais vint aussi la nécessité de gérer le basculement entre les différents réseaux. Car si les nouveaux réseaux cellulaires étaient abordables et offraient plus de capacité, ils ne couvraient pas l'ensemble du territoire comme leur réseau privé. Les organisations souhaitaient donc utiliser plusieurs réseaux en parallèle. L'intergiciel s'est adapté pour gérer le passage d'un réseau à l'autre, comme le réseau cellulaire gère le passage d'une cellule à l'autre : transparence totale pour l'utilisateur et les applications.

Les agences de sécurité publique ont été des pionnières dans ce domaine. Elles maintiennent encore aujourd'hui des réseaux privés assurant leur capacité de communication en cas d'événe-

ments majeurs, alors que les réseaux publics deviennent engorgés. M. Gordon Routley, ing., chef de Division au service de sécurité incendie de Montréal mentionne: «Nous nous sommes appuyés, depuis plusieurs années, sur les capacités des données mobiles pour relier nos véhicules d'urgence directement au système de répartition assistée par ordinateurs. »

«Nous dépendons des capacités de communication rapides et hautement fiables pour suivre l'emplacement et le statut de chaque véhicule en temps réel et pour transmettre des ordres de mission et des informations critiques. Nous intégrons continuellement de nouvelles technologies qui dépendent de plus en plus de la capacité de transmission rapide des données, de manière sécurisée et, en raison de la nature de la mission, avec une fiabilité extrême.»

Les véhicules autonomes ou non, si fortement dépendants des communications réseaux, doivent savoir gérer leurs connexions, y compris leurs modes de défaillance, et ce, que le réseau soit public ou privé, partagé ou particulier, temporairement hors couverture ou carrément en panne. Tous les scénarios ne mèneront pas à des cybersensibilités, mais certainement à une réduction du niveau de service qu'ils peuvent offrir.

CONCLUSION

La sécurité dans le monde des transports autonomes devient liée à la connectivité du véhicule à son environnement et à la cybersécurité de ses éléments intelligents. La connectivité du véhicule est essentielle. Les fabricants automobiles ont de très grandes motivations financières et opérationnelles à utiliser les mises à jour de logiciel à distance pour résoudre des problèmes, offrir de nouvelles fonctions et se conformer aux exigences des autorités en matière de suivi des rappels. Mais ces fonctions ouvrent un flanc aux cybermenaces. Les gouvernements se mobilisent pour orienter l'industrie et élaborer des exigences.

Les cybermenaces sur les ordinateurs personnels et ceux des entreprises ont explosé, quand ils se sont connectés. On peut imaginer le même scénario avec les véhicules. Contrairement aux réseaux des entreprises, il sera difficile d'isoler un parc de véhicules en cas d'attaque. Il faut maintenir l'accès aux véhicules pour transmettre la mise à jour permettant de colmater une brèche. Et il faudra atteindre 100 % du parc, sinon même le dernier véhicule affecté pourra causer des problèmes dans l'écosystème.

Plus on intégrera les éléments du système de transport, plus ils seront intelligents, efficaces et cybersensibles. Ce constat n'est pas nouveau, mais devient fondamental, dans le monde des véhicules autonomes, intelligents et connectés. ■

Hill, K. (2016). *Connected Cars: Connectivity and services, is the industry ready?* RCR Wireless.

Internet, http://www.businesswire.com/news/home/20150903006570/en/Over-the-air-Software-Updates-Create-Boon-Automotive-Market, consulté le 18 juillet 2017

Internet, https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-cybersecurity, consulté le 18 juillet 2017

National Highway Traffic Safety Administration. (2016, October). Cybersecurity best practices for modern vehicles. (Report No. DOT HS 812 333). Washington, DC, Disponible à : https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/812333_cybersecurityformodernvehicles.pdf

National Institute of Standards and Technology. (2014, February). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity). Washington, DC :. Disponible à : https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/cyberframework/cybersecurity-framework-021214.pdf

MOSHI, K. (2016). « An overview of the of Transport Canada's connected and automated vehicles activities », présentation lors de l'International Conference on Transportation Innovation, Université de l'Alberta, septembre. Disponible à : http://www.transportation.ualberta.ca/en/Conference/~/media/transportation/PDFs/Ken_Moshi_-_ICTI_U_ALBERTA_SEPT__2016_-_09-16-16_-_NoNotes.pdf

Québec, Québec

La technologie au service de la gestion du trafic routier

L'utilisation de capteurs LiDAR pour mesurer la vitesse et suivre le trafic

Stéphane Duquet

Les capteurs LiDAR sont assurément un sujet d'actualité. Les grandes industries, où l'on impose des exigences rigoureuses en matière de détection et de télémétrie, telles que l'industrie automobile, et plus récemment, les systèmes de transport intelligents (STI) ont pris conscience des avantages uniques du LiDAR dans la détection, la mesure et la collecte d'informations en temps réel sur le trafic. Le marché du LiDAR est en pleine expansion : plusieurs jeunes entreprises ont vu le jour, les investissements en R et D sont plus élevés que jamais, les nouveaux partenariats et les fusions et acquisitions sont en croissance et la demande augmente rapidement.

Tous ces facteurs sont positifs pour l'évolution des STI, où l'on commence à intégrer le LiDAR dans la panoplie de capteurs de trafic routier. L'industrie profitera de la nouvelle génération de capteurs LiDAR solid-state qui offriront des améliorations importantes en matière de performance et de fiabilité, tout en réduisant considérablement les coûts.

L'une des capacités uniques du LiDAR est de détecter la position d'un véhicule avec beaucoup de précision, tout en récoltant des données télémétriques, ce qui permet de calculer précisément sa vitesse. Cet article présente un aperçu de trois champs d'application intéressants reposant sur la technologie LiDAR solid-state pour mesurer la vitesse.

SOLUTIONS D'APPLICATION DES LIMITES DE VITESSE EN ENVIRONNEMENT URBAIN

TrafficLogix est une entreprise qui se spécialise dans la conception de systèmes de modération du trafic et d'application des limites de vitesse. Elle désirait offrir des capteurs routiers pouvant détecter automatiquement les véhicules, calculer leur vitesse et relever les infractions.

La technologie utilisée doit être très précise et constante pour être approuvée par la loi. Les capteurs doivent être robustes, puisqu'ils doivent être en fonction toute l'année, quel que soit le temps (pluie ou beau temps). Après avoir évalué plusieurs technologies, TrafficLogix a choisi le module de détection multi-

élément M16 de LeddarTech, afin d'atteindre les exigences requises.

« Trouver une technologie précise et indétectable pouvant être utilisée pour mesurer la vitesse, repérer le véhicule fautif et appliquer la réglementation a été un facteur plus que déterminant », affirme Ahuva Basch, directeur de projet chez TrafficLogix, à propos de la technologie solid-state de LeddarTech.

La solution tout-en-un de TrafficLogix, appelée *Enforcer Cam*, repère les véhicules dépassant une certaine limite de vitesse et donne aux policiers la localisation ainsi que des photos et des vidéos de la scène en temps réel.

Le système compact peut détecter la circulation entrante (automobiles et motocyclettes), à des vitesses situées entre 0 et 180 km/h, jusqu'à une distance de 35 m. Il détermine aussi la vitesse réelle des véhicules avec une marge d'erreur de 3%. Le système est par ailleurs en mesure de distinguer les véhicules les uns des autres, même dans une circulation dense, ce qui permet l'application maximale des limites de vitesse. Le *Enforcer Cam* est positionné diagonalement à l'arrière du trafic sortant, à environ 3 ou 5 m de la chaussée et à une hauteur de 2 m.

Le système de TrafficLogix se démarque grâce à une mesure de la vitesse précise et abordable. Contrairement à plusieurs systèmes d'application des limites de vitesse reposant sur la technologie radar, le faisceau infrarouge émis par un capteur LiDAR est pratiquement indétectable.

SUIVI DU TRAFIC ET RÉCOLTE DE DONNÉES

Les villes et les autorités de transport optent pour les grandes bases de données et le suivi en temps réel des réseaux routiers, afin d'optimiser les flux de circulation et le transport en commun sur les infrastructures existantes. La mise en place à grande échelle de capteurs LiDAR abordables le long d'artères principales permet de transmettre aux systèmes de gestion du trafic de précieuses informations, en temps réel, à propos du nombre de véhicules, de leur modèle, de leur position, de leur direction et de leur vitesse. De telles données peuvent être utilisées, en temps réel, pour déterminer les points de pression et les bouchons de circulation, en plus de favoriser les analyses statistiques avancées et la modélisation.

Les capteurs LiDAR solid-state tels que le Leddar M16 compilent des milliers de données par seconde, en suivant plusieurs véhicules à la fois, sur plusieurs voies. Le taux d'acquisition rapide de chaque capteur et ses algorithmes de traitement des signaux optimisés assurent un calcul précis de la vitesse de tous les véhicules, dans le champ de vision de chaque équipement.

Les capteurs LiDAR profitent d'une plus grande liberté de positionnement angulaire que les capteurs radars. Les premiers peuvent être fixés sans contraintes de positionnement sur des infrastructures routières existantes. Les autorités publiques apprécient aussi le fait que les capteurs LiDAR ne font que recueillir des données et non des images, ce qui élimine les inquiétudes à propos du respect de la vie privée, en plus de favoriser l'acceptation sociale.

CONTRÔLE ET APPLICATION DES LIMITES DE VITESSE SUR LES AUTOROUTES

Dans le cadre d'une stratégie locale d'application de la loi, un intégrateur en système de STI devait concevoir un système capable de calculer efficacement la vitesse moyenne des véhicules circulant sur les routes et les autoroutes d'une municipalité. Les données recueillies sur le nombre de véhicules, leur modèle et leur vitesse devaient aussi être utilisées pour améliorer le flux de circulation et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le système devait détecter et reconnaître chaque véhicule, tout en respectant une marge d'erreur maximale de 50 cm au début et à la fin de la zone de détection. Il devait aussi être en mesure de localiser tout véhicule, peu importe sa couleur ou sa grosseur, allant à une vitesse de 20 à 250 km/h. Le système devait surveiller deux voies à la fois et fonctionner quelles que soient les conditions météorologiques (pluie, neige, brouillard ou vent) et dans des conditions de luminosité variées (plein soleil, nuit, zones obscures, tels des tunnels, etc.).

Le système qui a été mis au point consiste en deux modules de détection LiDAR qui suivaient chaque véhicule à l'entrée et à la sortie d'une zone de détection déterminée pour calculer leur vitesse. Les capteurs étaient jumelés à un module de caméras, ou RAPI, aux points d'entrée et de sortie de la zone, qui prenaient en photo chaque plaque d'immatriculation. Les données recueillies pouvaient ensuite être transmises aux autorités locales à des fins d'application de la loi.

Après avoir testé sans succès diverses technologies au laser qui ne parvenaient pas à répondre aux exigences relatives au taux de détection, l'intégrateur a choisi le Leddar d-tec, un détecteur de trafic routier dans lequel on retrouve des capteurs LiDAR solid-state intégrant un flash à large faisceau issu de lumières LED infrarouges. Les capteurs, basés sur la technologie Leddar, ont atteint un taux de détection près de 20 % plus élevé que celui des capteurs lasers. De plus, les capteurs Leddar étaient plus abordables et plus faciles à intégrer.

Le système mis au point se conformait pleinement aux exigences du client et se démarquait par sa performance, ayant détecté chaque véhicule avec un taux de succès avoisinant les 100 %. Aujourd'hui, ce système de détection de la vitesse est en service dans plus de 150 sites à travers l'Europe.

LE LIDAR : UN CAPTEUR HAUTEMENT POLYVALENT POUR LES STI

Comme les applications précédentes le démontrent, la technologie LiDAR solid-state peut être utilisée dans une variété de solutions de gestion du trafic, tout en étant plus économique que les dernières générations de capteurs LiDAR. Cette technologie peut aussi être utilisée dans les systèmes de détection des piétons et des cyclistes. La conception sans pièces mobiles, l'utilisation de composants abordables et les algorithmes de traitement du signal brevetés et hautement efficaces des capteurs LiDAR basés sur la technologie Leddar sont performants et fournissent des données à valeur ajoutée sur le trafic, comme le nombre de véhicules, leur taille, leur position, leur direction et leur vitesse, qui peuvent être utilisées dans une multitude d'applications propres aux STI. ■

Veemo: A Healthy Commuting Alternative

Andrea Latella-DuBoyce

Veemo is a three-wheeled, electric-assist, fully-enclosed bicycle. It offers car-like functionality while providing a healthy transport alternative to its riders. The Veemo will be rented out on a per-minute basis in a one-way sharing network. The pilot fleet will launch at UBC in September 2017.

Veemo is classified as an electric bicycle under Canadian legislation. It is permissible to ride a Veemo both in bike lanes and on the road. By regulation, the max speed of the Veemo is 32km/h (20mph) and it is equipped with a 500W motor. As you pedal, the Veemo offers motor assist based on your cadence (pedal speed) and torque. There is a solar panel on the roof of the vehicle to help recharge the battery. There are no charging stations necessary for Veemo. Depleted batteries will be swapped for fully charged ones by the Veemo team. A fully-charged battery will allow approximately 100km of travel.

Each Veemo comes equipped with power windows and doors, a headlight, daytime running lights, tail lights, indicators, a horn, and a parking brake. It can even go in reverse; just pedal backwards.

Veemo is accessible by a smartphone app. No driver's licence is required, but potential riders need to have a credit card and be considered legal adults. Reserve a Veemo for free, rent it for one-way trips or for multiple errands, and park them in motorcycle or car parking spots. Riders are insured at no extra charge.

Veemo promotes exercise while commuting and is a great alternative to traditional car-shares.

Nordresa à la conquête des véhicules commerciaux électriques

Sylvain Castonguay

Nordresa, qui développe et produit des systèmes de motorisation électriques pour les véhicules commerciaux de classe 4 à 8, part à la conquête des véhicules de livraison. Avec une clientèle en quête de solutions moins polluantes, Nordresa risque de percer un marché que les offres commerciales actuelles n'arrivaient pas à satisfaire jusqu'à ce jour.

Offrant une solution basée sur plusieurs années d'expérience et sur des fournisseurs travaillant dans le monde automobile, Nordresa propose une solution éprouvée, rentable en 3 à 5 ans, et ayant une durée de vie de 10 à 12 ans. Une façon payante de se libérer du pétrole.

Grâce à son partenariat de démonstration avec Purolator, Nordresa a pu prouver la robustesse de sa solution dans les rues de Montréal, lors de la pire période de l'année, soit celle de Noël et des mois suivants.

En juin, l'entreprise a vendu sa première unité à Déménagement Myette, une entreprise de Montréal qui effectue des déménagements à bicyclette et dorénavant en camion électrique. L'entreprise sera la première à recevoir la nouvelle génération basée sur un ISUZU NPR entièrement électrique.

Ce nouveau produit vient s'ajouter aux camions de type *walk-in* qui sont exploités par les opérateurs de courrier et de colis. Nordresa est ainsi en mesure d'offrir des véhicules électriques commerciaux sous plusieurs formes avec des autonomies de 120 à 250 km par recharge. L'option de recharge rapide permet de redonner 120 km d'autonomie en une heure.

nordresa.com

Carfit

Éric Espinasse

Alors que les moteurs thermiques sont devenus très fiables, les moteurs électriques le sont encore davantage. Les pièces qui s'usent, comme les pneus, les roues, les plaquettes, les disques de frein ou les amortisseurs (représentant plus de 40 % du budget automobile), manquent de capteurs et d'alertes.

Installer des capteurs sur ces pièces coûte cher, s'avère complexe, lourd et... nécessite une maintenance. CARFIT a conçu un petit boitier qui collecte des données, diagnostique et anticipe les problèmes de ces pièces automobiles. À la croisée de l'IoT et du *data analytics*, des sciences vibratoires (N.V.H.) et du *machine-learning*, CARFIT prévoit les besoins d'entretien réels pour chaque véhicule.

Sans besoin d'installation compliquée (ni *can bus* ni *obd*), le boitier connecté se fixe sur le volant et communique par Bluetooth avec le smartphone du conducteur. La connectivité permet également un historique d'entretien et du kilométrage, etc.

Les données vibratoires du véhicule sont envoyées dans le nuage (*cloud*) et captées à haute fréquence d'échantillonnage (jusqu'à 400 Hz). CARFIT traite les signaux pour permettre la reconnaissance des modèles.

CARFIT travaille avec les centres automobiles (Mobivia), OEM (Jaguar, Land Rover) et les parcs (optimisation des coûts de maintenance).

Aujourd'hui, CARFIT a déjà le niveau de perception d'un expert humain. On roule plus, on se dirige vers plus d'usages et de services que de propriétaires. Un entretien prédictif et personnalisé permet de réaliser d'énormes économies comparativement à un entretien standardisé. Un atout essentiel pour une évaluation indépendante des véhicules, avec ou sans conducteur.

CARFIT est à la recherche de partenaires pour élargir son *dataset* ce qui permettra, grâce aux systèmes d'intelligence artificielle, l'entretien prédictif.

govoit **Pour se déplacer simplement, facilement, rapidement et de façon économique de porte-à-porte.**

GOVOIT: l'application de covoiturage qui coordonne plusieurs véhicules successifs pour des déplacements de porte-à-porte, partout et à toute heure.

Aussi pratique, facile, flexible et sûr qu'une voiture personnelle, GOVOIT est beaucoup moins cher, beaucoup plus convivial et véritablement solidaire.

Stop aux embouteillages, priorité à GOVOIT

Jean-Marie Carrara

GOVOIT est une application de covoiturage coordonnée dynamique, de porte à porte s'inscrivant dans l'économie collaborative. L'application collecte, analyse et combine, en temps réel, les trajets de tous ses abonnés pour mieux exploiter leur capacité de transport.

Pour satisfaire leurs besoins de déplacement, GOVOIT coordonne plusieurs voitures successives pour permettre à ses abonnés de se déplacer de porte à porte.

En optimisant les points de rencontre, GOVOIT diminue leur temps de parcours, leur fatigue, leur stress et leurs risques d'accident.

En augmentant le taux d'occupation moyen des voitures, GOVOIT réduit fortement le coût de leurs déplacements.

En utilisant un modèle par abonnement et des technologies innovantes, GOVOIT assure à ses abonnés un haut niveau de sécurité pendant et après leurs trajets.

GOVOIT constitue une véritable solution alternative à l'utilisation quotidienne de la voiture individuelle en offrant la même disponibilité, la même flexibilité, le même confort et la même sécurité. Disponible partout et à toute heure, GOVOIT pallie la carence structurelle des transports en commun, en répondant aux besoins de populations repoussées vers la périphérie de villes de plus en plus grandes.

Bénéfique pour tous : entreprises, citoyens, collectivités territoriales et État, GOVOIT a choisi Montréal comme première implantation en Amérique du Nord, en raison de l'ampleur de ses embouteillages.

Pour ce lancement, GOVOIT est à la recherche de partenaires publics ou privés qui recevront, en échange, des données destinées à optimiser leur propre plan de déplacement.

Une version de démonstration de GOVOIT, pleinement utilisable en y associant votre communauté, est accessible à l'adresse **app.govoit.com**

GOVOIT est breveté au Canada.

Collaborer pour être meilleur, réduire les coûts, les risques et le temps de mise en marché

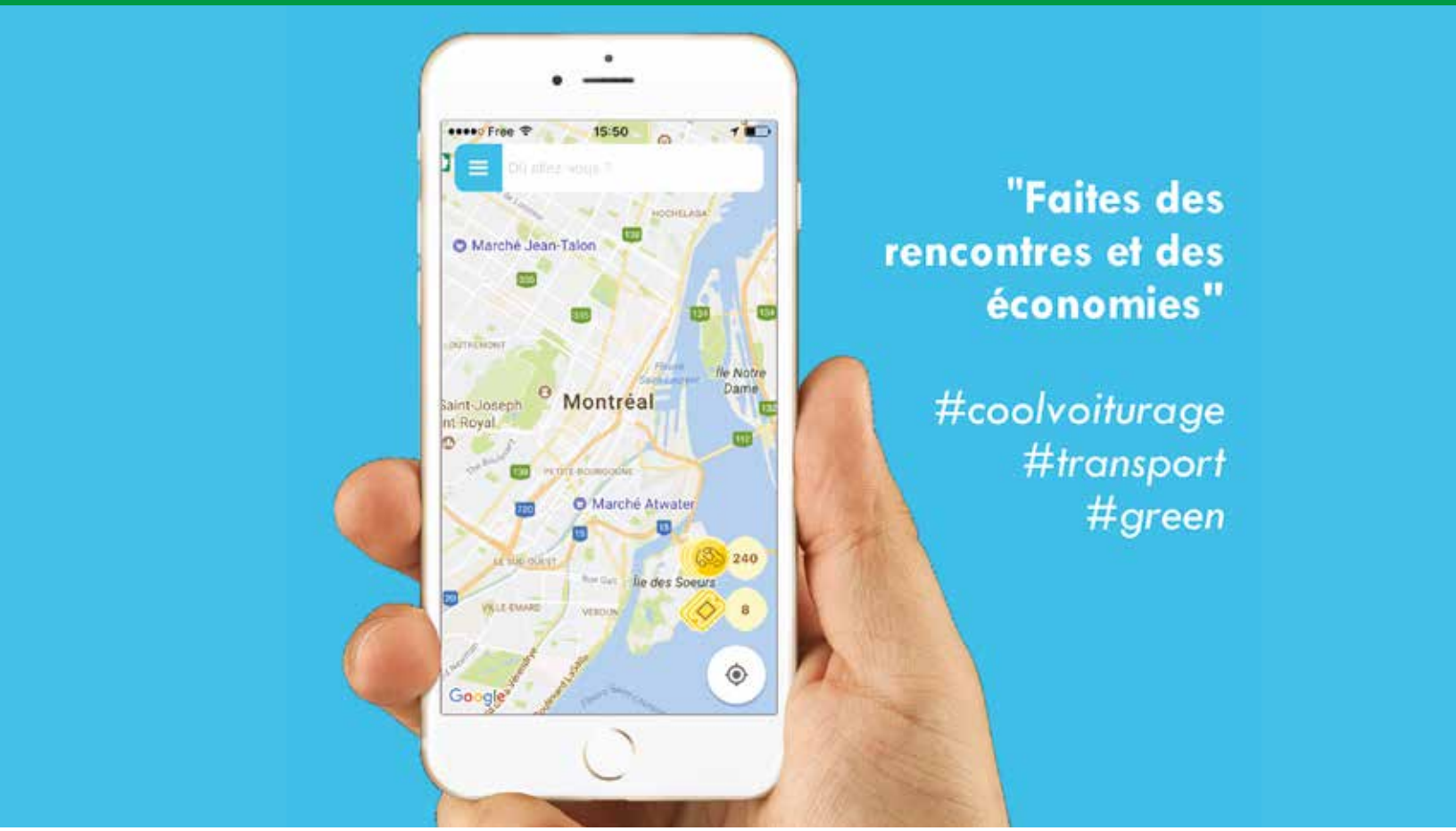
Marc Perron

Selon le président et fondateur d'Alizem inc., Marc Perron, 40 % des coûts d'un véhicule automobile traditionnel sont reliés à l'électronique et au logiciel, et montent à 75 % pour les véhicules électriques. Cette tendance s'applique également au secteur de l'aérospatiale et force aussi les OEM/Tier1 à trouver des moyens pour réduire les coûts, les risques et le temps de mise en marché de leurs produits, tout en continuant à augmenter leur performance.

Pour atteindre ces objectifs technologiques et d'affaires, il faut utiliser du logiciel qui a déjà été validé et testé dans un laboratoire reconnu, plutôt que de réinventer la roue. C'est ce qu'Alizem propose avec l'un de ses produits destinés à réduire le poids et la dimension des moteurs électriques et, par conséquent, la consommation de carburant et les émissions de GES, ainsi qu'à augmenter leur fiabilité dans les applications automobiles et aérospatiales. Ce produit est basé sur une technologie brevetée de l'Agence spatiale canadienne et permet d'économiser 10 ans de développement.

Comme le transfert de technologie est totalement pris en charge par Alizem, le client n'a pas à interagir avec des chercheurs, mais avec des ingénieurs professionnels habitués à gérer tous les détails nécessaires à l'intégration dans le produit final, en douceur, dans les temps et budgets prévus.

Basée à Lévis, Alizem inc. est spécialisée dans la commercialisation de produits logiciels pour les applications d'électronique de puissance, comme la commande de moteurs électriques et la conversion d'énergie solaire. Ce type de logiciel se retrouve au cœur de plusieurs produits électroniques, dans les marchés de la robotique industrielle, de l'automobile, de l'aérospatiale et des produits médicaux. Alizem est partenaire des firmes de semi-conducteurs Intel, ARM, NXP et Microsemi.



OuiHop
Le covoiturage réinventé

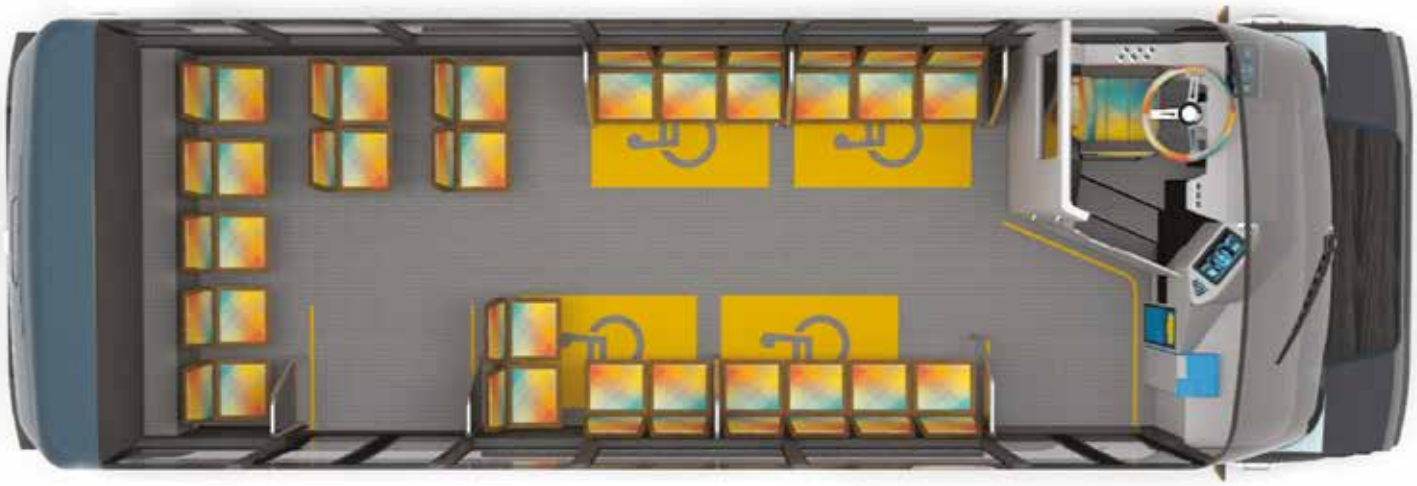
Marine Imbert

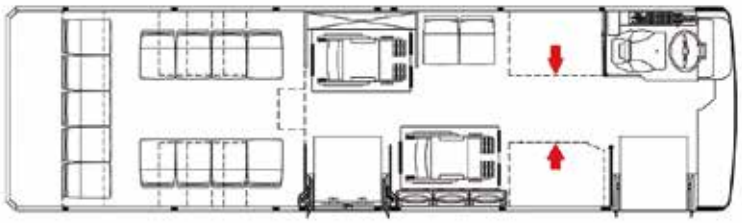
Le covoiturage urbain peine à émerger dans les villes, malgré la multitude d'initiatives locales lancées ces dernières années. Pourtant, son potentiel est énorme et sa capacité à lutter contre les embouteillages, la pollution et l'exclusion sociale est incontestable. L'application OuiHop réinvente le covoiturage en ville pour qu'il devienne une habitude quotidienne pour tous.

1. Sans planification de trajet à l'avance et sans obligation de rendez-vous : le service s'adapte à tous les horaires.
2. Sans détour : c'est au passager de rejoindre le trajet de la voiture.
3. Pour tous les trajets quotidiens et en temps réel : on utilise OuiHop' quand on veut, sur n'importe quel trajet. Idéal pour se faire déposer à une station d'autobus, de train ou de métro ou près de sa destination finale.
4. En confiance : on sait à l'avance avec qui l'on va covoiturer. Les conducteurs et les passagers peuvent se reconnaitre comme faisant partie d'une même entreprise ou communauté. Chaque utilisateur note son covoitureur en fin de trajet.
5. Le plaisir d'aider et de faire des rencontres. Basé sur l'entraide et sans échange d'argent, le service crée une rencontre privilégiée et du lien social.

Nos apprentissages sont les suivants : le covoiturage en ville doit être :

- Accessible à tous (coût bas, utilisation facile);
- Motivé par des valeurs d'entraide ou d'appartenance à une communauté;
- Et intégrable (par API, Application Programming Interface) aux solutions de mobilité des villes – transports publics et privés, actuels et futurs, électriques ou non, autonomes ou partagés.





L'autobus électrique à grande accessibilité

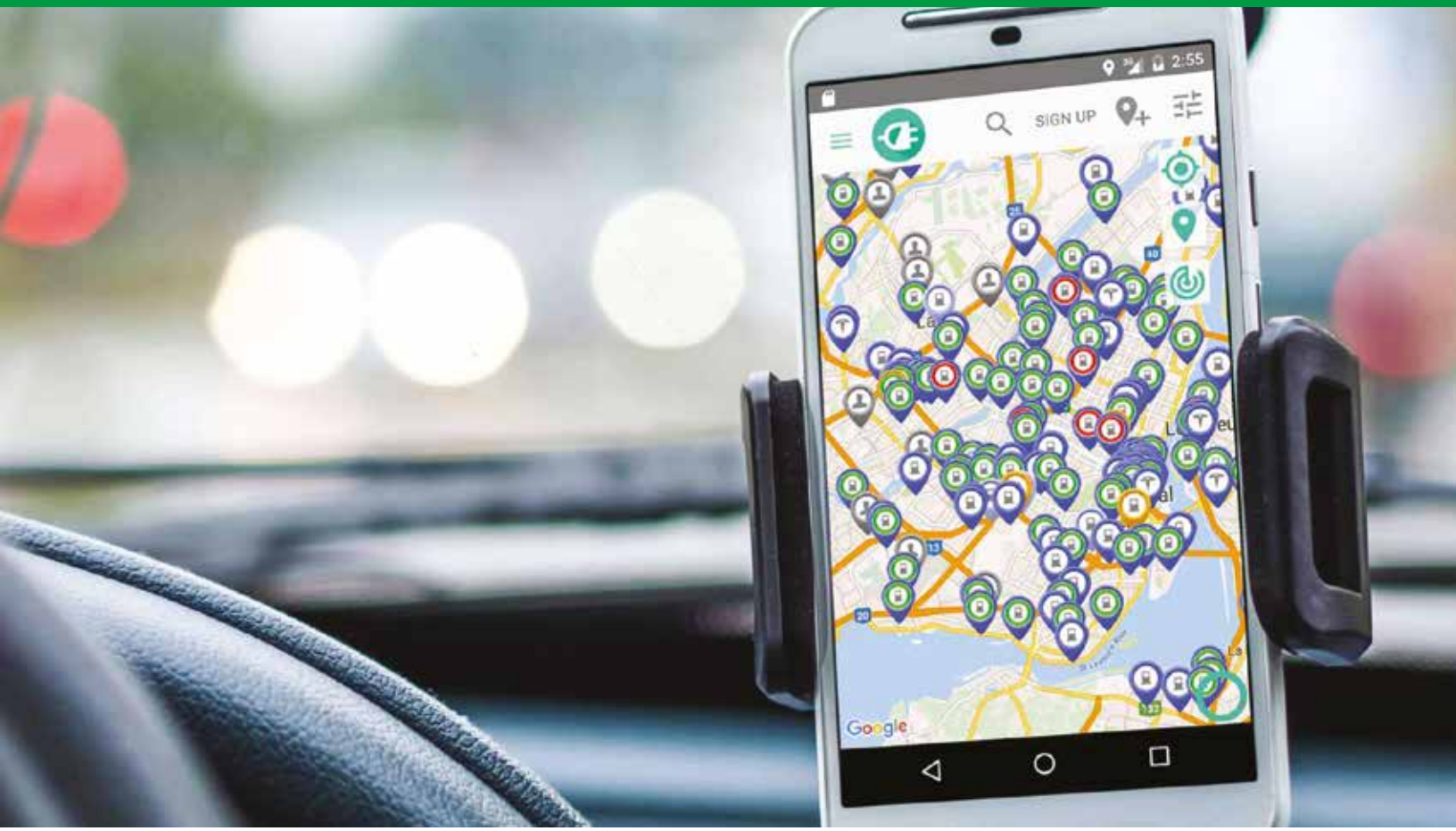
Nicolas Letendre

Letenda inc. est une entreprise en démarrage basée à Longueuil qui développe et planifie la commercialisation d'un autobus urbain de 30 pieds de long, appelé aussi *midibus*, à propulsion électrique.

Le marché visé par l'entreprise est celui du transport collectif et des navettes privées (aéroportuaires, universitaires et corporatives). Le concept de l'autobus Letenda a été validé auprès de divers clients potentiels et le véhicule se distingue de la concurrence par l'offre d'un autobus à grande accessibilité conçu pour répondre aux besoins des usagers et des exploitants d'autobus d'Amérique du Nord. L'autobus profite de l'avantage que procure la compacité d'un système de propulsion électrique pour améliorer l'espace passager.

L'entreprise rehausse d'un cran l'expérience de transport par autobus en offrant un plancher bas intégral et un accès sans restriction qui améliore la fluidité de circulation et facilite l'accès des passagers à mobilité réduite. Cette particularité bénéficie tant aux usagers qu'aux exploitants d'autobus, car elle assure la ponctualité des trajets en réduisant le temps d'entrée et de sortie des usagers aux arrêts.

De construction légère, l'autobus Letenda peut parcourir 300 km entre chaque recharge. Le système de recharge des batteries s'adapte au mode opérationnel de l'exploitant et permet la recharge lente, durant la nuit, et la recharge rapide, durant les heures de service.



ChargeHub

Olivier Proulx

Software Lead a lancé l'application mobile ChargeHub en 2012 pour aider les conducteurs d'un véhicule électrique à trouver toutes les bornes de recharge publiques en Amérique du Nord. Fini la peur de manquer de batterie!

L'application dispose désormais de plus de 50 000 bornes en Amérique du Nord. Les utilisateurs peuvent voir toutes les bornes de n'importe quel réseau. Ils savent si une borne est disponible ou occupée. Ils peuvent afficher des commentaires d'utilisateurs et des photos pour localiser la borne. Ils peuvent même payer pour la recharge directement dans l'application ChargeHub, dans certains réseaux.

Software Lead travaille activement avec tous les réseaux en Amérique du Nord pour intégrer leur mode de paiement à ChargeHub. L'application permet aussi aux utilisateurs de partager leur borne à la maison, afin d'aider les autres *électromobilistes*.

ChargeHub est un outil essentiel pour le conducteur d'un véhicule électrique!

La technologie est bâtie entièrement au Québec par des Québécois. De plus, ChargeHub est gratuit, alors allez télécharger l'application mobile pour Android ou iOS maintenant, ou allez sur chargehub.com pour connaître le nombre de bornes près de chez vous!

QUIPUX
STRIVES TO CREATE POWERFUL CITIES
FOCUSED ON LIFE QUALITY OF CITIZENS, TAKING CARE OF THEIR TIME, THEIR FAMILY AND THEIR RETURN HOME.
UNDERSTANDING THE CITY AND ITS PARTICIPANTS
STRENGTHENING THE AUTHORITY AND SAVING LIVES

Quipux creates innovative solutions according to the citiy´s needs and dynamics.

Accompanying governments in their operation under self-sustaining private public partnership models that help solve problems of transit, transportation and mobility.

Find more about us at www.quipux.com

CANADA

Edmonton, Canada

ACTIVE-AURORA : transformer les transports au Canada

Rod Schebesch et Martin Thibault

L'ÉVOLUTION DE LA MOBILITÉ — Imaginez le scénario suivant : vous conduisez, un matin, en route vers votre lieu de travail. Votre véhicule vous parle, vous informant de l'environnement routier : piétons à proximité, courbes prononcées, zones à risque élevé de collision, limites de vitesse, distances sécuritaires d'un autre véhicule, conditions routières…

Les systèmes collaboratifs de transport représentent la prochaine étape de la transformation des transports. En fait, les véhicules d'aujourd'hui sont déjà des appareils connectés. Bientôt, ils pourront interagir ou communiquer directement entre eux, avec l'infrastructure routière et avec nous. Le banc d'essai ACTIVE-AURORA pour véhicules connectés est au cœur de cette nouvelle réalité.

TRAVAILLER ENSEMBLE VERS UN BUT COMMUN

En 2014, le gouvernement du Canada, le gouvernement de l'Alberta (Alberta Transportation), la Ville d'Edmonton, le Centre for Smart Transportation (CST ou Centre de transport intelligent) de l'Université de l'Alberta et l'Université de la Colombie-Britannique ont formé un partenariat avec l'idée commune de créer un réseau de transport plus sécuritaire et efficace. Convaincus que la technologie a le pouvoir de transformer la manière dont nous nous déplaçons, ils ont entamé le projet ACTIVE-AURORA.

Étant le plus grand banc d'essai de technologie de véhicules connectés au Canada, ACTIVE signifie Alberta Cooperative Transportation Infrastructure and Vehicular Environment (Environnement véhiculaire et infrastructure de transport collaboratifs de l'Alberta) et AURORA signifie Automotive test bed for Reconfigurable and Optimized Radio Access (Banc d'essai automobile pour accès radio reconfigurable et optimisé). La composante ACTIVE est basée à Edmonton, en Alberta, tandis que la composante AURORA est située à Vancouver, en Colombie-Britannique. Le projet ACTIVE-AURORA comprend quatre bancs d'essai et deux laboratoires. Le banc d'essai AURORA est consacré au développement, à l'essai, à la démonstration et à la commercialisation d'innovations à Vancouver, mettant l'accent sur les communications sans fil pour améliorer la sécurité et l'efficacité du transport de marchandises.

Les trois bancs d'essai ACTIVE sont situés à Edmonton, sur Whitemud Drive, sur la 23e Avenue et sur Anthony Henday Drive. On y évalue la technologie des véhicules connectés (VC) pour déterminer comment elle pourrait être appliquée à des routes achalandées, afin d'en améliorer la sécurité et la mobilité, d'en diminuer la congestion et d'en rehausser la capacité. Les tests ont été divisés en phases : améliorer la sécurité, analyser le comportement des conducteurs et réduire la congestion.

La suite de cet article décrit le progrès réalisé à Edmonton, en Alberta, grâce à une solide collaboration entre les universités, le gouvernement et l'industrie.

BÂTIR UNE SOLIDE FONDATION

En raison de son climat hivernal particulièrement extrême, Edmonton est l'endroit idéal pour tester cette technologie. Ainsi, les chercheurs, l'industrie et les participants gouvernementaux ont l'occasion de déterminer comment la technologie fonctionne, non seulement en situation de circulation mixte sur les autoroutes et les artères urbaines, mais aussi dans différentes conditions climatiques.

Grâce à la diversité de la circulation (transport de marchandises, transport actif et transport en commun), le banc d'essai ACTIVE peut maintenant tester comment les VC et leurs technologies, les applications et les services aux usagers interagissent avec différents moyens de transport. À cette étape-ci, plus les informations sont nombreuses, mieux c'est.

L'information recueillie permettra aux ingénieurs de la circulation de mieux gérer la circulation et, éventuellement, lorsque les véhicules deviendront autonomes, ils pourront les rediriger pour éviter une zone de congestion causée par un accident ou pour prioriser le passage des véhicules d'urgence

CRÉER DES LIENS

La communication est la première étape de mise en œuvre d'un corridor connecté. Les trois corridors à Edmonton – une artère et une rue urbaine ainsi qu'une autoroute en milieu rural – ont été munis de 42 unités d'équipements de télécommunications en bordure de chaussée (ou *Road-Side Units* – RSU). Ces équipements ont été conçus pour fonctionner avec un protocole de communication propre à courte portée (ou Dedicated Short Range Communication – DSRC) et la norme de communication LTE. Cela signifie que les unités pourront communiquer, sans fil et en temps réel, avec les véhicules munis de dispositifs embarqués (ou On-Board Units – OBU) ou d'un cellulaire. L'information recueillie, entre autres l'emplacement et la vitesse du véhicule, est ensuite transmise en temps réel au Centre de gestion de la circulation d'Edmonton.

Ce parc de véhicules connectés, les RSU installés et le centre de gestion de la circulation sont la base pour des essais futurs plus poussés sur la technologie des VC. De plus, notons qu'ensemble, ils forment le premier réseau DSRC opérationnel au Canada. Par exemple, la Ville d'Edmonton, l'un des partenaires du projet ACTIVE-AURORA, envisage l'incorporation d'OBU dans les chasse-neiges, les véhicules d'urgence, d'entretien et de transport en commun pour tester la technologie VC déjà installée le long des routes. Le projet attire aussi des fabricants automobiles et d'autres partenaires industriels de la région. En tant qu'installation d'essais à données ouvertes, les possibilités de collaboration et d'apprentissage sont infinies.

À l'avenir, lorsque plus de véhicules seront munis de ces dispositifs, la Ville pourra dresser un portrait plus représentatif de l'état de congestion du réseau routier. L'information recueillie permettra aux ingénieurs de la circulation de mieux gérer la circulation et, éventuellement, lorsque les véhicules deviendront autonomes, ils pourront les rediriger pour éviter une zone de congestion causée par un accident ou pour prioriser le passage des véhicules d'urgence. Ce système, qui peut fonctionner en parallèle avec des véhicules autonomes, représente une importante avancée en matière d'amélioration de la sécurité, de réduction de la congestion routière et de diminution des émissions de GES.

RECUEILLIR DES DONNÉES ET FAIRE PARTICIPER LE PUBLIC

L'équipe de projet utilise trois corridors d'essai à Edmonton en plus du laboratoire de l'Université de l'Alberta, où les paramètres peuvent être personnalisés afin de simuler différentes situations auxquelles les usagers font face lors de leurs déplacements quotidiens. Pour bien modéliser ces situations, l'équipe doit disposer de données fiables. Pour ce faire, il a donc fallu établir un partenariat avec des entreprises de télécommunications. L'équipe de l'Université de l'Alberta a conçu une application pour téléphone intelligent qui a d'abord été offerte aux étudiants et ensuite aux résidents d'Edmonton. Des centaines d'étudiants ont téléchargé l'application; ils voulaient participer à ce projet novateur, d'envergure et tourné vers l'avenir. Il en était de même pour les citoyens; les téléchargements de l'application ont augmenté exponentiellement lorsque l'invitation leur a été lancée.

En collaboration avec les entreprises de télécommunications, l'équipe a recueilli l'information nécessaire pour déterminer l'itinéraire et la destination de nombreux déplacements quotidiens. Cette information a permis d'avoir une connaissance plus fine de la congestion sur le réseau. Les usagers, quant à eux, ont reçu des informations telles que la localisation des incidents causant de la congestion, la réduction de la vitesse dans les zones scolaires et dans les zones de construction ainsi que la localisation des zones à risque élevé de collision.

EN ROUTE VERS UN OBJECTIF ZÉRO ACCIDENT

En plus des équipements DSRC en bordure de chaussée et embarqués qui ont été installés dans le cadre de ce projet, l'équipe a développé un projet pilote axé sur la sécurité piétonnière. Cette initiative s'inscrit bien dans la vision de la Ville d'Edmonton d'être une ville saine, où

l'on encourage l'utilisation du transport actif et où l'on vise un objectif zéro en matière de collisions impliquant des véhicules et des piétons.

L'équipe a donc tiré profit de la technologie des VC pour réduire le nombre de collisions avec des piétons aux intersections avec feux de circulation. Une équipe d'étudiants au postdoctorat a mis sur pied un projet pour tester les interactions homme-machine de la technologie des VC. Prenons l'exemple d'un véhicule autonome : il analyse son environnement avec un laser et s'arrête lorsqu'il détecte un objet, un véhicule ou un piéton dans sa trajectoire ou en direction de cette dernière. Mais qu'arrive-t-il si ce piéton qui était caché derrière un bâtiment ou un autobus se retrouve soudainement devant le véhicule ? En combinant les technologies des véhicules autonomes et connectés, cette situation devient plus simple à résoudre. L'équipe a donc muni un véhicule non autonome d'un OBU et remis un dispositif portable de communication DSRC à un piéton. L'OBU a détecté le dispositif du piéton même lorsque celui-ci se trouvait caché par le véhicule (non visible par le laser dans le cas futur d'un véhicule autonome) derrière le coin d'un bâtiment ou d'un autobus. Lorsque le piéton s'est mis à marcher pour s'engager dans l'intersection, l'OBU a reçu un signal et, grâce à ce dernier, le conducteur a été averti de la présence du piéton sans même l'avoir vu.

L'application future avec le véhicule autonome permettra de pallier le manque de visibilité de son laser et de ralentir ou de s'arrêter pour éviter la collision en pareille situation.

Les résultats de ce projet ont mené au développement d'une validation de principe pour la notification de détection de piétons sur les véhicules connectés utilisant le protocole DSRC.

LES PROCHAINES ÉTAPES

La force motrice du banc d'essai ACTIVE-AURORA est l'utilisation de technologies novatrices dans un environnement ouvert et collaborateur pour accroître la sécurité et l'efficacité. Avec cet objectif en tête, l'équipe continue à élargir le réseau d'équipements routiers (ou RSU) et le parc de véhicules munis d'équipements embarqués (ou OBU).

Toutefois, Il faut noter que cet élément est devenu relativement incertain, ces derniers mois. En 2016, le gouvernement fédéral des États-Unis avait annoncé son intention de mettre en œuvre un projet de réglementation qui exigerait que tous les nouveaux véhicules soient munis d'un OBU. Le gouvernement actuel a suspendu ce projet. Ainsi, il est difficile d'estimer à quel moment davantage de véhicules personnels seront munis de cette technologie.

Un autre aspect important du projet est d'assurer sa visibilité dans le milieu. Une démonstration technique a donc été créée pour le congrès ITS World qui aura lieu à Montréal, en octobre prochain. Dans le cadre de cette démonstration, des RSU multifonctionnels seront installés à Montréal, comme ceux qui se trouvent à Edmonton, et seront capables de fonctionner avec le protocole DSRC et la norme de communication LTE.

AU-DELÀ DU BANC D'ESSAI

Le réseau de banc d'essai ACTIVE-AURORA offre une occasion unique de tester la technologie avant qu'elle ne soit déployée. Bien qu'il existe plusieurs bancs d'essai, celui d'ACTIVE-AURORA a été l'un des premiers à tester la technologie des VC. Il s'agit aussi d'une installation collaborative; d'autres entreprises intéressées sont encouragées à y tester leurs véhicules et leurs équipements. De cette façon, ACTIVE-AURORA contribue à un avancement plus rapide de ces technologies pour que, bientôt, la congestion routière et les accidents de la route appartiennent au passé.

Au-delà de l'environnement urbain, cette technologie a des applications et des implications bien plus larges. En effet, la technologie des VC peut améliorer les échanges commerciaux et internationaux du Canada, en aidant à mieux comprendre les systèmes de transport intermodaux. De plus, les données générées par ACTIVE-AURORA peuvent améliorer la capacité, la sécurité, l'efficacité et le rendement environnemental des réseaux de transport provinciaux et nationaux. ACTIVE-AURORA vise à offrir aux autorités routières une meilleure compréhension des politiques et des infrastructures requises pour soutenir le déploiement de la technologie des VC, à l'échelle du Canada.

ACCROÎTRE L'INTÉRÊT

Au cours de la dernière année, l'industrie automobile a manifesté un très grand intérêt pour le projet ACTIVE-AURORA. De nombreuses délégations ont visité le banc d'essai pour voir comment il fonctionnait et comment il améliorerait les réseaux de transport. L'intérêt pour ACTIVE-AURORA est mondial et ne cesse d'augmenter. La Ville d'Edmonton et l'Université de l'Alberta occupent une place importante dans l'avenir des transports.

TRANSFORMER ACTIVEMENT LES TRANSPORTS

La question posée à bien des intervenants est la suivante : qui sera responsable de faire progresser cette technologie ? Le secteur public ou le secteur privé ? Peu importe l'approche, tous deux en retireront des avantages. Le modèle ACTIVE-AURORA s'est avéré une réussite. Des partenaires gouvernementaux, universitaires et industriels travaillent ensemble pour transformer les transports, pour le grand bénéfice de tous — voilà l'objectif même du projet. En transformant les transports, nous offrons une solution équitable, nous améliorons la sécurité, nous réduisons la congestion et la pollution et nous rehaussons la qualité de vie des citoyens. Tout commence avec une base solide : quelques dispositifs de communication et un groupe de personnes qui partagent une vision d'avenir.

Si le projet ACTIVE-AURORA nous a appris une chose, c'est que les gens ont hâte d'améliorer les transports. Alors, que ce soit le secteur public qui encourage cette initiative ou le secteur privé qui développe la technologie et l'expertise et qui, par la suite, en partenariat avec les Villes, mette le tout en œuvre, le résultat sera le même : un réseau de transport plus sécuritaire et plus efficace. ■

Toronto, Canada

The Value Proposition of Mobility Services: Opportunities and Challenges for Sustainable Operations

Ryan Falconer & Melissa Felder

Mobility service vendors are redefining the transport landscape; especially in cities. The mobility ecosystem is no longer defined by the 'primary five' modes of transport: walking, cycling, public transit, single-occupancy private vehicles and multiple-occupancy private vehicles. Instead, the consumer is offered an unprecedented spectrum of mobility choices, which are defined by their availability on demand and pricing-per-use (or periodic subscription). These include ride hailing, bike sharing, car sharing, ride pooling, micro-transit and a growing range of variants[1].

Neither pay-as-you-go nor shared transport are new phenomena. These have been characteristic of public transit since these services became available. The taxi industry has long offered consumers demand-responsive service using light vehicles and charged at a price-point reflecting the relative convenience and privacy compared to public transit.

So what has changed? Fundamentally, technology has abetted development and deployment of new business models for transport operations and an unprecedented level of access to these services among consumers. Additionally, growing market demand has been observed for mobility choices beyond traditional private and public modes. Meanwhile, legislative and governance frameworks have provided context for vendors to enter the mobility market; unwittingly and sub-optimally, in some cases.

The new service spectrum appeals to some, but not all consumers. Furthermore, new mobility variants suit some, not all trips that form the basis of the passenger ground (non-aviation and non-maritime) travel market. Understanding the share of the travel market being taken up by new mobility services and why, and how susceptible these phenomena are to change are specific foci of a current research project being conducted by Arup and local research partners.

Additionally, we are interested in determining the true value proposition associated with different mobility services: what tangible benefits do they offer their customers, the cities

within which they operate, the transit systems they co-exist with and the suppliers of the service (i.e. the drivers, in the case of ride hailing services)? This article explores some of our early thinking and reasons why such study is critical to contemporary transport planning; particularly in urban areas.

THE VALUE PROPOSITION

All mobility service vendors aim to offer consumers an attractive travel choice that hits a sweet-spot across three main variables: convenience, travel time and cost. Digital platforms provide access to these choices. Some of these platforms are hosted by specific vendors (like the Uber app) while others are aggregators offering a range of choices depending on which vendors offer access to their booking and scheduling systems (Citymapper or Whim). We note the distinction between mobility service platforms and services themselves, and will focus on the latter for the remainder of the article.

For municipal governments and transit agencies, mobility services offer increased opportunities for efficient and cost-effective movement of passenger traffic. Broadly, alternatives to private car ownership such as ride hailing and car share schemes, may reduce private car ownership and demand for parking spaces. In some cases, they may address unmet demand; especially among lower income earners and disadvantaged groups residing in car dependent locations who cannot afford to own and operate vehicles of their own.

Ride hailing, ride sharing and bike sharing (less so car sharing) are thought popularly to improve so-called 'First and Last Mile' (FLM) connections to line-haul transit. Additionally, mobility services may provide added choice for people travelling outside of peak periods and away from line-haul transit. These are two functions that conventional transit has struggled to perform.

Constant innovation and deployment of new services on to the mobility market creates new jobs. People driving for Uber, Lyft and other companies also seem to have the flexibility to drive on their own terms (i.e. when they want to).

Overall, the value proposition appears strong. Reality reveals flaws in the offer and a range of implications for consumers, government, cities and members of the shared mobility workforce.

WHAT'S THE ACTUAL TRAVEL MARKET FOR MOBILITY SERVICES AND WHAT ARE THE IMPACTS?

The mobility service boom, as enabled by telecommunications technology, has been with us for less than a decade. Car sharing schemes have been around for longer (e.g. Zipcar was founded in 2000), but real growth-the rise of ride hailing-commenced in 2009 (Uber) and gained momentum in the US market after 2012 when Lyft entered the market.

We'd be forgiven for thinking everyone uses mobility services all the time, such is their media exposure. In reality, mobility service customers are most often urban, and relatively young and affluent[2-3]. Still, not every Millennial is shunning private car ownership for mobility services, despite what some media infers[4].

One study of car2go members found that access to the car sharing programme allowed some customers to dispose of their private vehicles or supressed their acquisition. Each car2go vehicle removed 7-11 private vehicles from circulation with some associated reduction in household Vehicle Kilometres Travelled (VKT) among subscribers[3].

Another recent study of car sharing services in the San Francisco Bay Area showed that urban dwellers using car share programmes own fewer cars than those who don't; however, there was not the same differences between users and non-users in suburbs. Significantly, only about 2%

of the population and 3% of households identify as car share members, which is a very small slice of the travel market[5].

Increasingly, partnerships between ride hailing companies and transit agencies-in Kansas City and San Clemente, for example are facilitating use of mobility services by wider demographics and for added trip purposes; most often, to satisfy the FLM challenge. APTA's research suggests use of ride hailing services are largely a complement to rather than substitute for transit and it's because of this that some transit agencies are signing service agreements with vendors like Uber and Lyft[6].

Still, other research has found that substitution occurs and herein is the root of a headache for governments: can mobility services undermine transit and under certain circumstances, do they actually add to aggregate VKT? If the answers are yes, then partnerships with vendors to improve mobility services in some contexts (e.g. FLM) might have unintended consequences for transit and transport policy in broader terms.

Some North American research shows that most trips conducted by shared vehicle would probably have occurred by car, anyway [7]. Bruce Schaller's research in New York demonstrates that over the last two years, ride hailing vendors have started attracting riders from transit, walking and cycling, increasing VKT and adding to congestion. For example, daily trips to and from Manhattan, the absolute number of hailed trips serving this demand and overall urban VKT have all grown while transit trips are down[8]. In busy urban places, even small changes in VKT and vehicle density can have profound impacts on operations and this is being observed in New York.

In Canada, recent research in the Greater Toronto and Hamilton Area found varying impacts on transit usage as a product of Uber service availability. Uber is more likely to be a substitute for smaller cities and cities with bus-based transit systems, and a complement in larger cities and those with stronger rail-based networks[9].

> *"As on-demand mobility continues falling price while increasing coverage, transit agencies risk being hollowed out by their would-be partners"*[10].

In Pennsylvania, SEPTA has reported steep reductions in transit patronage since ride hailing became available. Plainly, there is an imperfect relationship between the two variables; nevertheless, the price-point and increasing convenience of services such as Uber has led to mode substitution. Uber has implemented policies-like financial incentives to drivers-to improve coverage outside

of denser urban areas and this has reduced transit's appeal. The company argues that this provides improved service to consumers, which is true but its consequences for transit represent collateral damage.

> *"Slower, less reliable bus service leads to more dissatisfied passengers, who may also turn to ride sharing. Meanwhile, the gap between a bus line's expense and revenue would grow, making service less affordable"*[11].

A CAUTIONARY NOTE FOR MOBILITY SERVICE OPERATIONS IN CITIES

The mobility service landscape is evolving rapidly and frankly, there is too little research focused on too few contexts to appreciate fully the spectrum of trade-offs for cities. Furthermore, the value proposition and observed effects of service vary depending on the nature of the offer: ride hailing compared to car sharing, bike sharing and so on.

On current evidence, there is little doubt that the combined convenience, time and price offer to consumers of a variety of forms of mobility service can be compelling. Yet, there is cause to be wary of how permanent this offer is. In the case of ride hailing, existing (low) price points are not sustainable and won't be so while cars still have drivers. The introduction of automated vehicle fleets, which might occur in the early or mid-2020s, will change the economic dynamic and is worthy of discussion in a separate article.

Mobility services don't suit all trips and only attract a relatively small share of the overall travel market. In the medium term, at least, this share will remain in the minority. There are a couple of profound reasons for this in our view.

Firstly, mobility service vendors' have a commercial raison d'être, which is sometimes at odds with public policy[12-13]. Considerations such as social equity and justice, public health and environmental management cannot be satisfied by motorised, four-wheeled, privatised transport, only.

The mobility ecosystem is no longer defined by the 'primary five' modes of transport: walking, cycling, public transit, single-occupancy private vehicles and multiple-occupancy private vehicles

Secondly, basic physics apply to cities and disaggregated travel causes the same issues whether you're driving your own car or being driven. This reinforces the roles of walking, cycling and mass transit in cities, and underlines concerns raised by research such as Bruce Schaller's.

Public policy towards mobility services must therefore be both cautionary and nuanced. Our research shows that the value proposition varies from mobility services vendor to vendor. The private sector innovates to satisfy travel demand in ways that the public sector cannot and this yields utility to consumers. Still, the drawing away of ridership from mass transit, which is a consequence of the private sector mobility offer, can have detrimental longer-run effects for cities and their citizens.

We therefore believe that pilot partnerships are essential. These pilots must serve different trip markets and be used to collect rich evaluative data. It is critical that data asks are defined and made part of a partnership agreement.

Pilots must not replace core transit service, which itself must be calibrated better to serve

the needs of its ridership base. In some cases, this means service overhaul and in others, improvement to rolling stock, ticketing and other aspects of operations. It is only when transit agencies and city governments have evidence of impacts of new service arrangements and there is low risk of any consumers being worse off owing to service changes, that anything more permanent should be contemplated.

More broadly, transport policy must evolve to manage the undesirable impacts of mobility service use including congestion and increased VKT. Necessarily, road pricing should apply more widely targeting all types of low occupancy traffic. ■

1. Shaheen S., Chan N., Bansal A. and Cohen A. (2015) *Shared Mobility: A Sustainability & Technologies Workshop*, November, University of Berkeley Transportation Sustainability Research Center and Caltrans

2. Clewlow R. and Mishra G. S. (2017) *Shared Mobility: Current adoption, use and potential impacts on travel behavior*, TRB 2017 Annual Meeting

3. Martin E. and Shaheen S. (2016) *The Impacts of Car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: An analysis of five North American cities*, Working Paper, July, University of Berkeley Transportation Sustainability Research Center

4. Pearce F. (2011) T*he End of the Road for Motormania*, August 10, https://www.newscientist.com/article/mg21128255.600-the-end-of-the-road-for-motormania/

5. Clewlow R. (2016) 'Carsharing and sustainable travel behavior: Results from the San Francisco Bay Area' in *Transport Policy*, 51, pp158-164

6. Murphy C. (2015) *Shared Mobility and the Transformation of Public Transit*, March, American Public Transportation Association

7. Martin E. and Shaheen S. (2016) *Impacts of Car2Go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: an analysis of five North American cities*, July, working paper, Transportation Sustainability Research Center, UC Berkeley

8. Schaller B. (2017) *Unsustainable? The growth of app-based ride services and traffic, travel and the future of New York City*, February, New York: Schaller Consulting

9. Hall J., Palsson C. and Price J. (2017) *Is Uber a Substitute or Complement to Public Transit?* April 24, https://www.economics.utoronto.ca/public/workingPapers/tecipa-585.pdf

10. Lindsay G. (2016) *Now Arriving: A connected mobility roadmap for public transport*, New Cities Foundation, October, http://bit.ly/NCFConnectedMobility

11. Laughlin J. (2017) *As Uber Grows, SEPTA to Rethink Bus Service*, July 23, http://www.philly.com/philly/business/transportation/as-uber-grows-septa-to-rethink-bus-service-20170721.html

12. Walker J. (2014) *Let's Quit Pretending About Uber*, October 4, http://humantransit.org/2016/10/lets-quit-pretending-about-uber.html

13. Ries B. and Ryall J. (2014) *Uber Intros Surge Pricing During Sydney Hostage Siege, then Backtracks after User Outcry*, December 14, http://mashable.com/2014/12/14/uber-sydney-surge-pricing/#KMvipleoJ5q7

Vancouver, Canada

How can organizations become a part of the shared mobility evolution?

Amanda Lam

When we think about traditional mobility or transportation options, most people imagine a personal vehicle, and possibly multiple vehicles in each household. On the corporate side, it wouldn't be uncommon to imagine transportation allowances or a company car for some staff members.

The way people get around, which is referred to more often as "mobility" rather than "transportation" nowadays, has evolved over the years, with technology being an influential factor. Technology has brought innovative ideas to life, giving people a growing number of mobility options. For example, the growth of carsharing would not be possible without well-developed in-car technology. Similarly, ridesharing would not be possible without the increased availability of the internet and smartphones.

This technological and mobility evolution created a new industry: shared mobility. Shared mobility "enables users to obtain short-term access to transportation as needed, rather than requiring ownership."[1] This definition reflects the way people's mobility behaviour has changed as well; as people become more aware of the true cost of private vehicle ownership, they begin to opt for more flexible, pay-as-you-use options.

Transitioning away from private vehicle use to options in the shared mobility industry provides individual economic benefits as well as environmental benefits. These two factors also contribute to city-wide benefits that municipal planners need to begin taking advantage of.

On the individual side, the cost of vehicle ownership includes the variable cost of gas and maintenance, and the often overlooked cost of insurance. With vehicles sitting idle for most of the day, the total cost of vehicle use does not seem like an efficient use of assets or money. By opting for shared mobility options, individuals can forego the high sunk cost of ownership and pay for only the time used with either a carshare, rideshare or bikeshare. Seeing the true cost of mobility can also encourage people to walk or take public transportation more often as well.

On the environmental side, studies have shown that for every shared vehicle, 7-13 personal vehicles are removed from the road.[2] These are great statistics as conges-

tion becomes a growing issue and city planners are struggling to find a solution. Carsharing membership in Canada has increased by almost 250% in the last 5 years alone. However, even with the growth of carsharing adoption, only a small fraction of the trips taken are with shared vehicles.[2]

For city planners, shared mobility is an opportunity to mitigate issues, such as congestion, land use and lack of public transportation. Cities need to adapt through policies and regulations, and learn how to leverage the benefits of shared mobility. Cities will also need to take into consideration the impacts on congestion, parking spaces and the use of roads to "make sure the cost of mobility is equitable."[3] In short, shared mobility has the potential to complement existing transportation options and reduce the number of cars on the road.

In general, most of the conversations we hear about shared mobility focus on personal vehicle ownership versus shared vehicle use. However, corporate fleets have the opportunity to make a large impact on the way people move around as well. In the United States alone, there are 12.6 million commercial vehicles on the road.[4] These commercial vehicles represent around 5% of the overall number of vehicles on the road.[5] Though a small percentage, changing the vehicle use for one fleet will impact the use of a few hundred vehicles right away.
Organizations can and should be part of the shared mobility ecosystem. Instead of assigning vehicles to individuals or departments, vehicles can be placed in a shared motor pool that is accessible across the whole company. While only a portion of fleets tend to belong to a shared motor pool, the opportunity to reduce vehicle maintenance costs while increasing the utilization of each vehicle is an appealing option to fleet managers and finance managers.

In an effort to meet clean energy guidelines, organizations are often mandated to reduce total carbon emissions from the fleet or opt for electric or hybrid vehicles. Creating a otor pool is a step towards a clean energy direction because it has the potential to reduce the number of vehicles in the fleet and accustom people to using electric vehicles

More specifically, motor pools provide a range of benefits to the organization from both a cost and environmental perspective. On the cost side, creating a motor pool results in consolidating vehicle resources and sharing them amongst a group of users. Given that vehicles are not typically used 24/7, the idea is for users to share vehicles and increase the utilization of those vehicles, thereby allowing a reduction in the number of vehicles in the fleet. Less vehicles result in lower maintenance and upkeep costs.

In addition, organizations form motor pools in order to:

- Reduce the number of underutilized vehicles in the fleet
- Streamline company vehicle usage
- Rightsize the fleet
- Create an automated key dispatch process
- Manage trip data in today's environmentally-conscious world, governments are creating policies to quicken the adoption of fuel-efficient

and electric vehicles. In an effort to meet clean energy guidelines, organizations are often mandated to reduce total carbon emissions from the fleet or opt for electric or hybrid vehicles. Creating a motor pool is a step towards a clean energy direction because it has the potential to reduce the number of vehicles in the fleet and accustom people to using electric vehicles.

Any organization with a fleet can join the sharing economy by creating a motor pool. In order to do so, there are a few aspects that need to be identified:

- How many vehicles are currently in the fleet and what are they used for?
- How often are users using the vehicle?
- What is your ideal operating budget?
- What is the ultimate goal you want to achieve?

Once you have identified these key aspects to your motor pool operations, we recommend shopping around for a vendor that meets your needs and you can see yourself building a long-term relationship with. Product capabilities may be similar between vendors, but relationship dynamics are likely to be different, which is an important factor as you continue to improve your motor pool.

During the process of creating a motor pool, you must keep in mind the group of individuals who will ultimately determine if the new process is a success or not – the drivers.

When it comes to implementing new technology, it is easier to highlight return on investment by illustrating cost savings to management than to convince end-users that learning a new process will be beneficial to them. Humans are creatures of habit, and when you get someone to change a process they have been accustomed to, you are likely to receive some push back. Comments along the lines of "Things were working fine before" or "Why do we have to learn this new process" typically come up.

To overcome this barrier, organizations need to gain end-user buy-in. The driver, who is the end-user in this case, needs to be convinced of the benefits of a new motor pool system in order to build long-term success. By having the right

communication strategies in place, your organization will be one step closer in achieving motor pool efficiency.

Strategy 1: SHARE THE KNOWLEDGE

Share regular updates with staff members so they are aware changes will be coming. You want to avoid the situation where unexpected changes are implemented and staff are resistant because their learning curve for the role is now steeper and shortened. Being transparent is the key to this strategy; let the team know about the changes and give them an idea as to what is going to change. If someone voices a concern, address it. You want to give your staff the opportunity to accept the fact changes are coming so that when it does happen, they are prepared.

Strategy 2: IDENTIFY AMBASSADORS

Collaboration amongst all employee levels is important to bringing understanding and acceptance for any new technology that is going to impact processes. This strategy involves working with select individuals who represent the needs of the team, and are also influential and can help build buy-in. The ambassador will participate in select meetings so that he or she has a better understanding of the decision-making process. That way, if staff are disgruntled about the impending changes, they will have someone relatable to share their concerns with. Ideally, the ambassador will be able to discuss the changes from the management's point of view and gain acceptance from the staff.

Strategy 3: COLLABORATE WITH DRIVERS

The process of deciding what new technology to implement is usually done at the management level. However, it is likely that the management's team will be the one actually using the new technology and will have to adapt to the new process. As a result, it is important to encourage sharing from the bottom up so that management has a better understanding of the drivers' wants and needs, and can

balance that with their own goals. This approach will also build goodwill amongst staff by showing that the management is really looking out for the staff's best interests.

Strategy 4: PHASE IN CHANGES

To increase the chances of a smooth transition to the new technology, it is recommended that you implement the changes progressively. It is hard to change people's habits, so a full implementation of any new process will likely result in some barrier to acceptance. To overcome this, identify stages on how to introduce the new process. This will give people time to adjust, adapt and become accustomed to the new process.

These strategies can work together or separately depending on how your organization is run. However, the overall theme of these strategies is communication. Having a plan on how to communicate change will ease pushback from staff and create a healthy work environment. The last thing that you need is your staff resisting the improved, arguably better process in place.

In summary, organizations with a fleet have the opportunity to join the shared mobility ecosystem and create a positive change in the environment. Getting staff to see these benefits and change their habits may prove to be difficult, but with the right communication strategies in place, user acceptance is achievable. ■

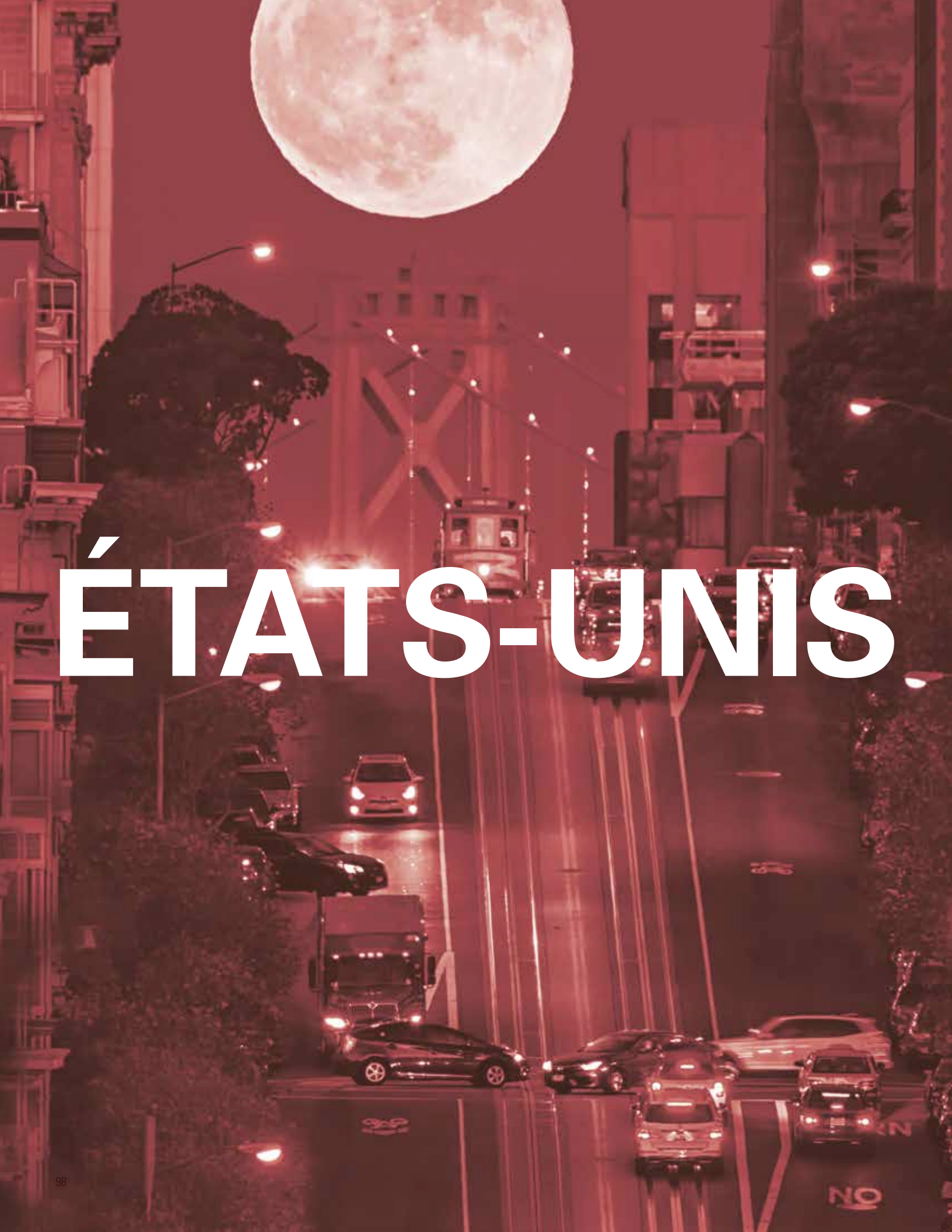
1. *"Shared Mobility: Current Practices and Guiding Principles."* Office of Operations, US Department of Transportation - Federal Highway Administration, 1 Feb. 2017, ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop16022/ch1.htm#s12

2. Cohen, Adam, and Susan Shaheen. *"Carsharing Trends and Research Highlights."* carsharing.org/wp-content/uploads/2017/06/YES_AdamCohen_CSA-2017_Final.pdf

3. Boutton, Shannon, et al. *"The Future(s) of Mobility: How Cities Can Benefit."* McKinsey & Company, Sustainability & Resource Productivity, June 2017, www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/the-futures-of-mobility-how-cities-can-benefit

4. IHS Automotive. *"U.S. Commercial Vehicle Market Expected to Grow Slightly in 2016, IHS Says."* News Releases, IHS Markit, 26 Jan. 2016, news.ihsmarkit.com/press-release/automotive/us-commercial-vehicle-market-expected-grow-slightly-2016-ihs-says

5. Statista. *"Number of Vehicles Registered in the United States from 1990 to 2015 (in 1,000s)."* The Statistics Portal, 2017, www.statista.com/statistics/183505/number-of-vehicles-in-the-united-states-since-1990/



ÉTATS-UNIS

San Francisco, États-Unis

Building Momentum for a New Era of Transportation Mobility at GoMentum Station, California

Habib Shamskhou & Arya Rohani

A global, interdisciplinary, multi-agency approach to evolving the technologies that will bring a new transportation economy to life in new era of "redefining mobility".

Autonomous Vehicles (AVs) represent technological disruption at a global scale. Widespread use of AVs will have a profound impact on industries and markets around the world. Cross-industry partnerships are uniting at test beds across the country to further define this new transportation mobility. The goal? Enhance research and development, and commercialization, and bring AVs to our transportation infrastructure, commercial and institutional entities, and the public, at a global scale. Leaders in the development and implementation of AVs recognize that the technology and policy they develop today will help make the world a safer, more resilient place tomorrow. GoMentum Station, located in Contra Costa County, California, is a microcosm of the key players in this new era of mobility and transportation who are making driverless cars and shuttles a reality.

A visionary public sector leader, Randy Iwasaki, Executive Director of the Contra Costa Transit Authority (CCTA), understands that vehicle automation is unlike other areas of technological advancement; it cannot evolve in a vacuum. Bringing AV technology to life requires navigating a path of interdependency that enables global communication and best practice sharing in real time. Iwasaki identified the Concord Naval Weapons Station, a former military base, as an ideal location in which to realize his vision, largely due to proximity to Northern California's Silicon Valley technology hub. Here, he led the development of GoMentum Station, an AV research facility and proving ground where global, public-private partners set the standard for the world.

GoMentum Station is the United States' largest secure testing facility for connected vehicles and autonomous vehicles and is now a United States Department of Transportation (USDOT) designated AV "Proving Ground". The station features 5,000-acres of secure land and facilities, offering privacy and security among the 2,100 acres available for testing. The site offers clusters of barracks and buildings with structural features and intersections, tunnels, underpasses, and railroad crossings that mimic an urban environment. With thousands of miles of repeatable, reliable testing required before AVs can be available for public use, it provides an ideal environment for simulating the types of conditions vehicles will face in the "real world".

GoMentum Station's location within Silicon Valley places it right next to start-up and global technology companies like Apple, Google, Tesla, Cisco, and Facebook. The area is also home to AV research and development undertaken by technology and automotive companies. GoMentum's proximity to these intellectual assets has made it a sought-after facility for partners to join.

From an initial team comprised of CCTA, the City of Concord, and Stantec, GoMentum's partners now include more than 25 public and private sector entities from the US, Canada, China, Japan, New Zealand, Netherlands, France, and Singapore. These partners span the marketplace – from automobile manufacturers, original equipment manufacturers (OEM) and Tier 1 suppliers, and communications suppliers, to technology companies, researchers, academia, public agencies, and professional associations. Because GoMentum depends upon financing from both public and private sector members, each partner is screened to ensure their financial viability for long term sustainability.

GoMentum Station is the United States' largest secure testing facility for connected vehicles and autonomous vehicles and is now a United States Department of Transportation (USDOT) designated AV "Proving Ground"

On January 17, 2017, the USDOT selected 10 sites (from 67 applications) to be a designated AV "Proving Ground", and GoMentum Station made the list. With this government endorsement, GoMentum is now one of the pioneering entities tasked with providing insights on big data, autonomous vehicle research, and future commercialization. Since then, many new partners have made requests to join the prestigious group represented at GoMentum Station. The current OEM partners testing at the facility include: Honda, Baidu, Otto/Uber, Toyota, and SAIC of China.

THE AV ECOSYSTEM: SHARED AUTONOMOUS VEHICLES, AUTONOMOUS AND CONNECTED PRIVATE VEHICLES, AND AUTONOMOUS COMMERCIAL VEHICLES

Shared Autonomous Vehicles (SAVs) provide alternatives to individually owned AVs and support ridesharing and transit services by providing first mile/last mile services to complement the existing fixed route transit and commuter rail services. Transit agencies are evaluating ways SAVs can enhance ridership and route connectivity, such as completing the first and last mile – essentially providing transportation to and from transit stations, and without building expensive parking facilities or transit hubs.

As seen with Transportation Network Companies (TNCs), the smartphone altered how we access transportation. New applications in development will further improve SAV efficiency, and make personal mobility more available. Apps will help integrate personal and public transportation by solving the first mile/last mile problem.

Benefits will include increased vehicle occupancy through ride-sharing, enabled development of flexible transit systems that are responsive to demand, right-sized vehicles for specific trips, and a shift from private vehicle ownership to transportation as a service (TaaS). As a result, GoMentum Station, along with its partners (like Bay Area Rapid Transit, Bay Area Air Quality Management District, CCTA, Stantec, EasyMile, BestMile, First Transit, Bishop Ranch) launched the first major SAV demonstration project in North America.

AUTONOMOUS AND CONNECTED PRIVATE VEHICLES

The availability of private AVs will have a major impact on the public. And on automobile manufacturers – which is why they're testing at GoMentum Station. The research and testing being conducted by automakers like Baidu and Honda, the first to use GoMentum, allows them to progress the development of their AVs in a safe, secure, and collaborative manner. Both entities have first generation semi-autonomous cars using connected vehicle (CV) capabilities.

One likely market expansion for vehicle production will come from an increase in vehicle-miles traveled due to the ability of children, persons with disabilities, and elderly people to enjoy the convenience of AVs. And, private ownership of cars may fall as "mobility on-demand" car rental fleets and services enable more vehicle sharing.

AUTONOMOUS COMMERCIAL VEHICLES

Another GoMentum Partner, OTTO (Uber's commercial trucking division), is exploring the development

and implementation of Autonomous Commercial Vehicles. Heavy commercial trucks may be the first to reach full automation, working toward a reality where a single lead driver controls the entire convoy of trucks through a wireless connection. Convoy systems would allow long-distance drives with large quantities of goods and avoid many driver-based hours-of-service restrictions. On-board attendants could be available to help with drop-offs and pick-ups, and perform administrative tasks en route.

MAKING HISTORY: ADVANCING THE STATE OF TRANSPORTATION FOR THE GOOD OF ALL

The means and methods for ensuring the safety of AVs is still in the infancy stage. Regulators and private sector leaders are addressing the following issues while testing/researching at GoMentum: integrating cybersecurity/privacy, identifying new and long-term funding/financing options to upgrade existing transportation infrastructure, easing the transition to autonomous and connected vehicles, tort liability for insurance, increasing integration of technologies that improve the operational life and efficiency of road networks, and energizing new business models of passenger and freight mobility.

TECHNOLOGICAL ADVANCEMENTS

AV technology has existed for more than a decade, and is evolving rapidly. GoMentum partners are working together to advance artificial intelligence (AI), big data, sensors, geographic mapping, and even ultrasound, to resolve some of the most complex technological issues facing the AV industry.

For example, a partner at GoMentum - Baidu's Autonomous Driving Unit (ADU) - is developing Apollo, an open platform that consists of cloud services, an open software stack, and reference hardware and vehicle platforms. Baidu is a global leader in artificial intelligence, deep learning, big data, advanced hardware, and high definition maps. Two cars have been turned into self-driving models using Apollo's 1.0 software release. Baidu has a partnership with Google to develop AV systems for car manufactures who don't intend to invest in AV technology on their own. Baidu is also partnering with Microsoft, using Azure as a secure public cloud, enabling partners to focus on innovating instead of worrying about building their own cloud-based infrastructure first.

Weather impacts technology, too. Snow, fog, and rain are a key cause of AV system failures. Currently most AVs uses cameras that track lines on the pavement, but what do they do when a roadway doesn't have markings – or when those markings aren't readable because of weather? GoMentum partner Honda has already released car models equipped with sensors that detect guardrails, barriers, oncoming traffic, and roadside trees to keep the vehicle in its lane even on roads with no white lines (thanks to testing at GoMentum).

LEGAL AND REGULATORY CHANGES

As technology advancements continue at testbed facilities like GoMentum, so does the need for investment and understanding from a legal and regulatory perspective. Governments must answer important questions as they prepare for, and regulate, AVs. Prior to 2016, California law stated that autonomous vehicles operating on public streets needed a steering wheel, brake pedal, accelerator, and a driver. This needed to change if the industry was to actualize real-world testing in California. GoMentum's leadership team worked with California Assemblywoman Susan Bonilla to introduce a bill that allowed CCTA to test driverless electric shuttles under a pilot project. This bill, known as AB1592, passed unanimously last December and allows low-speed autonomous shuttles at GoMentum Station and Bishop Ranch Business Park in San Ramon, California.

Another legal implication involves insurance. Currently, insurance companies sell policies to human drivers who are liable for car crashes. When driving becomes the job of computers, the issue of which driver is liable for the crash becomes more ambiguous. Automakers and the vehicle's software providers will likely become the main parties responsible and will need to purchase insurance for technical failure of the automobiles, making personal policies more limited in scope.

Innovation in AV technology is spreading globally, led by government initiatives, venture capital, corporate strategic investment, universities, and incubators. By testing autonomous trucks, shared autonomous vehicles for first-mile/last-mile implications, and connected and autonomous vehicles for personal use, GoMentum's international partners are working together to deliver safer, more efficient systems that will perform better than human drivers. AVs can help save lives, eliminate traffic congestion, increase mobility, and reduce space dedicated to parking within our cities. And these technologies will help create jobs and economic opportunities while protecting the environment through reduced greenhouse gas emissions. The future of transportation is safe, clean, autonomous … and now. ■

Washington DC, États-Unis

Automated Vehicles and the Changing Urban Transportation Landscape

Lisa Jerram

Are we entering a golden age of transport? If you're reading headlines on the coming era of driverless cars that will pick you up and drop you off wherever you want or allow you to be whisked to work while answering your email, it seems that way. Indeed, the pace of development on automated vehicles has been accelerating over the past few years. Virtually every automaker has announced development plans, tie-ups with technology companies, and, perhaps most significantly, mobility service platforms that will use automated vehicles. At the same time, startups like the Google spin-off Waymo and ride-hailing pioneer Uber consistently attract the media spotlight with their automated vehicle technology development activities. There is an ever-growing universe of tech companies developing the components needed for automated vehicles, from sensors to software.

So yes, automated vehicles are coming. And yes, they have the potential to disrupt the transportation system that has been predominant for decades—and correspondingly the potential to change the urban environment where automated vehicles operate.

But mainstream automakers are likely to roll out this technology in a careful and conservative way. They have a reputation and brand to protect, and they understand the legal and regulatory pitfalls of getting it wrong. They will likely be looking to move forward in stages, starting with limited and managed fleets and moving forward only as the technology is proven in each iterative step.

Technology companies and startups like Tesla and Lyft may be bolder in introducing the technology, as befits startup culture. But the Uber approach of entering a market first and (maybe) asking for permission eventually isn't an acceptable option for automated vehicles. As Uber's experience has shown, if you come into a market as a disruptor to major established businesses and modes, eventually scrutiny will follow and it will be important to have made established relationships that can be leveraged for support.

So, given this, how might this transformation of transportation and the urban environment play out?

First, it's worth revisiting why automated vehicles are seeing so much investment by automakers, given that the trend is disruptive to their current business model and presents risks in its introduction. Development is being driven by a convergence of the need to address multiple societal issues—including safety, air quality, energy use, and road congestion—with the technological capabilities to enable automation. Ever-increasing computing power, new sensing technologies, software architecture advancements, electric propulsion, and wireless communications are enabling the development of vehicles that will eventually be able to drive under almost all conditions without human intervention.

There is an expectation that automated vehicles will provide more convenient and increased access to mobility for certain groups like the elderly and disabled, for whom driving is less viable, and will reduce traffic accidents and mortality for everyone. To some degree, there is also an element of keeping up, as no automaker will want to be left out of this race even if competitors make it across the finish line first.

While this innovation can change how people move about cities, the transformation will probably not happen until well into the next decade. We are in the early phase of automated vehicle development, with trials underway in just a handful of locations globally and numerous technical and legal hurdles still to overcome.

While there is considerable enthusiasm among the media, the public, and investors, the reality is that the challenges of making the technology work in a world of aging and costly infrastructure, varying weather conditions, and wildly divergent economics will result in limited adoption over the next 5 years

The pathway to full automation is through introduction of increasingly higher levels of driving automation capabilities, capabilities which eventually become standard features. Advanced driver assist systems are widespread today and rapidly becoming standard on high-volume mainstream vehicles. Partial automation, or Level 2, comes with combined capabilities like adaptive cruise control with lane centering. Conditional automation, or Level 3, is the first mode that is truly automated, but a driver must be engaged and ready to intervene. Level 4 and Level 5 are what is usually pictured as truly automated driving, where the human driver is not required to make decisions or indeed there may be no onboard human driver.

Navigant Research projects that the number of light duty vehicles sold with at least Level 2 automated capability will grow from around 250,000 in 2017 to more than 93 million in 2026, or 87% of annual light duty vehicle sales.

However, the majority of those will be Level 2 and Level 3, where the driver is still engaged and required to take control under many conditions. Highly automated Level 4 and Level 5 vehicles aren't expected to make a serious impact in terms of new vehicles sold until 2025, when they are expected to reach close to 5% of sales, and then will begin to rise rapidly, hitting 8% of sales just one year later.

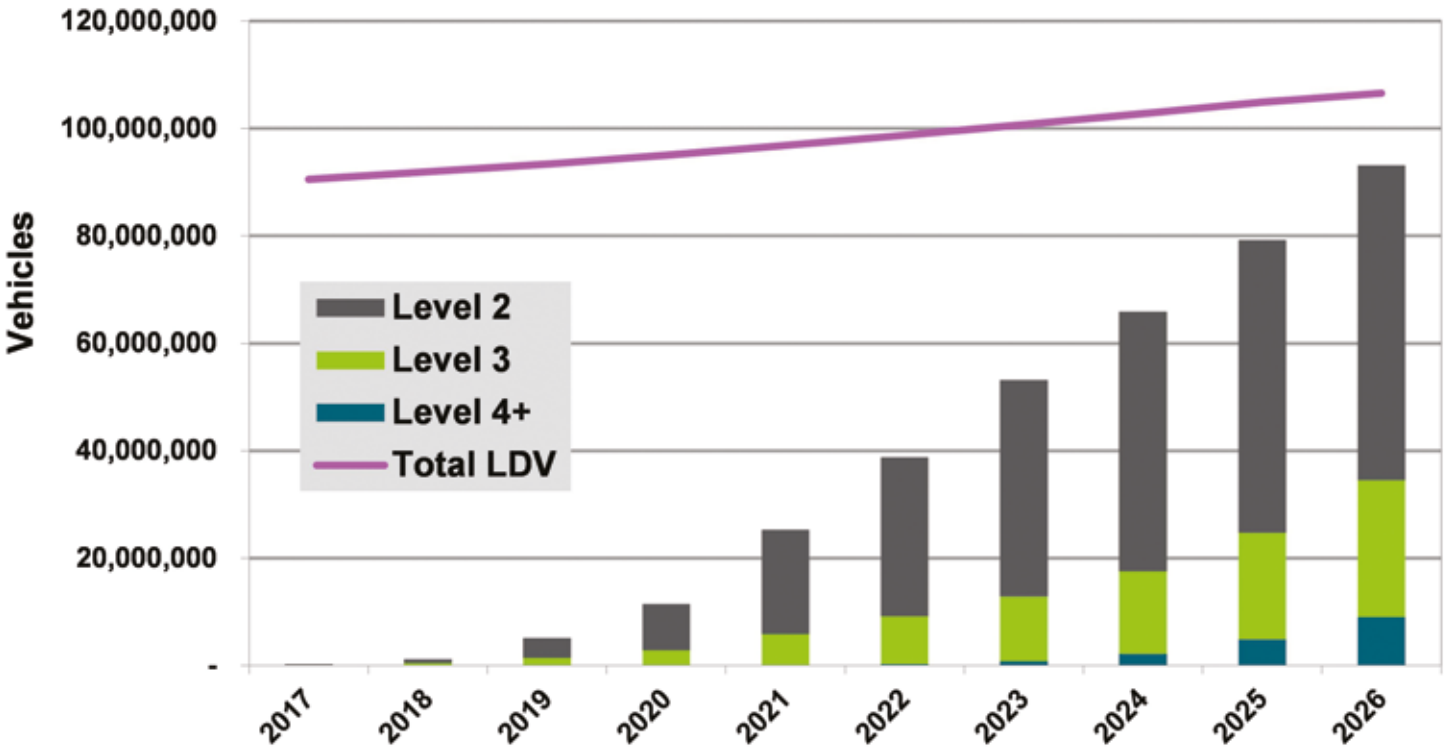


Chart 1.1
Annual LDV Sales by Automation Level, World Markets: 2017-2026 +

SOURCE
Navigant Research

While there is considerable enthusiasm among the media, the public, and investors, the reality is that the challenges of making the technology work in a world of aging and costly infrastructure, varying weather conditions, and wildly divergent economics will result in limited adoption over the next 5 years. Through 2021, Navigant projects that around 70,000 highly automated vehicles will be deployed. These will be primarily in controlled environments such as campuses and gated communities where ideal conditions exist and interaction with human driven vehicles is limited as well as in pilot deployments of mobility-as-a-service.

These low numbers belie the importance of these early deployments. These will lay the ground work for acceptance of automated vehicles by the broader public and their eventual large scale penetration of the light duty vehicle market.

The first automated vehicles to be deployed will likely be in managed shared vehicle or fleet service in an urban area. While carsharing and ride-hailing services are already changing expectations for mobility in cities, the integration of automated vehicles will likely be a tipping point for these services. Automated vehicles can build on the logistics foundation of existing services to become a revolutionary mobility-on-demand service. The major automakers are all testing shared mobility services today. Everything from conventional carsharing, free-floating carsharing, partnerships with ride-hailing services to provide drivers with specific vehicles, on-demand car service, to peer-to-peer carsharing—you name it, it's being trialed by automakers who want to find the right business models for rolling out larger shared mobility programs. Automated vehicles will be part of this trial process.

In terms of the effects on cities, shared automated services can support better managed traffic flow and will increase productivity of vehicles used for transportation. Ultimately, the integration of automated shared vehicle fleets that can communicate with city infrastructure (such as

traffic lights) can be expected to transform how cities are planned. Increased utilization of fewer vehicles will drive down the need for parking while right-sizing vehicles for the application by using the smallest vehicle needed will minimize fuel costs and cast a smaller physical footprint on road infrastructure.

One significant concern about automated vehicles is that they may perversely increase travel by lower-occupancy modes—essentially moving travelers away from mass transit and toward personal cars or ride-hailing services. For this reason, if automation does not go hand-in-hand with electrification, the end result will likely be more fossil fuel consumption. This is clearly at odds with the goals of many national and local governments globally, making electrification an important component of automation.

Automated driving, electrification and mobility services are in fact key mutual enablers. In high utilization fleet operations, the lower operating costs of hybrid and plug-in electric vehicles is a bigger factor that can outweigh the up-front cost premiums. Moreover, automated vehicles will require the additional electrical power that can be provided by electrified vehicles for their systems. Finally, in a mobility-as-a-service model (as opposed to individual vehicle ownership), the added passenger miles traveled can be offset by higher utilization and electrification.

This type of service could also offer an entry point to the market for fuel cell vehicles. Since these on-demand vehicles will operate primarily within a limited geographic area, refueling infrastructure would be easier to address than for general purpose, individually owned vehicles. A relatively small number of stations within an urban area could service a large number of vehicles that could be refilled in minutes. Fast refueling is key in shared mobility fleets where vehicle utilization is a key part of the business case for on-demand mobility services, which is why cities may look to strategically deploy high-powered DC fast charging stations to serve the shared mobility services. Battery swapping also becomes a potentially viable alternative in these services where homogeneous fleets of EVs are deployed, providing the necessary scale to make a business case for this infrastructure option.

The advent of automated shared mobility fleets opens some intriguing new business model possibilities. For example, a flat-price automated mobility service could be attractive to consumers, especially if the consumer has additional travel modes like public transit or bikesharing available. More premium services at different price points could offer additional amenities and enhanced revenue opportunities for service providers. One problem that must be overcome, particularly in the urban areas where these services will mainly operate, is serving the low-income, underbanked population. Current services are targeted at those with credit cards and smartphones, but the addressable market will eventually need to be expanded.

Ultimately, cities, technology companies, automakers, and infrastructure providers will have to work hand-in-hand to enable these services to deploy and succeed. They will also need to work together to ensure that this increased mobility will not create new societal costs such as increased emissions or congestion in urban centers. These efforts will happen over the next 5-10 years, to lay the groundwork for widespread shared automated vehicle services. Cities agencies, regulators, and utilities will be critical partners for automakers or others looking to roll out automated vehicle technology safely and successfully. ■

ARGENTINE

Argentine

Les véhicules autonomes (et partagés), l'étalement urbain et les systèmes de transport public dans les villes d'Amérique latine

Frédéric Blas, Thomas Massin et Florencia Rodriguez

Il est désormais très largement admis que la mobilité dans un futur proche s'appuiera sur l'autonomisation des véhicules. Cependant, les projections dans divers contextes nationaux et territoriaux sont rares, alors qu'il semble évident que le déploiement des véhicules autonomes (VA) aura lieu avec des modalités très différentes, selon la région du monde ou le pays et que les territoires soient centraux, périphériques, métropolitains, ruraux, riches, pauvres, etc. Selon l'IM Innovation Knowledge Base[1], la région latino-américaine[2] est celle qui connaîtra l'arrivée, puis le déploiement des véhicules autonomes les plus tardifs (et incertains). Si la prospective est bien sûr un exercice difficile, qui plus est dans cette région où le cadre d'action est marqué par l'incertitude, cette prévision de « retard » aura au moins comme avantage d'apprendre des expériences des autres régions du monde.

Région du monde		Année où les VA seront disponibles	Année où les VA représenteront 10 % du total du parc automobile	Année où les VA représenteront 20 % du total du parc automobile
Monde	Moyenne	2023	2032	2037
	Écart type	2,9	7	8,5
É.-U. et Canada	Moyenne	2021	2028	2033
	Écart type	2	5,1	6,2
Europe de l'Ouest	Moyenne	2025	2033	2039
	Écart type	2,7	5,7	8
Amérique latine	Moyenne	2026	2039	2045
	Écart type	0,6	14,4	17,1
Australie et Asie	Moyenne	2024	2032	2037
	Écart type	1,8	2,1	2,1
Reste du monde	Moyenne	2025	2029	2035
	Écart type	3,6	4,2	6

Prévisions sur l'arrivée des VA par région du monde. Source : IM Innovation Knowledge Base

Ainsi, l'article, de caractère exploratoire, se penche sur l'arrivée des VA dans les grandes villes latino-américaines. Pour ce faire, deux dimensions sont prises en compte, les caractéristiques de l'urbain et celles du système de transports publics dans cette région, afin de déterminer les opportunités et les menaces de cette arrivée. Des pistes d'action sont alors présentées pour accompagner au mieux le passage vers cette nouvelle mobilité autonome et tendre vers un type de ville idéale (ville mixte, dense, économe en énergie et ressource, avec un étalement urbain contenu), dans laquelle le rôle du système de transport est central.

Nous partons de différents postulats. Premièrement, le passage à l'autonomisation dépendra non seulement de la configuration urbaine de chaque ville latino-américaine, mais aussi de la capacité et de la volonté des institutions de mettre en place un système de mobilité cohérent et de qualité. Ainsi, il nous semble nécessaire que les pouvoirs publics s'emparent du sujet et mettent en place les conditions du succès d'une action publique. Deuxièmement, il est nécessaire de tenir compte du fait que cette innovation peut produire de nouvelles exclusions sociales territoriales ou culturelles, ou déplacer celles existantes. Autrement dit, il conviendra d'éviter les conséquences produites au milieu du XX[e] siècle par l'arrivée de l'automobile, en matière d'équité sociale et territoriale. Troisièmement, nous supposons que l'arrivée et le déploiement des VA se produiront principalement sous la forme de parcs de véhicules gérés par les gestionnaires de plateformes de service de mobilité (du type Uber ou Lyft)[3], qui devraient alors se transformer en gestionnaires de parcs de véhicules autonomes. Si les véhicules autonomes ne sont pas partagés[4] (c'est-à-dire s'il ne s'agit pas de VAP, véhicules autonomes partagés), leur déploiement aura des impacts positifs limités, voire négatifs, en matière d'urbanité. En revanche, s'ils sont partagés et intégrés dans un contexte de planification de la mobilité, les impacts pourront être très positifs. À titre d'illustration, un véhicule partagé remplace entre 9 et 13 véhicules individuels (Shaheen, 2015), ce qui peut entraîner toutes sortes d'externalités urbaines positives.

Le passage à l'autonomisation dépendra non seulement de la configuration urbaine de chaque ville latino-américaine, mais aussi de la capacité et de la volonté des institutions de mettre en place un système de mobilité cohérent et de qualité

L'URBAIN EN AMÉRIQUE LATINE

L'Amérique latine est la région la plus inégalitaire en matière socioéconomique et l'une des plus urbanisées de la planète : 80 % de la population vit en zone urbaine, les deux tiers vivent dans des villes de plus de 20 000 habitants, un tiers dans les villes de plus d'un million d'habitants. De manière générale, les principaux problèmes de ces villes sont la pauvreté, l'informalité et la précarité de l'habitat, le manque de services de base et les insuffisances du transport public (CEPAL, 2012). Cependant, il existe des indicateurs positifs : les taux de pauvreté connaissent une réduction, depuis une quinzaine d'années, portée par la croissance de l'économie

(liée en partie au prix des produits de base) et le ralentissement de la démographie.

Concernant les pouvoirs publics, dans le champ de l'urbain, l'État est en général considéré comme distant et inefficace : faiblesse des instruments et des expériences politiques, difficulté des procédures de mise en œuvre des politiques publiques, incapacité de disposer des ressources financières nécessaires à son action (OCDE, 2016). Néanmoins, là aussi, on note dans la plupart des pays un rôle plus actif de l'État, en opposition aux excès du libéralisme des années 1990, ainsi que la mise en place de nouveaux mécanismes reposant sur la négociation avec les acteurs

D'un point de vue morphologique, on note la persistance d'un étalement urbain soutenu, alimenté essentiellement par des mouvements de population au sein des agglomérations, sous deux formes emblématiques : la construction d'ensembles résidentiels protégés, réservés aux classes aisées et, à priori, adaptés à l'arrivée des VAP, et de quartiers informels où vivent des populations précaires, en principe moins enclines à bénéficier de l'arrivée des VAP. Les municipalités des périphéries affrontent avec très peu de moyens cette double pression, alors que dans les villes-centres les autorités reprennent la main à la faveur d'une croissance démographique limitée.

	1990-2000		2000-2013	
Région du monde	**Extension de la superficie bâtie**	**Évolution de la population**	**Extension de la superficie bâtie**	**Évolution de la population**
Monde	5,9 %	4,5 %	4,3 %	2,8 %
É.-U., Canada, Australie	6,7 %	4,4 %	5,1 %	3,9 %
Afrique Subsaharienne	9,7 %	7,8 %	4,6 %	1,6 %
Amérique latine et Caraïbes	5,1 %	4 %	4,5 %	2,8 %
Asie du Sud-Est	4,5 %	4,5 %	4 %	4 %
Europe et Japon	6,4 %	4,5 %	4 %	2,8 %
Asie de l'Ouest et Afrique du Nord	4,4 %	2,9 %	2,1 %	1,6 %
Asie de l'Est et Pacifique	3,1 %	3,4 %	2 %	1,9 %
Asie centrale et du Sud	2,4 %	0,8 %	1,9 %	0,6 %

Taux moyen annuel de l'extension de la superficie bâtie et de la population des aires métropolitaines par région du monde.
Source : Atlas of Urban Expansion (2016)

et des dynamiques de décentralisation (IdA, 2014). Plus spécifiquement, l'Amérique latine constitue une région riche en initiatives et en innovations urbaines, en particulier dans le développement des transports collectifs interurbains, avec de grandes réussites (BRT, prolongement de lignes de métro, mobilité non motorisée). Ces innovations se répandent rapidement du fait d'une langue commune, d'un nombre restreint d'experts et de l'adoption de quelques modèles d'intervention portés par les grands bailleurs de fonds (Banque mondiale, BID, CAF).

Enfin, en ce qui concerne les infrastructures de services publics (eau, transport, énergie), les pressions engendrées par les forts taux d'urbanisation durant les dernières décennies ont mis en évidence des lacunes toujours importantes, que les gouvernements, à travers la participation des financements des organismes internationaux multilatéraux de crédits, essayent de combler petit à petit. En l'occurrence, l'infrastructure de transport et les capacités institutionnelles qui l'accompagnent sont souvent pointées comme particulièrement déficitaires dans la région.

L'ARRIVÉE DES VAP EN AMÉRIQUE LATINE

Cette situation de l'urbain en Amérique latine explique en partie les prévisions de l'arrivée tardive des VA. En outre, comme frein supplémentaire à celle-ci, il faut souligner le faible niveau de revenus des ménages et la difficulté de justifier politiquement le choix d'investir dans des infrastructures destinées à une technologie de pointe quand une partie de la population n'a pas accès à certains services de base.

Cependant, l'irruption récente des acteurs de l'univers de l'économie du partage dans le domaine des mobilités montre les défis, pour les villes de la région, qu'implique cette préparation à l'arrivée des VA. En effet, les réactions politico-institutionnelles à l'arrivée d'Uber ont été différentes et floues, selon les villes et les pays : tandis que certaines villes comme Mexico et Lima ont été très flexibles, d'autres comme Buenos Aires ou Montevideo ont essayé, avec plus ou moins de volonté et de succès, d'interdire le service. Ces expériences, mais aussi les taux élevés d'informalité dans les systèmes de transport des villes de la région, mettent en évidence la faiblesse institutionnelle des villes pour traiter ces sujets.

Or, potentiellement, l'adoption généralisée des VAP pourrait avoir toute une série d'impacts sur les villes. Certains pourraient être positifs, comme une meilleure accessibilité, une hausse de la productivité[5], une récupération des espaces de stationnement, une réduction des émissions de polluants, une diminution des accidents, etc. D'autres impacts pourraient être négatifs : une hausse du nombre de trajets réalisés en voiture, leur allongement et donc des villes de plus en plus étalées, un mode de transport réservé aux élites…

Ainsi, selon nous, il existe deux grands scénarios. Un scénario favorable, où le report modal est principalement constitué de déplacements auparavant réalisés en véhicule particulier (VP sur le schéma) ; un scénario défavorable avec une *cannibalisation* du transport public par les VAP. Dans le premier, ces nouveaux systèmes autonomes s'installent en complément des systèmes de transport de masse (trains, métros, tramways, BRT, etc.). Dans le second, les VAP remplacent une grande partie des solutions actuelles de transport urbain, exacerbant les externalités négatives liées à l'étalement urbain. Dans les deux cas, les VAP remplaceront, en grande partie, les solutions de capacité intermédiaire (autobus, minibus, fourgonnettes, etc.) qui sont justement les moyens de transport où les niveaux d'informalité et le manque de planification sont les plus importants. L'adoption d'un scénario ou de l'autre va dépendre non seulement de la configuration actuelle de chaque ville latino-américaine, notamment de l'existence de systèmes de transport à grande échelle (cas de Buenos Aires par exemple), mais aussi de la capacité des institutions à penser et à mettre en place un système de transport cohérent et de qualité.

De plus, il est nécessaire de prendre en compte l'existence d'un effet d'induction. Si l'autonomisation des véhicules suppose une baisse des coûts généralisés associés à ce mode, les nouveaux utilisateurs proviendront aussi bien des transports publics en place que des véhicules particuliers, mais de nouveaux déplacements (qui ne se faisaient pas avant) seront le fait de personnes qui ne voyageaient pas auparavant ou de personnes qui voyageront plus. Autrement dit, les déplacements en VAP seront la somme des déplacements induits et des reports modaux.

PISTES POUR UNE INTERVENTION PUBLIQUE : ANTICIPATION ET COORDINATION

Pour tendre vers ce scénario favorable, où transport public massif et VAP s'articulent bien, les auteurs proposent quelques pistes d'intervention des différents pouvoirs publics. La première piste est celle de l'anticipation. À l'échelle des États mais aussi au niveau inférieur, celui

des États fédérés ou des provinces. Dans le cas des grands pays fédéraux (Brésil, Mexique, Argentine), il nous semble que les pouvoirs publics latino-américains devraient avant tout se préparer à l'arrivée des VA. Alors que leur capacité d'inciter, fiscalement ou industriellement, nous paraît faible et prématurée et celle d'interdire peu efficace (voir le cas d'Uber), une régulation législative, même minimale, nous paraît primordiale pour ne pas tomber dans le laisser-faire. La principale recommandation serait de prendre des mesures pour décourager ou limiter la propriété individuelle de VA et, en parallèle, de promouvoir et de réguler le véhicule partagé (qui existe déjà sous différentes formes inorganisées dans la plupart des pays latino-américains). C'est également au palier étatique que devront se mettre en place les outils juridiques, techniques et humains nécessaires au traitement et à la protection du très grand volume de données nécessaires.

L'anticipation est aussi primordiale pour maximiser la série d'opportunités qu'offrent les VAP. Dans le cas particulier des quartiers informels des périphéries, on pourrait tirer profit des avantages liés à la numérisation et au traitement de l'information, grâce à une collaboration entre les organismes publics et les opérateurs pour une meilleure intégration avec le reste des systèmes de transport. Cela passerait, dans un premier temps, par une organisation de l'ensemble des modes de transport public motorisés, puis par une intégration complémentaire de ceux-ci. En outre, ce serait l'occasion de mettre à jour l'infrastructure numérique, en particulier les réseaux, nécessaire aux communications entre véhicules, aux plateformes diverses, aux centres de contrôles, aux téléphones portables, etc.

La deuxième piste est celle de la coordination. Dans les métropoles, qui sont des acteurs de plus en plus puissants, une réflexion coordonnée entre les différentes municipalités les composant pourrait être l'occasion de promouvoir une gestion concertée à l'échelle fonctionnelle de l'agglomération. Cela pourrait passer par la mise en place d'une planification intégrale qui incorpore les nouveaux services de mobilité dans les plans stratégiques des villes, en particulier dans les plans d'inversions en infrastructures, ainsi que la régulation des espaces de stationnement. L'échelle de l'agglomération est également à privilégier pour définir des services complémentaires pour les quartiers périphériques peu accessibles ou pour les personnes aux besoins spécifiques ; ces services pourraient être assurés efficacement par des parcs de VAP. Pour toutes ces questions, la porte est ouverte aux innovations et il serait utile de développer une concertation avec les grands acteurs du secteur (Uber, Lyft, Tesla, Google, etc.) ainsi qu'avec les différents organismes de financement. ■

1. http://iminnovation.wikispaces.com/

2. hors Afrique, région non prise en compte dans le tableau

3. car ce sont les principaux bénéficiaires de l'autonomisation, ceux pour qui le « coût du conducteur » est très important. Ces acteurs sont d'ailleurs parmi les premiers à s'être positionnés sur le développement de cette technologie, souvent en passant des accords avec des constructeurs automobiles (Uber – Volvo par exemple).

4. Et bien sûr électriques.

5. Le temps passé dans un véhicule autonome peut être utilisé de façon plus efficace puisque libéré de la conduite.

FRANCE

France

La route de demain sera-t-elle aussi électrifiée, automatisée et partagée ?

Nicolas Hautière et Fabien Menant

Dans la plupart des régions du monde, la route demeure le principal vecteur de transport. En France, elle assure ainsi plus de 85 % de la mobilité des biens et des personnes tandis qu'au Québec, le réseau routier supérieur dessert à lui seul environ 87 % de la population et soutient plus de 91 % des emplois. En conséquence, les enjeux sociétaux relatifs aux transports concernent principalement la route :

- **Changement climatique et émissions de GES ;**
- **Transition écologique ;**
- **Transition énergétique et développement des énergies renouvelables ;**
- **Transition démographique et urbanisation ;**
- **Transition numérique.**

En théorie, le véhicule électrique, autonome et partagé répond à ces enjeux de société, notamment en complétant l'offre de transports en commun, là où ces derniers sont inexistants ou peu rentables. C'est notamment le cas en milieu périurbain, où la densité de population est plus faible. Ce véhicule individuel d'un nouveau genre s'inscrira ainsi dans une nouvelle chaine de mobilité décarbonée et participera à l'amélioration de l'accessibilité urbaine. Malheureusement, ce véhicule a besoin d'infrastructures adaptées pour se déployer. Compte tenu des développements technologiques rapides en cours, il reste difficile de savoir à quoi pourront ressembler les infrastructures routières de demain, ce qui n'est pas sans poser de questions aux gestionnaires de voirie. Parmi celles-ci, on peut citer les questions de transition, de déploiement, de sécurité, de congestion, de cybersécurité ou encore de maitrise de l'effet rebond.

Faisant le pari d'un système intégré entre les véhicules et l'infrastructure qui les supporte, cet article, illustré par quelques résultats du projet Route 5e Génération (R5G), pose la question de savoir si l'infrastructure ne sera pas également électrique, automatisée et partagée.

DES ROUTES ÉLECTRIFIÉES ?

Si la route peut désormais produire de l'énergie en se couvrant de panneaux solaires, elle peut également supporter le déploiement de véhicules électriques en transférant l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. En effet, le développement des véhicules

Figure 1
Le projet européen FABRIC[2] auquel VEDECOM participe avec le soutien de l'IFSTTAR a permis de réaliser un démonstrateur de recharge sans contact et en circulation (jusqu'à 100 km/h). Ici, des véhicules électriques individuels sur le site d'essai de Versailles-Satory.

SOURCE
VEDECOM

électriques se heurte à la capacité limitée des batteries et, donc, à une moindre autono-mie des véhicules comparativement à leur équivalent thermique. Pour pallier cette difficulté, les points de recharge se multiplient, mais le temps de recharge peut s'avérer prohibitif pour les usagers. Les batteries s'améliorent, mais la ressource en matériaux pourrait s'avérer insuffisante si le véhicule à batterie se généralisait.

À l'image du ferroviaire, la route peut s'électrifier et recharger les véhicules qui l'empruntent. Différentes technologies, à base d'induction électromagnétique, de conduction par caténaire ou par la chaussée, sont en cours d'expérimentation. Les premiers transports en commun rechargés de la sorte circulent en Corée et en Allemagne. Des tronçons de routes équipées de caténaires pour recharger les véhicules lourds de marchandise ont été inaugurés en Suède en 2016, tandis que différentes études tendent à prouver qu'il existe des modèles économiques raisonnables pour ces solutions[1].

Concernant la voiture électrique individuelle, il n'existe pas encore de modèle économique avéré, faute de maturité technologique suffisante, mais des pistes commencent à être évoquées (**figure 1**). Par exemple, certains estiment en effet qu'il est illusoire de vouloir développer des véhicules à l'autonomie élevée, alors qu'au quotidien, celle-ci ne sera pas mobilisée. D'où l'idée de positionner des tronçons de recharge dynamique sur des sections clés. Les véhicules pourraient alors se contenter de batteries plus légères, avec des coûts de fabrication et d'usage réduits, ce qui faciliterait d'autant leur adoption.

DES ROUTES AUTOMATISÉES ?

Pour automatiser les routes et leur trafic, la route doit s'adapter pour communiquer avec ses usagers. On observe une convergence progressive entre deux familles de technologies.

a) Des routes d'ores et déjà connectées, bientôt coopératives

Avec ses capacités à capter des informations, à les analyser et à dialoguer à bon

escient avec les usagers et les gestionnaires, la route devient de plus en plus intelligente. Les capteurs « traditionnels » servant à mesurer des paramètres de trafic sont progressivement remplacés par des capteurs fixes non intrusifs ou par des capteurs embarqués dans des parcs de véhicules (utilisation des capteurs des téléphones intelligents, comme illustré en **figure 2**). À la clé, une zone de mesure élargie, un plus grand volume de données, un gain en précision et une réduction des coûts d'instrumentation (à l'achat et en maintenance). Par ailleurs, s'agissant bien souvent de systèmes multicapteurs, la diversification des données enregistrées permet de répondre non plus à une mais à plusieurs applications en même temps (ex. : comptage, temps de parcours, profils de vitesse, qualité de confort au roulement, etc.). puisqu'elle offre de nouvelles perspectives dans le domaine de la maintenance prédictive des infrastructures.

Enfin, le développement des systèmes de transport intelligents (STI) dits coopératifs implique une communication bidirectionnelle entre l'infrastructure et les véhicules. Dans ce schéma, ces derniers peuvent à la fois émettre et recevoir des données ce qui nécessite de disposer d'équipements (ex. : unités bord de voie) et de définir des protocoles de communication rapides, fiables et sécurisés (protocole ITS G5). Ce protocole est un dérivé du wifi dont la fréquence de 5,9 GHz est réservée et gratuite sur l'ensemble de l'Union européenne (Directive ITS de 2010). Ainsi, depuis 2014, des projets de déploiement à grande échelle sont lancés à travers l'Europe, comme le projet SCOOP (**figure 3** en page suivante). En parallèle se développe une nouvelle génération d'algorithmes de gestion coopérative du trafic permettant non seulement d'accroître la sécurité du trafic, mais également d'améliorer sa stabilité et, par-là même, la capacité des infrastructures.

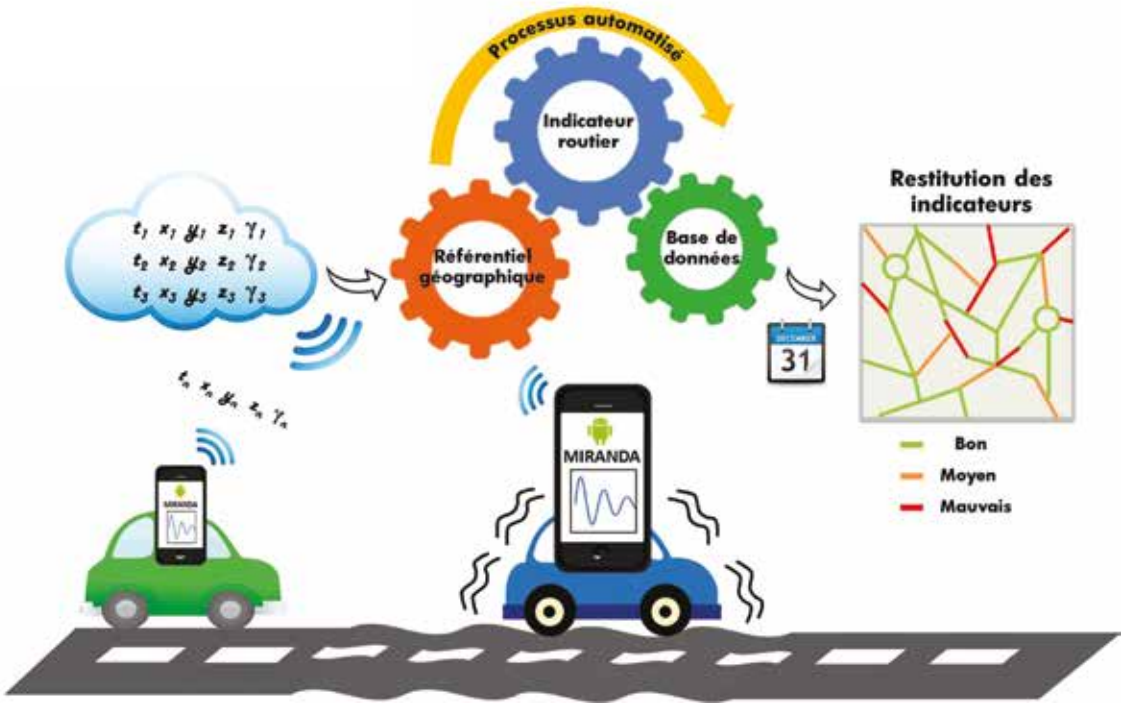


Figure 2
Le démonstrateur MIRANDA, développé par l'IFSTTAR, est un système automatisé pour le diagnostic et le suivi régulier des caractéristiques de surface des chaussées en lien avec le confort au roulement. Les données sont captées au moyen de téléphones intelligents embarqués dans des parcs de véhicules traceurs.

De plus, les réseaux de capteurs, à travers le développement de protocoles peu gourmands en énergie (par exemple Sigfox ou Lora), permettent d'envisager des applications encore plus ambitieuses, tout en conservant une grande souplesse dans leur mise en œuvre. Couplée avec des nanocapteurs, cette technologie devient attractive sur le plan économique,

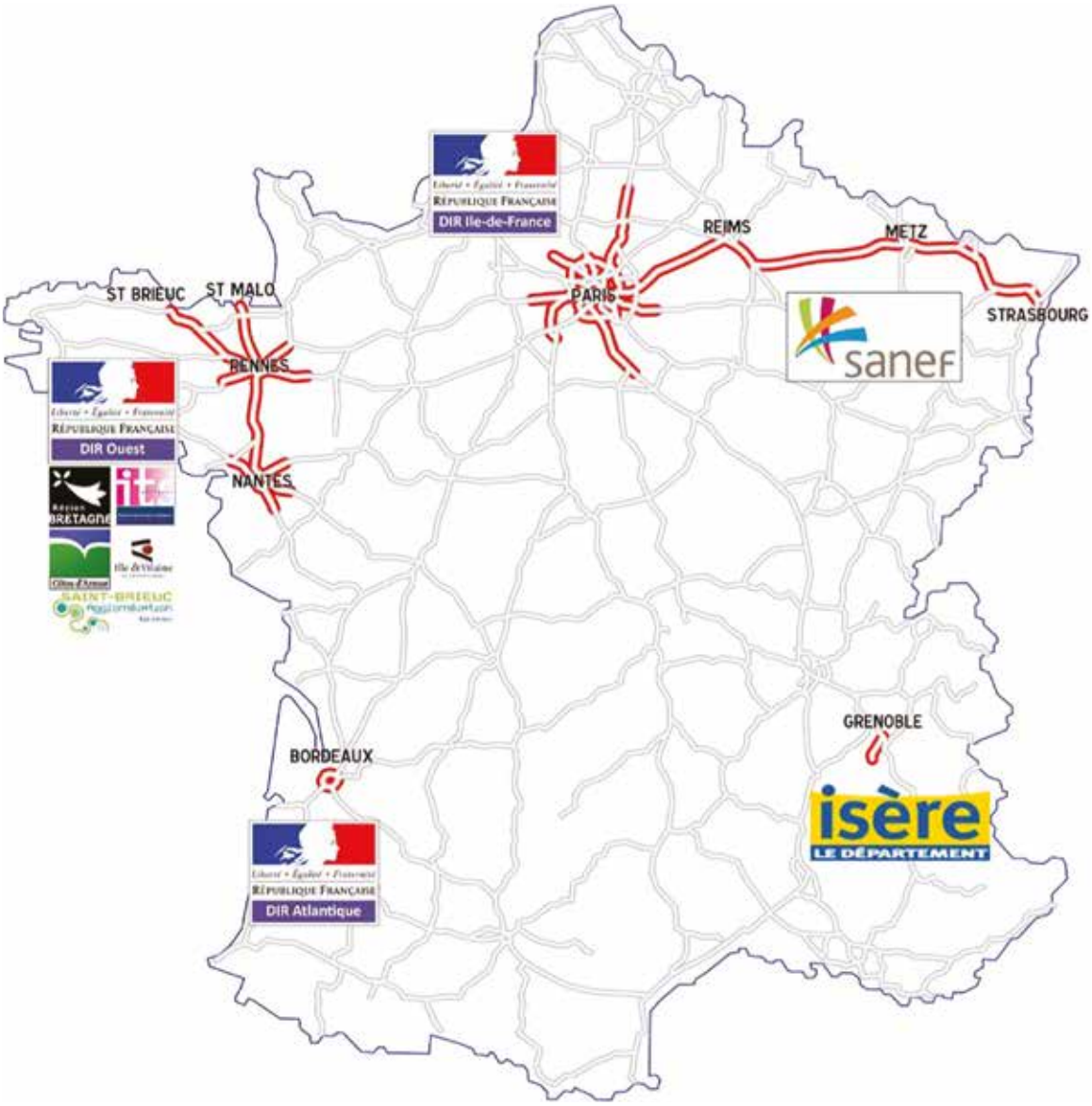


Figure 3
SCOOP³ est un projet de déploiement pilote de systèmes de transport intelligents coopératifs. Il s'appuie sur cinq sites pilotes de déploiement caractérisés par des types de routes, des niveaux de trafic et des topographies différentes. L'IFSTTAR appuie les gestionnaires de voirie par son expertise en la matière.

b) Vers des routes hybrides, adaptées au véhicule autonome

La route est conçue, d'une part, pour supporter les charges roulantes qui l'empruntent et, d'autre part, pour permettre aux conducteurs de s'adapter aux conditions de circulation, notamment leur permettre de freiner en sécurité en cas d'obstacle. De la même façon, le véhicule autonome a besoin de connaitre les paramètres de la route qu'il emprunte pour circuler. Par exemple, pour franchir un virage, il doit connaitre sa géométrie, ainsi que le coefficient d'adhérence pneumatique-chaussée. Mais le véhicule autonome peut remettre potentiellement en cause ces différents paramètres de conception. Par exemple, des véhicules lourds circulant en peloton peuvent créer des ornières sur la chaussée s'ils circulent toujours au même endroit sur la voie, voire réduire la durée de vie d'un ouvrage d'art s'ils y circulent de manière trop rapprochée. Les équipements de la route sont également concernés. Par exemple, les marquages routiers, initialement conçus pour être

visibles pour l'œil humain, seront utilisés par les véhicules autonomes, afin de se localiser précisément sur leur voie de circulation. Ils attendront donc de la route que ses marquages soient visibles également pour les caméras installées à leur bord.

En effet, ce sont les capteurs à bord des véhicules autonomes qui liront la route. S'ils ne peuvent pas la décoder, car hors de portée ou illisible, c'est alors la cartographie numérique à bord du véhicule qui se substituera aux capteurs pour apporter les informations manquantes. Ainsi, l'infrastructure physique deviendra peu à peu une infrastructure numérique. L'enjeu est alors de concevoir cette infrastructure numérique et de la maintenir à jour, ce qui pose des problèmes de standard. Mais cela soulève également des problématiques scientifiques. En effet, si la géométrie des routes évolue peu dans le temps (en dehors des zones de travaux), que penser de l'adhérence ou de la visibilité des marquages qui sont des paramètres lentement variables dans le temps, mais hautement variables avec la météo. D'où l'intérêt d'une connectivité accrue de l'infrastructure qui devrait pouvoir s'appuyer sur les prochaines générations de standards téléphoniques offrant davantage de vitesse et une plus grande couverture géographique. Ainsi, l'infrastructure pour le véhicule autonome sera hybride, c'est-à-dire à la fois physique et numérique. On note ainsi une convergence progressive entre niveau de connectivité et niveau d'automatisation des infrastructures.

Avec ses capacités à capter des informations, à les analyser et à dialoguer à bon escient avec les usagers et les gestionnaires, la route devient de plus en plus intelligente

DES ROUTES PARTAGÉES ?

Les routes sont par définition un espace partagé entre véhicules légers, lourds et usagers vulnérables. Les nouvelles technologies, y compris véhiculaires, ouvrent de nouvelles opportunités pour le partage de l'espace routier. On peut distinguer trois niveaux de partage de la voirie.

Le covoiturage constitue un nouveau mode de partage de la route, mais, en dehors des grandes distances, celui-ci peine à se développer. Un effort doit donc être fait pour le faciliter aussi bien sur routes que sur autoroutes. Pour le moment, des aires de covoiturage se développent dans les espaces périurbains pour faciliter les rendez-vous mais des moyens plus innovants, comme les stations de covoiturage dynamique, sont en cours d'expérimentation. La modulation tarifaire des péages ou la création de voies réservées font également partie des solutions classiquement évoquées. Reste à faire respecter la règle. Des capteurs automatisés de mesure du taux d'occupation des véhicules sont depuis longtemps expérimentés, mais leur précision laissait à désirer. Les progrès récents en matière d'apprentissage profond pourraient bientôt donner à ces capteurs la précision requise pour des mesures automatisées.

À un deuxième niveau, l'infrastructure peut se reconfigurer dynamiquement de manière à s'adapter à la demande. D'ores et déjà, des ponts sont équipés de voies allouées dynamiquement, afin de s'adap-

Figure 4
Allocation dynamique de voie d'autobus expérimentée début 2017[4], dans la ville de Lyon, et inspirée par les travaux du projet de recherche ADVICe issu du pôle de compétitivité LUTB et concernant l'IFSTTAR au premier chef.

ter au trafic pendulaire (pont de Saint-Nazaire). Des voies d'autobus peuvent également être allouées dynamiquement, afin de ne pas réduire la capacité des boulevards, tout en donnant la priorité aux transports en commun, comme cela est testé à Lyon (**figure 4**). Demain, il conviendra d'adapter dynamiquement l'infrastructure pour tenir compte du déploiement des véhicules autonomes. Celle-ci devra, notamment, supporter des véhicules avec différents niveaux d'autonomie et devra s'assurer que la cohabitation entre ces différents véhicules n'engendre pas de congestion supplémentaire ou de situation accidentogène, y compris avec les usagers vulnérables.

Enfin, l'espace public pourra être partagé dynamiquement avec les véhicules autonomes, notamment les véhicules de niveau 5 (sans conducteurs). Différents projets en ce sens sont en cours, que ce soit à Londres, dans le quartier de Greenwich (projet GATEway), ou à Paris, sur l'esplanade de la Défense. Ces véhicules ne circulent plus sur les routes, mais bel et bien au milieu de la population. Cela pose inévitablement des questions de sécurité et d'acceptabilité sociale. Dans ce contexte, une signalisation dynamique pourrait permettre une cohabitation entre les différents modes en fonction de l'heure de la journée, voire de la saisonnalité. C'est le concept de « rue nue » promu par le groupe Eiffage.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES : VERS LA ROUTE DE 5e GÉNÉRATION

L'avènement de véhicules électriques, autonomes et partagés, adaptés aux enjeux de société aura une incidence sur l'infrastructure routière et, plus généralement, sur l'espace public qui les supporte et vice versa. En internalisant les externalités environnementales générées par le véhicule individuel thermique, la route de demain est à même d'être plus sûre, plus efficace et moins émissive. Cependant, dans un contexte de crise économique durable, les financements publics pour adapter les infrastructures sont difficiles à mobiliser. Il faut donc que cette adaptation ait les capacités de s'autofinancer.

Dans ce contexte, l'IFSTTAR a lancé, en 2010, le projet Route 5e Génération, dont certains résultats ont été présentés au fil de l'article. Le postulat du projet est qu'une nouvelle hiérarchie des réseaux pourrait

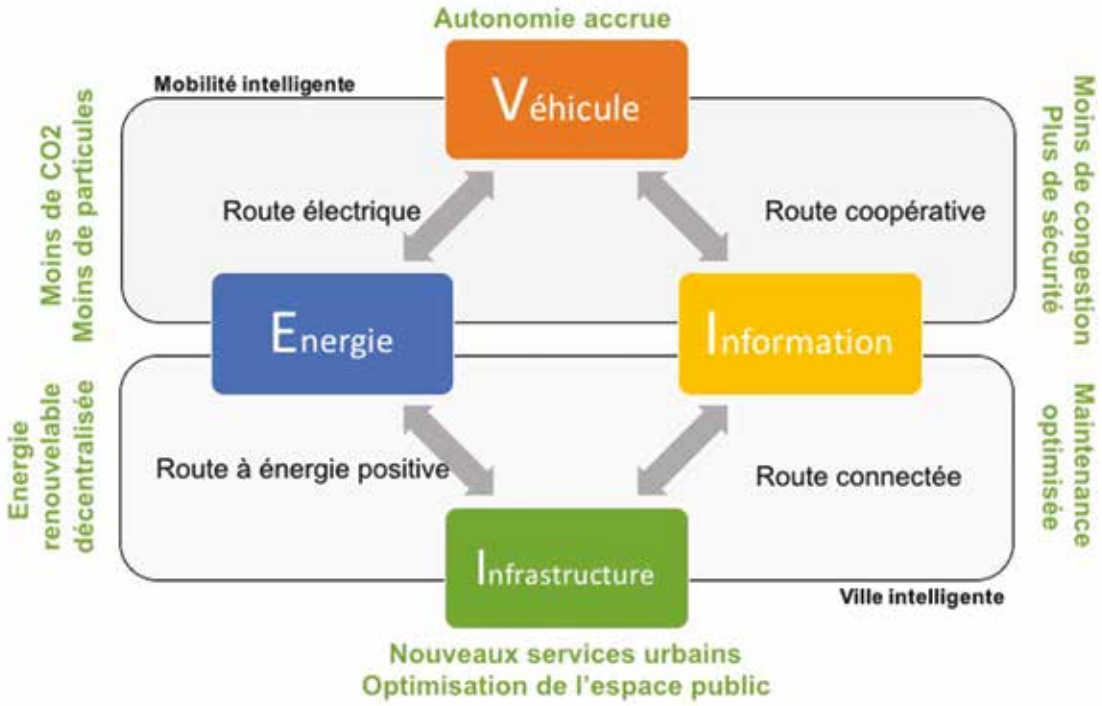


Figure 5
Le modèle VIIE, qui sous-tend la Route de 5e Génération, pourrait à terme supplanter le modèle VIC pour concevoir les routes. À la clé, un modèle économique potentiellement soutenable permettant d'adapter les routes actuelles aux véhicules électriques, autonomes et partagés.

naitre de cette adaptation de la route aux nouvelles mobilités, à l'image de l'autoroute qui avait été conçue pour adapter la route à l'émergence des véhicules thermiques individuels.

En l'occurrence, si l'autoroute avait été conçue sur la base du triptyque Véhicule-Infrastructure-Conducteur (VIC), la route de demain sera, elle, conçue selon le modèle dit Véhicule-Information-Infrastructure-Énergie (VIIE) illustré en **figure 5**. Ainsi, si les différents paramètres du modèle permettent de réduire les externalités environnementales du transport routier, l'impact positif qu'il engendrera sur les infrastructures doit permettre de bâtir un modèle économique satisfaisant, particulièrement en milieu urbain. On peut d'ores et déjà citer, comme paramètres possibles du modèle, la production nette d'énergie renouvelable (route solaire par exemple), la captation des plus-values foncières ou encore l'optimisation de la maintenance. Reste à estimer les valeurs de ces paramètres. C'est tout l'enjeu des démonstrateurs en cours de réalisation sur le territoire français. ■

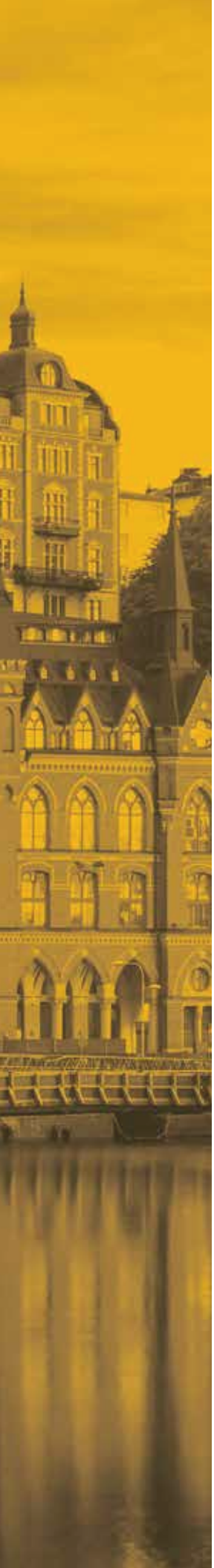
1. Concept d'autoroute électrique – Évaluation socioéconomique, Ministère de l'écologie, de l'énergie et de la mer, Janvier 2017

2. http://www.fabric-project.eu

3. http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr

4. https://www.revuetec.com/2017/01/31/2-cas-de-voies-partagees-bordeaux-lyon/

SUÈDE



Suède

5G Connected Vehicles: The Missing Link to Highly Autonomous Vehicles

Mouhamed Abdulla & Ke Wu

Today, there is a clear convergence between technologists, visionaries, corporations, academics, and policymakers on the expected trend of Intelligent Transportation Systems (ITS). The related infrastructure and vehicles of the future will essentially have four key attributes, which are (a) electric (i.e. sustainable), (b) autonomous (i.e. convenient), (c) connected (i.e. safe), and (d) shared (i.e. rely on smart mobility utilization).

Present day autonomous vehicles are primarily founded on light detection and ranging (LiDAR) technology, where the objective of this sensing capability is to navigate on road infrastructures while avoiding collisions with likely obstacles, such as other vehicles, cyclists, pedestrians, animals, and random objects. Despite being a remarkable milestone in this vehicular ecosystem, critical information is not being shared locally to the cloud and the transportation management system for the purpose of dynamic cooperation, remote access control, and network optimization. With time, as the volume of active cars and traffic increases, interconnectivity among vehicles will be necessary for greater safety, traffic efficiency, intelligent resource utilization, and smart energy consumption.

In fact, autonomous vehicles with sensing capabilities are constrained by line-of-sight and thus cannot detect a likely collision with a fast-moving vehicle driving towards an urban junction, for instance. Moreover, harsh weather conditions, such as fog, sunbeams, heavy rain and snow, significantly deteriorate the quality of sensing technology. Evidently, vehicle-to-everything communications is the prime alternative technology that can overcome the shortcomings of LiDAR-based autonomous vehicles. According to a European Commission study, vehicle-to-vehicle (V2V) communications have the potential to prevent up to 35% of serious casualties from road accidents. In other words, it is of the utmost importance to have both sensor capabilities and communications technology, as they complement each other and also serve as sources for supplemental system redundancy, added security and greater awareness of the vehicle's surroundings.

Evidently, communications need not only be limited to other vehicles; it could be an all-encompassing vehicle-to-everything (V2X) connectivity. For instance, vehicle-to-infrastructure (V2I) has the prospect for making traffic flow more fluid and dynamic through direct communications with nearby traffic signs. Vehicle-to-pedestrian (V2P) communications could automatically alert a car of an unnoticeable pedestrian presence on the road ahead.

The same also applies for enhancing the safety of cyclist maneuvering in a busy city. Since these changes on the road occur in split seconds, the vehicle's computer system will automatically and proactively control and steer the car to avoid such accidents. As for vehicle-to-network (V2N) communications, it essentially keeps a vehicle in a continuous and direct communication link with a radiofrequency (RF) network infrastructure (i.e. similar to a tower used nowadays for mobile communications), such as an LTE Advanced Pro (Rel.13, 14) or the much anticipated 5th generation wireless network (5G). V2N will enable greater spatial coverage; so for instance, it could notify a driver in real-time of a heavy traffic jam a few kilometers ahead and dynamically reroute the traffic to reach the destination with minimal travelling distance and time.

To enable communication between vehicles manufactured by different companies, standardization is required for interoperability. Direct short-range communication (DSRC) is a standard ready for utilization at an operating frequency of 5.9 Gigahertz. This standard, which was formally known as IEEE 802.11p, sets the communication protocol for local information transmission in an ad hoc vehicular configuration. The disadvantage of this protocol is the lack of dynamic information sharing of the many hours of driving history with the transportation management system. As an alternative, cellular-based 5G communications, which is under development and is expected for gradual deployment in 2020, essentially inherit the distributed features of DSRC with the added benefit of centralized coordination by the transportation management system. Undoubtedly, the capabilities of

Figure 1
Connected vehicles are an integral part of future smart cities.

the 5G alternative is more convenient for the purpose of highly autonomous vehicles, particularly since it will deliver ultra-reliable, low-latency, and fast communications for complex vehicular networks.

Evidently, networks related to cars are commonly known as vehicular ad hoc networks (VANET). Because vehicles are in constant movement, a certain VANET is quickly formed in a particular geographical area over a limited time frame. After a short time period, the network dissolves and a new VANET is formed. This keeps repeating over and over again throughout the vehicle's travel route. For such distributed, complex, and dynamically-changing networks, V2X capabilities are indispensable. In fact, the objective of smart future ITS is to ensure fast connectivity that is seamlessly interweaved with a cascading combination of V2V, V2I, V2P, and V2N networks. For such very complex networks, where data is routed across different devices and critical infrastructures, and where interoperability among the diverse units is a basic necessity, various critical metrics within the 5G requirement are fundamental, namely: ultra-reliability, low-latency, high-capacity, variable-mobility, and elevated traffic-density. Evidently, evaluating, assessing, and designing the parameters of the communication link for a V2X network with unpredictable traffic status will be of critical concern for future roads populated by highly autonomous vehicles.

The reliability metric alone is immensely complicated to fulfill. For instance, a packet reliability of 99.999% is generally feasible for semi-autonomous vehicles with a driver-in-the-loop. Whereas, for fully autonomous,

where no human intervention is required, a reliability of 99.9999999% is expected. Communication latency is yet another element of concern where extremely low values in the range of 2~3 milliseconds are desired. As for data capacity, a communication of multi-Gigabits per second, up to 8 Gbps, is anticipated in order to share on-route information with other vehicles in the region and the network cloud.

Despite the densification of the vehicular network, the quality of service ought to remain in constant communication with ultra-high reliability. In other words, in an urban setting, it is estimated that there are roughly 1,000 vehicles per square kilometer; in the suburbs, it is estimated at 500 vehicles/km^2, and on highways, the values are even fewer than these numbers. Moreover, reliability must be preserved up to a communication range among vehicles in the order of 100-200 meters on roads, and 500 meters on highways.

Achieving these constraints and requirements altogether is a recipe for immense challenges. To tackle this undertaking, it is of the utmost importance for the electrical engineering community advancing the 5G network for the ITS ecosystem to work together and in cohesion, both at the fundamental and experimental research tracks. There are various overlapping concepts in different sub-systems that demand a holistic understanding and fluency, and thus cross-pollination of expertise is required to optimize a complex communication network for highly autonomous vehicles. Different areas of radiofrequency engineering (i.e., communications, microwaves, propagation, and antenna systems) must collectively work the technical intricacies that are of extreme interdependence in order to predict and eliminate the potential sources of road accidents.

It is of the utmost importance to have both sensor capabilities and communications technology, as they complement each other and also serve as sources for supplemental system redundancy, added security and greater awareness of the vehicle's surroundings

Extensive research on many fronts is required, including (i) network modeling based on real-world vehicular traffic, (ii) connectivity and throughput analysis founded on average performance assessed by measurable data, and fine-grained performance accessed by meta-distribution techniques, (iii) mobility concerns and robustness to Doppler effect, say up to 300 kilometers per hour, (iv) temporal aspects of traffic variability, (v) empirical propagation channel measurements and modeling over high frequencies, (vi) modula-

tion schemes and network access, (vii) system design and spatial diversity, (vii) antenna design issues with single and multiple antenna elements, and (viii) antenna position on the vehicle, directivity, beamforming, etc.

The eventual future of smart cities with intelligent transportation for road safety and traffic efficiency is inevitable. Everything that should be connected must be connected; this includes the seamless connectivity of vehicles, cyclists, pedestrians, etc. Bringing this eventuality of a data rich environment to fruition will require creative engineering solutions to intercorrelated challenges, which are expected to result in opportunities and gains for society at large. This article attempted to underscore the complementary need of both sensors and connectivity for highly autonomous vehicles. Technical requirements for vehicular interconnectivity and overall system performance under the anticipated 5G communications were discussed. Open challenges that will require extensive research by the scientific engineering community before real-world mass deployment of highly autonomous vehicles were also highlighted. ■

L'AIPCR-Québec est une Table d'expertise de l'AQTr. L'AIPCR (Association mondiale de la Route) 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.

Mot du président

Claude Carette
Président du comité AIPCR-Québec

C'est le moins que l'on puisse dire, le Comité AIPCR-Québec aura été pleinement actif, cette année, pour la communauté routière québécoise et mondiale, et il le sera encore dorénavant!

24e CONGRÈS MONDIAL SUR LES SYSTÈMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS (STI)

En tant que président du Comité organisateur de la 24e édition du Congrès mondial sur les systèmes de transport intelligents (STI), qui se tiendra au Palais des congrès de Montréal du 29 octobre au 2 novembre 2017, permettez-moi de vous convier à cet événement unique sur le thème La mobilité intégrée, moteur des villes intelligentes. Il s'agit du plus important congrès en transport à se tenir au Québec (11 000 congressistes sont attendus) pour lequel l'AQTr collabore à l'organisation et auquel la participation active des gouvernements du Québec et du Canada est prévue. La participation de la communauté québécoise des transports est également attendue pour faire de cet événement une vitrine du savoir-faire et du leadership du Québec sur la scène internationale. Je suis également très heureux de vous annoncer que, à cette occasion, le Comité AIPCR-Québec recevra les membres du Comité technique B.1 Exploitation des réseaux routiers/Systèmes de transport intelligents pour tenir leurs réunions de travail. Une visite technique sera aussi organisée pour leur montrer concrètement comment l'utilisation des STI optimise les transports à Montréal.

Dans le cadre du Congrès mondial sur les STI, deux sessions spéciales de l'Association mondiale de la route (AIPCR) sont aussi prévues : une consacrée aux travaux de ce Comité technique B.1 et une dédiée aux véhicules connectés/autonomes, au cours de laquelle M. Martin Thibault, membre du groupe d'étude B.1 Conception routière et infrastructures pour des solutions de transport innovantes, fera une présentation sur l'avancement des travaux du Groupe d'étude. C'est donc un rendez-vous assurément à ne pas manquer!

52e CONGRÈS ANNUEL DE L'AQTR

Du 2 au 5 avril dernier, une délégation internationale d'experts en tunnels s'est réunie à Montréal, dans le cadre de la réunion du Comité technique D.5 de l'AIPCR portant sur l'Exploitation des tunnels routiers. Ce Comité technique avait également mis sur pied une séance technique sur la réfection des tunnels, dans le cadre de la programmation du 52e Congrès annuel de l'AQTr, un exercice d'importance pour la valorisation de la mission de l'AIPCR et une occasion idéale de tisser des liens entre les experts québécois et internationaux. Je vous invite d'ailleurs à lire l'article détaillé sur ce sujet, dans le présent bulletin.

Le Congrès annuel de l'AQTr a aussi donné l'occasion de dévoiler le lauréat de la 17e édition du Concours de mémoires AIPCR-Québec, qui s'adresse aux jeunes diplômés et étudiants de niveau maîtrise. L'AIPCR-Québec profite du Congrès annuel de l'AQTr pour remettre son prix au candidat qui aura présenté une solution novatrice à une problématique actuelle qui traite de l'un des quelque 58 enjeux étudiés par les comités techniques de l'AIPCR, au cours du cycle de travail 2016-2020. Le lauréat obtient aussi le titre de jeune professionnel du comité technique de l'AIPCR auquel se rattache le sujet de son mémoire et peut suivre l'avancement des travaux de ce comité pour le cycle de travail en cours.

Pour cette édition, le prix a été décerné à M. Jean-Pascal Cloutier, étudiant à la maîtrise en génie civil à l'Université Laval, pour son mémoire intitulé « Comportement mécanique des chaussées flexibles sous l'octroi de primes de charge en période hivernale ». À ce sujet, nous disposons au Québec de peu de documentation sur le comportement mécanique de la chaussée en fonction de la profondeur de gel pour appuyer le critère de surcharge actuellement en vigueur dans d'autres provinces canadiennes. Je vous invite fortement à lire le résumé du mémoire publié dans ce bulletin et je félicite, encore une fois, notre lauréat.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE DE L'AIPCR-QUÉBEC

L'Assemblée générale 2017 des membres de l'AIPCR-Québec aura lieu le 1er décembre prochain, à Québec. Les membres recevront toute l'information pertinente à cet égard dans les prochaines semaines. J'espère vous y voir en grand nombre, car cette rencontre annuelle permettra de faire le point sur le cycle de travail en cours et sur toutes les autres activités de notre comité national, en plus de présenter, comme il est d'usage, une conférence d'intérêt à l'heure du dîner.

Donc, un très bel automne à tous et au plaisir de vous saluer à Montréal, lors du 24e Congrès mondial sur les systèmes de transport intelligents!

Claude Carette
Président du Comité AIPCR-Québec

17e édition du Concours de mémoires AIPCR-Québec

En cette 17e édition du concours de mémoire AIPCR-Québec, commandité par Stantec, le prix de 2 000 $ a été décerné à M. Jean-Pascal Cloutier, étudiant à la maîtrise en génie civil à l'Université Laval, pour son mémoire intitulé « Comportement mécanique des chaussées flexibles sous l'octroi de primes de charge en période hivernale ». C'est avec plaisir que nous adressons nos félicitations au gagnant et nos remerciements au partenaire financier pour son engagement envers la relève. Merci aussi au jury pour son implication et à l'AQTr, dont le soutien est essentiel dans la tenue de ce concours, de même que dans la réussite de la mission de notre comité.

Résumé du mémoire :

Comportement mécanique des chaussées flexibles sous l'octroi de primes de charge en période hivernale

L'action du gel est un mécanisme important contribuant à l'endommagement des chaussées. Cependant, une importante augmentation de la capacité portante des chaussées est observée lorsque les températures chutent sous le point de congélation. Ce gain de capacité est causé par la réponse viscoélastique de l'enrobé bitumineux (Carter & Perraton, 2002) et le gel de l'eau interstitielle présente dans les matériaux non liés (Berg et coll., 1996). Le renforcement de la chaussée soumise au gel incite certaines administrations de transports à revoir leurs législations, afin d'octroyer des primes de charges en période hivernale à l'industrie du camionnage. L'octroi de primes de charges comporte de nombreux avantages comme la diminution des frais de transports des marchandises, la diminution des gaz à effet de serre, la diminution potentielle du transport en période de dégel, etc. Ces avantages peuvent avoir un impact direct sur le contexte socio-économique d'une région et d'une province. À l'heure actuelle, il n'existe aucun critère décisionnel rationnel pour définir l'augmentation de charge optimale selon le comportement mécanique des chaussées gelées. Également, les lois et règlements existants varient grandement d'une province à l'autre. Dans le contexte économique actuel, il semble primordial de mieux définir les critères d'octroi de primes de charge de manière à maximiser les bénéfices potentiels. Ces impacts sont directement liés au thème stratégique D.2 de l'AIPCR, soit la durabilité et l'amélioration de la gestion des chaussées, et ce particulièrement en contexte hivernal.

L'objectif de ce projet était d'abord de documenter le comportement mécanique de la chaussée selon le gel et de développer un critère rationnel pour l'octroi de primes de charge. Le simulateur de véhicules lourds de l'Université Laval a été utilisé pour mesurer le comportement de deux chaussées flexibles construites dans une fosse intérieure de 24 m^3. Les chaussées ont été construites respectivement sur un sol d'infrastructure argileux et un sable silteux, puis elles ont été instrumentées pour mesurer les températures, teneurs en eau, contraintes et déformations à différents niveaux dans les chaussées. Un gel axial a été appliqué en surface à une température de

L'objectif de ce projet était d'abord de documenter le comportement mécanique de la chaussée selon le gel et de développer un critère rationnel pour l'octroi de primes de charge. Le simulateur de véhicules lourds de l'Université Laval a été utilisé pour mesurer le comportement de deux chaussées flexibles construites dans une fosse intérieure de 24 m³.

-10° C. Des charges axiales variant de 4550 kg à 6250 kg ont été appliquées à l'aide d'un demi-essieu à roues jumelées. Les résultats obtenus permettent de documenter la réponse de deux chaussées différentes en fonction de la profondeur de gel et permettent de quantifier l'effet de surcharges dans ces conditions. L'analyse des résultats démontre que les contraintes et déformations diminuent de manière régulière au sein de la chaussée, durant la progression du front gel, et que l'enrobé bitumineux joue un rôle significatif dans la variation de la réponse.

Ce mémoire présente la méthodologie du projet, les résultats, les impacts potentiels et la faisabilité de l'octroi de primes de charge en période hivernale, dans les régions froides. Le point de vue de l'auteur, quant à l'interaction de l'octroi de primes de charge avec le transport routier et le milieu environnant, est également mis de l'avant. ■

Partage international d'expertise pour la réfection de tunnels routiers en exploitation

Alexandre Debs

Du 2 au 5 avril 2017, une délégation internationale d'experts en tunnels s'est réunie à Montréal, dans le cadre de la réunion du Comité technique D.5 de l'Association mondiale de la route (AIPCR), portant sur l'exploitation des tunnels routiers. Ce comité, très prolifique en termes de publications, de séminaires et d'ateliers internationaux, traite de sujets variés tels que la conception et l'exploitation dans plusieurs disciplines du génie civil, dont le génie électrique, électronique, mécanique et industriel.

Mme Anne-Marie Leclerc, présidente d'honneur de l'Association mondiale de la route et sous-ministre adjointe à l'Ingénierie et aux Infrastructures, a prononcé l'allocution d'ouverture de la réunion où étaient réunis vingt-cinq membres du comité provenant de près de vingt pays.

Ce rassemblement de haut calibre, coordonné par le Comité AIPCR-Québec et parrainé par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, avait pour principal objectif d'approfondir les travaux réalisés avec succès durant les cycles de travail précédents, dans le domaine des tunnels routiers. Il était question, entre autres, de la mise à jour du *Manuel des tunnels routiers* (https://tunnels.piarc.org/fr) et d'autres publications sur des sujets tels que l'exploitation durable de tunnels routiers et les incendies de dimensionnement qui peuvent survenir dans ce type d'infrastructure. Ces publications sont toutes accessibles gratuitement via la bibliothèque du site Web de l'AIPCR.

Une session technique sur les défis reliés au maintien et à la réfection de tunnels routiers existants a d'ailleurs été organisée dans le cadre de la programmation du 52e Congrès annuel et Salon des transports de l'Association québécoise des transports (AQTr). Ainsi, des conférenciers issus de la France, de l'Italie, de la Corée du Sud, des Pays-Bas et de la Belgique ont présenté aux congressistes leurs projets de réfection et de rehaussement de la sécurité de leurs tunnels maintenant vétustes. Cette session technique a été l'occasion d'échanger avec des experts sur les problématiques et les enjeux communs liés aux méthodes de réfection et de réhabilitation de vieux tunnels urbains avec maintien de l'exploitation.

Au programme de cette session technique : une visite technique des tunnels Ville-Marie et Viger, qui figurent parmi les plus importants tunnels au Canada et dont la salle de contrôle a été modernisée en 2014. La visite a permis à certains participants d'apprécier les améliorations qui ont été apportées depuis leur venue en 2008. Ceux-ci avaient alors siégé à Montréal, dans le cadre d'un événement similaire regroupant une réunion technique, un symposium et une simulation d'incendie dans le tunnel Ville-Marie.

Le Ministère a d'ailleurs profité de la présence d'homologues d'outre-mer pour organiser des rencontres particulières avec les experts des administrations routières

de la France et de la Belgique, pour échanger sur plusieurs aspects techniques, dont les éléments déclencheurs des interventions, les budgets et modes de réalisation, les normes et directives, les dispositifs de contrôle d'accès aux tunnels, les conditions minimales d'exploitation en travaux, les méthodes d'approvisionnement pour les équipements sur mesure ainsi que la protection incendie.

C'est dans ce contexte que le Ministère a eu le plaisir de recevoir M. Pascal Smet, ministre de la Mobilité et des Travaux publics de la Belgique, le 18 mai dernier. Ce dernier, ainsi que les membres de la délégation de conseillers et de journalistes qui l'accompagnaient, ont bénéficié d'une visite guidée de nos installations de surveillance du réseau, mais aussi des tunnels Ville-Marie et Viger.

Ces rencontres ont permis d'échanger sur les normes et les exigences imposées en France par le Centre d'étude des tunnels qui relève du ministère de la Transition écologique et solidaire. Les discussions ont aussi porté sur l'expérience bruxelloise, actuellement en cours, pour la mise en sécurité et la réhabilitation des tunnels de la région de Bruxelles.

À cet égard, soulignons la contribution de M. Alexandre Debs, directeur de la Direction des projets des tunnels et des autoroutes de la métropole, et représentant du Ministère au Comité D.5, dans l'organisation de cet accueil, de l'animation de la visite technique et des sessions d'échange d'expertise avec les ingénieurs et les autres spécialistes. Soulignons également la participation de Pierre Longtin de Nyx-Hemera Technologies inc. à l'accueil et à titre de membre du Québec au Comité D5.

Les retombées de l'engagement du Québec dans les travaux de l'Association mondiale de la route sont nombreuses. Tous ces échanges représentent une occasion de valoriser la mission de l'AIPCR et de tisser des liens entre les experts québécois et internationaux. Pour le Ministère, outre le réseautage technique qu'offre cette participation, il s'agit d'une tribune de choix pour le transfert et l'intégration de connaissances qui permettent de maintenir l'expertise et de partager des solutions innovantes sur le plan technologique. ■

L'aparté avec ASYMPTOTE

www.simonbanville.com

1922016

53e Congrès de l'AQTr

L'INNOVATION, ÇA NOUS TRANSPORTE!

9-10-11 AVRIL 2018

CENTRE DES CONGRÈS DE QUÉBEC

LA VOITURE AUTONOME NE SE FERA PAS TOUTE SEULE.

Venez la développer avec nous.

POSTULEZ

LeddarTech®

/ EXPERTS EN TECHNOLOGIE LIDAR