Concevoir l'avenir de l'automobile au Canada

Le comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée

CCA | CAC

Concevoir l'avenir de l'automobile au Canada

Le comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée

Conseil des académies canadiennes
180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario) Canada K2P 2K3

Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil d'administration du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres du conseil d'administration sont issus de la Société royale du Canada (SRC), de l'Académie canadienne du génie (ACG) et de l'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS), ainsi que du grand public. Les membres du comité d'experts responsables du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences particulières et dans le but d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé à la demande d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE). Les opinions, les constatations et les conclusions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs, le Comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée, et ne représentent pas nécessairement les opinions de leurs organisations d'affiliation ou d'emploi, ou de l'organisation commanditaire, l'ISDE.

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN: 978-1-926522-88-3 (livre)
978-1-926522-89-0 (livre électronique)

Ce rapport devrait être cité comme suit :

Conseil des académies canadiennes, 2021. *Concevoir l'avenir de l'automobile au Canada*, Ottawa (Ontario). Le comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée, Conseil des académies canadiennes.

Avis de non-responsabilité

Au meilleur de la connaissance du CAC, les données et les informations tirées d'Internet qui figurent dans ce rapport étaient exactes à la date de publication du rapport. En raison de la nature dynamique d'Internet, des ressources gratuites et accessibles au public peuvent subséquemment faire l'objet de restrictions ou de frais d'accès, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web sont modifiés.

CCA | CAC

© 2021 Conseil des académies canadiennes
Imprimé à Ottawa, Canada

Canada

Ce projet a été rendu possible grâce au soutien du gouvernement du Canada

Le Conseil des académies canadiennes

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui réalise des évaluations spécialisées indépendantes, étayées scientifiquement et faisant autorité, dans le but d'éclairer l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil d'administration et conseillé par un comité consultatif scientifique, le CAC a pour champ d'action la science au sens large, ce qui englobe les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, les sciences de la santé, le génie et les lettres. Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à cerner des problèmes nouveaux, des lacunes de nos connaissances, les atouts du Canada, ainsi que les tendances et les pratiques internationales. Ces études fournissent aux décideurs gouvernementaux, aux universitaires et aux parties prenantes l'information de grande qualité dont ils ont besoin pour élaborer des politiques publiques éclairées et innovatrices.

Tous les rapports d'évaluation du CAC sont soumis à un examen formel. Ils sont publiés et mis à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout ordre de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation.

www.rapports-cac.ca

@cca_reports

Les Académies

Le CAC est soutenu par ses trois académies fondatrices :

La Société royale du Canada (SRC)

Fondée en 1882, la SRC comprend l'Académie des arts, des lettres et des sciences, ainsi que le tout premier organisme canadien de reconnaissance multidisciplinaire destiné à la nouvelle génération d'intellectuels canadiens : le Collège de nouveaux chercheurs et créateurs en art et en science. Sa mission consiste à reconnaître les plus éminents intellectuels, chercheurs et créateurs, à conseiller les gouvernements et les organisations, et à favoriser l'avancement du savoir et de l'innovation au Canada avec d'autres académies nationales partout dans le monde.

L'Académie canadienne du génie (ACG)

L'ACG est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus chevronnés et émérites du Canada offrent des conseils stratégiques sur des enjeux d'importance primordiale pour le pays. L'ACG est un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif qui a été fondé en 1987. Les Fellows de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs, en fonction de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein de la profession d'ingénieur. Les Fellows de l'ACG s'engagent à faire en sorte que l'expertise du Canada en ingénierie soit mise à contribution pour le plus grand bien de tous les Canadiens et de toutes les Canadiennes.

L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS)

L'ACSS reconnaît l'excellence dans les sciences de la santé en nommant ses membres en fonction de leurs réalisations exceptionnelles dans les disciplines universitaires des sciences de la santé au Canada et de leur volonté de servir le public canadien. L'ACSS fournit des évaluations opportunes, factuelles et impartiales sur des sujets qui touchent la santé de la population canadienne, et recommande des solutions stratégiques et réalisables. Fondée en 2004, l'ACSS nomme de nouveaux membres sur une base annuelle. L'ACSS est dirigée par un conseil d'administration constitué de volontaires et par un comité de direction.

Comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée

Guidé par son comité consultatif scientifique, son conseil d'administration et des académies, le CAC a constitué le Comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée pour entreprendre ce projet. Chacun de ces spécialistes a été choisi pour son expertise, son expérience et son leadership éprouvé dans des domaines pertinents pour le projet.

Jeannette Montufar, FACG (présidente), partenaire fondatrice et présidente-directrice générale, MORR Transportation Consulting Ltd. (Winnipeg, Man.)

Marie-Soleil Cloutier, professeure, Centre Urbanisation, Culture et Société, Institut national de la recherche scientifique (Montréal, Qc)

Krzysztof Czarnecki, professeur, Département de génie électrique et de génie informatique, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

Peter Frise, FACG, professeur, faculté de génie mécanique et automobile, et directeur, Centre de recherche et d'enseignement automobile, Université de Windsor (Windsor, Ont.)

Denis Gingras, professeur, Département de génie électrique et de génie informatique, Université de Sherbrooke (Sherbrooke, Qc)

Ted Graham, directeur, Innovation ouverte, General Motors (Toronto, Ont.)

Jason Millar, professeur adjoint, École de science informatique et de génie électrique, Chaire de recherche du Canada en ingénierie éthique de la robotique et de l'intelligence artificielle, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Sandra Phillips, présidente-directrice générale et fondatrice, movmi (Vancouver, C.-B.)

Dan Sinai, ancien cadre supérieur, division de l'innovation, IBM Canada (London, Ont.)

John C. Spence, MACSS, professeur, Faculté de kinésiologie, des sports et des loisirs, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

David A. Wolfe, codirecteur, Innovation and Policy Lab, Munk School of Global Affairs and Public Policy, Université de Toronto (Toronto, Ont.)

Naomi Zimmerman, professeure adjointe, Chaire de recherche du Canada sur le développement durable, directrice du iREACH Lab, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Message du président-directeur général

Les véhicules autonomes, connectés, électriques et partagés pourraient avoir une grande incidence sur la société. Ils recèlent le potentiel d'améliorer la sécurité des véhicules et des routes, de diminuer les temps de trajet, de réduire les émissions, d'accroître les choix des gens en matière de mobilité, et de modifier la manière dont ceux-ci interagissent et se déplacent, entre autres avantages. Ils illustrent la science et l'ingénierie à leur meilleur.

Même si leur apparition sur la voie publique au Canada peut sembler inévitable, un doute subsiste néanmoins quant au moment de leur arrivée et à l'étendue de leur acceptation et adoption. Les décisions prises aujourd'hui en matière de planification et de politiques publiques influeront sur les répercussions qu'auront ces véhicules sur la société de demain. Il existe des possibilités et des défis dans toute l'industrie, au sein des gouvernements ainsi que pour la population canadienne.

Afin de mieux comprendre comment les décisions prises aujourd'hui détermineront la façon dont les véhicules autonomes et connectés et les services de mobilité partagée fonctionneront au Canada, le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique Canada (ISDE) a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) d'examiner ce sujet en détail.

Un comité d'experts a été formé, dont les 12 membres ont été choisis pour leur expertise et leur expérience en génie informatique, électrique, civil et mécanique, en science de l'environnement, en science informatique, en kinésiologie, en science politique, en géographie et en éthique, ainsi que dans les secteurs de l'automobile, des technologies de l'information et de la communication (TIC), et de la mobilité partagée. Le comité a fait appel à différentes sources de données quantitatives et qualitatives, a repéré et pris en compte les preuves pertinentes, notamment les publications revues par des pairs, les rapports, les documents gouvernementaux accessibles au public et la littérature grise. Ces sources ont été complétées par des entrevues avec des experts de l'industrie et des groupes de parties intéressées afin d'acquérir d'autres connaissances.

Le rapport final, *Concevoir l'avenir de l'automobile au Canada*, recense les répercussions potentielles dans les domaines de politiques publiques essentielles au développement et au déploiement des véhicules autonomes et connectés : l'industrie, y compris les secteurs de l'automobile, des TIC et des assurances; les données, la protection des renseignements personnels et la cybersécurité; la planification de la mobilité et l'urbanisme; l'environnement; ainsi que la sécurité et le bien-être des personnes au Canada. Il fournit un ensemble de constatations et de conclusions qui peuvent aider à façonner l'avenir.

J'aimerais exprimer mes remerciements à la présidente du comité d'experts, Jeannette Montufar, et à tous les autres membres du comité. Comme dans le cas de toutes les évaluations du CAC, le conseil d'administration du CAC, le comité consultatif scientifique et les trois académies fondatrices — la Société royale du Canada, l'Académie canadienne du génie et l'Académie canadienne des sciences de la santé — ont fourni des conseils et un encadrement précieux tout au long du processus d'évaluation. Je tiens à les remercier de leur soutien.

Eric M. Meslin, Ph. D., MSRC, MACSS
Président-directeur général, Conseil des académies canadiennes

Message de la présidente

Pratiquement tous les véhicules produits aujourd'hui sont équipés d'un système avancé d'aide à la conduite et d'un certain niveau de connectivité. Il est possible d'acheter une voiture qui stationnera d'elle-même en file, freinera automatiquement lorsqu'elle prévoira une collision, restera centrée dans sa voie et exécutera la plupart des tâches de conduite sur une autoroute. Il y a actuellement des véhicules de livraison autonomes qui transportent des passagers et des marchandises sur les routes, et des prototypes de navettes autonomes à basse vitesse et de taxis sans chauffeur sont mis à l'essai aujourd'hui. Mais le jour où les véhicules entièrement autonomes seront la norme plutôt que l'exception ne viendra pas avant de nombreuses années.

Ces technologies continueront à évoluer et à connecter plus de véhicules entre eux, à l'infrastructure et à d'autres usagers sur la route. L'accroissement de l'automatisation et les capteurs de pointe pourraient améliorer la sécurité en réduisant le nombre de collisions dues à des erreurs humaines. Les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée ont le potentiel de rendre les transports plus respectueux de l'environnement, sécuritaires et accessibles. Le comité d'experts a centré ses discussions sur les répercussions en adoptant l'hypothèse de travail selon laquelle la technologie s'engage sur la voie d'un avenir dans lequel les véhicules seront non seulement autonomes et connectés, mais également électriques et partagés.

La promesse à long terme de la mobilité future se concrétisera dans des véhicules connecté, autonome, partagé et électrique qui pourront fournir à la demande un mode de transport pratique, accessible et abordable à toutes les personnes, dans toutes les régions du Canada. Il est cependant difficile de prédire quand, comment et même si ces avantages seront pleinement réalisés. L'atteinte de ces objectifs exigera de surmonter des défis techniques et sociétaux importants, et dépendra de la façon dont l'industrie, les Canadiens et les gouvernements feront face aujourd'hui aux défis et possibilités potentiels. Les décisions prises aujourd'hui en matière de planification et de politiques liées au transport public, au conavettage et au transport actif se répercuteront sur le mode d'utilisation de ces véhicules ainsi que sur le moment et les lieux où ils circuleront au Canada au cours des 10, 20 et 50 prochaines années.

Le rythme actuel des changements technologiques ne nous aide pas à nous projeter dans l'avenir. Afin de réduire cette incertitude, le comité d'experts a opté pour des prévisions sur 10 ans, qui correspondent également aux priorités du gouvernement fédéral en matière de planification des politiques publiques et de prise de décisions. Le comité reconnaît aussi que la pandémie de la COVID-19 aura d'importantes conséquences sur l'industrie automobile, les choix de mobilité des Canadiens et les politiques gouvernementales relatives à ces véhicules, non seulement maintenant, mais aussi au cours des 10 prochaines années.

Je tiens à remercier sincèrement tous les membres du comité qui ont prêté leur temps et leurs compétences à ce projet. Leurs contributions nous ont aidés à produire un rapport rigoureux et convaincant. J'aimerais également remercier les examinateurs, dont les commentaires réfléchis nous ont aidés à consolider ce rapport. Au nom des membres du comité, je tiens enfin à exprimer mes sincères remerciements au personnel du CAC qui nous a réunis pour aborder cette question importante et qui a soutenu notre travail à chacune des étapes du processus.

Nous sommes convaincus que le présent rapport fait état de la vaste gamme des retombées potentielles des véhicules connecté, autonome, partagé et électrique pour l'industrie, la protection des renseignements personnels et la cybersécurité, l'urbanisme, l'environnement, et la sécurité et le bien-être des personnes qui habitent au Canada.

Jeannette Montufar, Ph. D., P. Eng., FACG
Présidente, le comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée

Remerciements

Les personnes suivantes ont fourni une aide, des renseignements et des points de vue pris en considération par le comité, et leurs contributions sont fortement appréciées.

Ann Cavoukian, directrice générale, Global Privacy and Security by Design Centre

Jean-François Champagne, président, Association des industries de l'automobile du Canada

Geoff Cross, vice-président, planification et politiques des transports, TransLink

Colin Dhillon, directeur technique, Association des fabricants de pièces d'automobile du Canada

Jean Lawson, directrice, politique et recherche, Fédération canadienne des municipalités

Robert Love, chef national, Automotive Group, Borden Ladner Gervais

Mark Nantais, président, Association canadienne des constructeurs de véhicules

Ryan Stein, directeur général, politique et innovation automobiles, Bureau d'assurance du Canada

John Wall, vice-président principal, QNX

David Worts, secrétaire général, Association des manufacturiers d'automobiles japonaises du Canada

Équipe de projet du Conseil des académies canadiennes

Équipe d'évaluation :	**Tijs Creutzberg,** directeur des évaluations
	Jean Woo, directrice de projet
	Joe Rowsell, directeur de projet (juin 2019 – février 2020)
	Amanda Bennett, associée de recherche
	Matthew Ivanowich, associé de recherche
	Vasa Lukich, chercheuse
	Madison Downe, coordonnatrice de projet
	Erin Macpherson, stagiaire

Avec l'aide de :

Concepteur	gordongroup
Révision	Clare Walker
Révision	Talk Science to Me
Traduction, En-Fr	Rossion Inc.

Examen du rapport

La version préliminaire de ce rapport a été revue par des examinateurs choisis par le CAC pour la diversité de leurs points de vue et de leurs domaines d'expertise. Les examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Le comité a examiné intégralement leurs observations confidentielles et a intégré bon nombre de leurs suggestions. Le CAC ne leur a pas demandé d'en cautionner les constatations, et ils n'ont pas vu la version finale avant publication. La responsabilité du contenu final de ce rapport incombe entièrement au comité qui l'a rédigé et au CAC.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes pour leur examen du présent rapport :

Carla Bailo, présidente-directrice générale, Center for Automotive Research (Ann Arbor, Mich.)

Shauna Brail, professeure agrégée, Université de Toronto (Toronto, Ont.)

Maxime Brault, chef du service de la recherche en sécurité routière, Société de l'assurance automobile du Québec (Québec, Qc)

Alexandra Cutean, directrice principale de la recherche et des politiques, Conseil des technologies de l'information et des communications (Vancouver, C.-B.)

Wendy Doyle, directrice générale, sécurité des transporteurs et des véhicules, Alberta Transportation (Edmonton, Alb.)

Bern Grush, directeur, Grush Niles Strategic (Toronto, Ont.)

Ahsan Habib, professeur agrégé, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Eric Hildebrand, professeur, Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton, N.-B.)

David Ticoll, membre distingué, Innovation and Policy Lab, Munk School of Global Affairs and Public Policy, Université de Toronto (Toronto, Ont.)

Zia Wadud, professeur agrégé, Université de Leeds (Leeds, Royaume-Uni)

Steven Waslander, professeur agrégé, Institute for Aerospace Studies, Université de Toronto (North York, Ont.)

David Williams, directeur, solutions, Immense Simulations (Milton Keynes, Royaume-Uni)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique du CAC, par **Chris MacDonald**, directeur, Ted Rogers Leadership Centre, Université Ryerson. Son rôle était de veiller à ce que le comité d'experts prenne en considération de façon entière et équitable les avis des examinateurs. Le conseil d'administration du CAC n'autorise la publication du rapport d'un comité d'experts qu'une fois que la personne chargée de superviser l'examen du rapport confirme que le rapport satisfait bien aux exigences du CAC. Le CAC remercie monsieur MacDonald d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

Principales constatations

Les véhicules connectés et autonomes (VCA) et la mobilité partagée sont la promesse d'un système de transport plus efficace, efficient et intégré, qui réduira la congestion, diminuera les collisions et offrira plus d'options de mobilité. Les VCA pourraient contribuer à améliorer l'équité et l'accessibilité des transports pour les aînés, les enfants et les jeunes, les personnes à mobilité réduite et celles qui vivent dans des régions peu desservies par le transport en commun. Ces véhicules présentent de nouvelles occasions d'affaires pour l'industrie, y compris le développement de logiciels, les services de mobilité partagée, l'infodivertissement et l'infrastructure. Les forces du Canada dans la fabrication automobile et les technologies de l'information et des communications (TIC) lui permettent de tirer parti des occasions nouvelles et existantes dans ces secteurs.

Les gouvernements, l'industrie et les personnes au Canada prennent aujourd'hui des décisions qui détermineront le fonctionnement des VCA et des services de mobilité partagée sur les routes canadiennes. Dans cet objectif, le CAC a formé un comité d'experts multidisciplinaire qui avait pour mandat d'examiner les répercussions dans les domaines de politiques publiques essentielles au développement et au déploiement des VCA : l'industrie, y compris les secteurs de l'automobile, des TIC et des assurances; les données, la protection des renseignements personnels et la cybersécurité; la planification de la mobilité et l'urbanisme; l'environnement; ainsi que la sécurité et le bien-être des personnes au Canada. Le comité note que l'électrification des véhicules est une tendance actuelle qui va se poursuivre sous les pressions politiques, sociétales et environnementales croissantes exercées pour réduire notre dépendance envers les combustibles fossiles. Les coûts initiaux élevés des véhicules autonomes, associés à un secteur des services de mobilité en croissance, ont mené à la prévision selon laquelle la disponibilité commerciale précoce des VCA sera largement assurée par un certain type de services de mobilité partagée. Pour concentrer ses efforts, le comité a examiné les répercussions potentielles au cours des 10 prochaines années. Il a aussi travaillé à partir de l'hypothèse que les véhicules autonomes et connectés seraient probablement électriques et partagés (d'où leur appellation de véhicules CASE « connected, autonomous, shared, and electric » ou « connecté, autonome, partagé et électrique » dans ce rapport).

La technologie des véhicules CASE évolue rapidement; on peut raisonnablement s'attendre à un certain nombre d'applications et de répercussions limitées au cours des 10 premières années

La connectivité et les systèmes d'aide à la conduite (SAC), communs dans les nouveaux véhicules construits et vendus aux consommateurs aujourd'hui, continueront de s'améliorer au cours des 10 premières années. À mesure que les réseaux de communications deviendront de plus en plus intégrés et omniprésents, les véhicules deviendront plus connectés aux autres véhicules, à l'infrastructure et aux autres usagers de la route, grâce aux composants de véhicule, et aux téléphones et accessoires intelligents. Cette connectivité sera utilisée pour améliorer l'expérience de transport au moyen de la gestion de la circulation, des fonctions de navigation, des systèmes de commande et de paiement, de l'infodivertissement et des dispositifs de sécurité, entre autres utilisations. De même, les SAC continueront d'être perfectionnés grâce à une plus grande automatisation et à des capteurs améliorés, promettant d'améliorer la sécurité routière en réduisant le nombre de collisions dues à des erreurs humaines.

Les technologies véhiculaires progressent vers une automatisation complète; un jour, les véhicules pourraient être capables de conduire d'eux-mêmes dans toutes les conditions, même si ce niveau d'automatisation, s'il est réalisable, ne se concrétisera que loin dans l'avenir. Il est toutefois possible aujourd'hui d'acquérir des véhicules autonomes comportant des limites opérationnelles. Des navettes autonomes à basse vitesse, des taxis sans chauffeur et des véhicules de livraison autonomes transportent déjà des passagers et des marchandises sur les routes de l'Amérique du Nord, à l'état de prototypes et dans le cadre de programmes d'essai. Dans leurs premières itérations commerciales, ces véhicules seront surveillés à distance, fonctionneront à basse vitesse, et auront une capacité limitée de déplacement à l'extérieur de secteurs géographiques spécifiques (p. ex., sur un campus) ou seront confinés sur une route particulière (p. ex., de l'aérogare au stationnement, et inversement). Les progrès prévus en termes d'efficacité, d'intelligence artificielle (IA) et de technologie des capteurs permettront à ces véhicules de fonctionner de manière sécuritaire et efficace dans un plus vaste éventail de circonstances en coordonnant leur comportement avec les autres véhicules, en communiquant avec l'infrastructure routière et en accédant à des mises à jour en temps réel sur la circulation et les conditions routières, à des cartes de navigation et à des logiciels.

Il est peu probable que le plein potentiel des véhicules CASE se réalise avant plusieurs décennies

La promesse à long terme de la mobilité future se concrétisera dans des véhicules CASE qui pourront fournir à la demande un mode de transport pratique, accessible et abordable à toutes les personnes, dans toutes les régions du Canada. La réalisation de ces objectifs exigera de surmonter des défis techniques et sociétaux importants, dont la probabilité est débattue en raison de l'incertitude inhérente associée aux changements technologiques. Alors que les résultats des utilisations limitées de taxis sans chauffeur et de navettes à basse vitesse sont prometteurs au chapitre des développements technologiques, l'atteinte de l'automatisation complète — qui signifie qu'un véhicule pourrait conduire partout et en tout temps sans intervention humaine — est toujours largement reconnue comme étant hors d'atteinte avec la technologie actuelle. En outre, on ignore encore si les progrès dans l'IA nécessaire à l'automatisation complète sont possibles à court ou à moyen terme. Toutefois, les technologies de véhicules CASE, qui en sont à différents stades de développement, font rapidement leur apparition dans les véhicules sur les routes au Canada. Elles sont à la fois des sources de défis et de possibilités pour l'industrie et les gouvernements au Canada.

Les premières répercussions des véhicules CASE sur les personnes au Canada seront concentrées dans les régions urbaines

Le calendrier d'exécution et l'approche adoptée pour déployer des véhicules CASE sur les routes canadiennes ne seront pas uniformes dans tout le pays et toutes les régions, et n'obtiendront pas nécessairement des résultats semblables. Les politiques de mobilité, les partenariats public-privé, les investissements dans l'infrastructure, et les règlements municipaux, provinciaux et territoriaux façonneront l'intégration éventuelle des véhicules CASE dans les différentes régions du Canada. Par exemple, la mobilité partagée nécessite une densité minimale de population pour fonctionner efficacement, les véhicules connectés exigent une capacité de réseau, et les véhicules électriques demandent une infrastructure de recharge. Ainsi, la plus grande part du déploiement, qu'il se fasse par des mises à l'essai ou des exploitations commerciales, se limitera probablement aux régions urbaines (ou suburbaines), du moins au cours de la prochaine décennie. Il est sans doute possible aussi pour les municipalités plus petites de répondre aux besoins de mobilité grâce aux nouvelles technologies (p. ex., des navettes sans conducteur à basse vitesse). Cependant, les économies de coûts qui résulteraient d'une conduite automatisée sont tempérées par des augmentations des coûts en capital et des coûts d'acquisition de ces véhicules.

Grâce aux interventions gouvernementales, les régions rurales sont raccordées aux réseaux électrique et téléphonique; des interventions semblables pourraient s'avérer nécessaires pour s'assurer que les avantages des véhicules CASE seront répartis équitablement partout au Canada.

Les véhicules CASE présentent à la fois des possibilités et des défis pour l'industrie au Canada

La production en série et la construction des véhicules CASE sont appelées à modifier fondamentalement la structure industrielle du secteur de l'automobile au Canada, car l'industrie verticalement intégrée de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces est appelée à fusionner avec la structure réseautée plus horizontale du secteur des TIC. Les véhicules CASE créent des possibilités d'expansion de la recherche et du développement (R-D) dans l'industrie de l'automobile, même si on ne saurait dire si le Canada pourra obtenir et maintenir des engagements en matière de R-D à la fois de sociétés internationales et nationales, sans un régime de politiques publiques durable, coordonné et de grande envergure pour soutenir de telles activités.

Malgré les répercussions profondes de l'électrification et le contenu amélioré des TIC dans les véhicules de demain, les véhicules CASE nécessiteront toujours des fournisseurs de pièces et de composants qui font actuellement partie intégrante du secteur de la construction automobile au Canada. En ce qui concerne le Canada, les répercussions de la transition vers les véhicules CASE sont tributaires de la façon dont les compagnies automobiles s'adapteront aux réseaux de production en évolution, et de l'obtention de mandats de production pour les nouvelles technologies et l'assemblage des véhicules au Canada, qui ont par le passé nécessité un soutien gouvernemental. La situation se complique encore du fait de l'incertitude qui entoure les répercussions potentielles des nouveaux accords commerciaux.

Le passage à des réseaux de production de véhicules CASE offrira également de nouvelles possibilités dans la fabrication (p. ex., la production et le recyclage des batteries, l'IA et les technologies des capteurs) et les services (p. ex., la gestion de parcs de véhicules et les services à la clientèle, le jeu, l'infodivertissement, les services financiers et les produits d'assurance). Pour que les entreprises de TIC établies au Canada tirent parti de toutes ces possibilités, elles devront surmonter les défis connus associés à la commercialisation de nouveaux produits innovateurs sur le marché mondial, ainsi que les défis particuliers associés à l'accès aux réseaux mondiaux de production de TIC liés à la production de véhicules CASE. Les entreprises de TIC devront également s'adapter aux différents calendriers, normes et attentes du secteur de l'automobile, et vice versa, afin de maintenir des relations durables.

Une gestion urbaine proactive aidera à s'assurer que les avantages des véhicules CASE seront réalisables

L'apparition des véhicules CASE sur les routes au Canada dans les 10 prochaines années et au-delà impliquera tous les ordres de gouvernement à travers toute une série de fonctions de l'État, et nécessitera la participation d'urbanistes, de commissions de transport et d'ingénieurs civils, entre autres. Il sera important pour les centres urbains qui font déjà face à des problèmes de congestion, de gestion des bordures de trottoir, et d'équilibre entre les véhicules commerciaux et personnels de planifier activement les répercussions potentielles des véhicules ayant des niveaux plus élevés d'automatisation, de connectivité, d'électrification et d'utilisation partagée. Cette préparation inclut des considérations relatives à la mise à niveau des infrastructures et à l'entretien, aux demandes des réseaux d'électricité et de communication, et aux modifications du tracé des rues afin de faire face à la demande accrue d'emplacements de ramassage et de dépôt pour les véhicules partagés et les services de livraison autonome.

La possibilité d'une augmentation des demandes de déplacement, d'une plus grande accessibilité et de véhicules circulant à vide de manière autonome pour prendre en charge des passagers ou livrer des marchandises peut augmenter le nombre global de kilomètres véhicules parcourus sur les voies urbaines et accroître les problèmes de congestion et de gestion de la circulation. Les véhicules CASE pourraient complémenter les transports en commun ou en diminuer l'achalandage, selon les décisions et les mesures prises à la fois par le public, et les urbanistes et les commissions de transport. La planification de la mobilité doit nécessairement prendre en compte les déplacements multimodaux (c.-à-d. les infrastructures pour les cyclistes et les piétons, les systèmes de transport en commun, les véhicules commerciaux et les véhicules personnels) et les décisions prises aujourd'hui qui auront une incidence sur leur commodité, leurs coûts et leur utilisation dans l'avenir. Les réductions de la congestion peuvent nécessiter des mécanismes d'intervention, comme l'instauration d'une tarification de la congestion, des incitatifs au conavettage, et la priorisation des infrastructures de transport en commun et de transport actif, tous étant indépendants des progrès dans la technologie automobile. La gestion proactive aidera à faire en sorte que les véhicules CASE améliorent la mobilité plutôt que de s'ajouter aux défis actuels.

Le développement de la technologie des véhicules CASE devancera les lois et règlements relatifs à la responsabilité du fait des produits et aux assurances au cours des 10 prochaines années

Des lois nouvelles ou modifiées seront probablement nécessaires pour traiter les questions de responsabilité dans les cas de collisions de véhicules qui font de plus en plus appel à des systèmes d'aide à la conduite complexes. À long terme, si les véhicules CASE réduisent le nombre de propriétaires de véhicules personnels, à mesure que le conavettage et l'autopartage deviennent de plus en plus répandus, les demandes d'assurance automobile personnelle pourraient diminuer et celles d'assurance automobile commerciale, augmenter. Les véhicules CASE pourraient finalement causer la consolidation de compagnies d'assurance et permettre l'introduction de nouveaux concurrents non traditionnels qui viendraient perturber l'industrie. Les coûts des assurances basées sur l'usage sont susceptibles d'augmenter parce que les données issues de la télématique seront utilisées pour distinguer la responsabilité du conducteur de la responsabilité automobile. Les conducteurs pourraient faire face à de nouveaux risques en matière de responsabilité s'ils ne suivent pas les protocoles appropriés à un niveau donné d'automatisation ou s'ils ne mettent pas à jour le logiciel du véhicule. L'analyse des données issues de la télématique pourrait permettre l'élaboration de profils de risque partagé (entre les systèmes d'aide à la conduite et les conducteurs humains), bien qu'on ne sache pas encore de quelle façon la responsabilité, la faute et les coûts seront partagés dans les cas où une erreur du conducteur et une défaillance technologique du véhicule ont toutes deux contribué à une collision.

Les avantages potentiels des véhicules CASE pour l'environnement et la santé dépendent davantage des comportements de mobilité que des progrès technologiques

Les comportements de mobilité qui réduisent le nombre total de kilomètres véhicules parcourus (p. ex., le conavettage, le transport actif, le transport en commun) sont essentiels à l'amélioration de la qualité de l'air, des problèmes de congestion et de la santé publique au Canada. La technologie des véhicules CASE peut favoriser l'amélioration de la qualité de l'air et la réduction des émissions de gaz à effet de serre; toutefois, les véhicules CASE pourraient également mener à une détérioration de la qualité de l'air, même avec une électrification accrue, s'ils engendrent une augmentation de la demande de déplacements et créent davantage de pollution causée par les pneus et l'usure des freins. Les véhicules CASE pourraient être bénéfiques pour la santé en réduisant les blessures et les

décès causés par les collisions de véhicules, mais uniquement avec des normes de sécurité strictes pour l'utilisation de ces véhicules, qui demanderont des efforts considérables pour la collecte, le groupage et l'analyse des données de conduite et de collision des systèmes d'aide à la conduite et des conducteurs humains. Les véhicules CASE pourraient également améliorer la sécurité des autres usagers de la route, comme les piétons et les cyclistes, en encourageant possiblement le transport actif; ils pourraient toutefois diminuer le niveau d'activité physique si les déplacements en véhicule autonome remplacent les déplacements qui auraient autrement été faits à pied ou en vélo. Pour pouvoir bénéficier des avantages sociétaux et environnementaux des véhicules CASE, il faudra bien plus que de nouvelles technologies; les gouvernements, les parties intéressées et le public devront également déployer des efforts soutenus et coordonnés pour changer les comportements de mobilité, concevoir des solutions de mobilité multimodales efficaces et réduire notre dépendance aux véhicules personnels.

Les véhicules entièrement autonomes ne sont pas encore disponibles — la technologie progresse, mais des défis restent à relever

Il subsiste une grande incertitude quant au niveau de déploiement des véhicules CASE au cours de la prochaine décennie. Dans l'hypothèse d'une résolution à court terme des problèmes technologiques et de l'élaboration de politiques et de règlements adéquats, des services de navettes autonomes et de taxis sans chauffeur pourraient être offerts aux consommateurs canadiens selon des scénarios limités, comme dans des noyaux urbains, dans les aéroports internationaux ou sur les campus. Toutefois, les défis technologiques sont importants et comprennent des restrictions relatives aux batteries, aux capteurs, à la gestion des données et à la sécurité, et à l'IA, particulièrement en ce qui concerne le fonctionnement par mauvais temps, la nuit, et à l'extérieur d'un itinéraire déterminé ou d'une zone délimitée virtuellement. Peu importe le degré de perfectionnement de la technologie, l'acceptabilité sociale est incertaine; l'utilisation d'un taxi sans chauffeur ou d'une navette autonome sera une expérience inédite pour la plupart des gens au Canada. La majorité des véhicules sur la route au cours de la prochaine décennie continueront d'être conventionnels, mais auront des niveaux graduellement plus élevés de SAC, d'électrification et de connectivité.

Les véhicules CASE génèrent des volumes sans précédent de données et de nouveaux types de données qui sont autant de menaces pour la protection des renseignements personnels et la cybersécurité des véhicules

Les volumes plus élevés et les nouveaux types de données générés par les véhicules CASE offrent une possibilité d'augmentation de la sécurité, de coordination de la mobilité et d'efficacité, et d'amélioration de l'accessibilité. Ces données ouvrent également la porte à de nombreuses occasions d'affaires pour les constructeurs automobiles, les fournisseurs de services de mobilité, les assureurs automobiles et d'autres intervenants du secteur privé. Cependant, les risques d'atteinte à la vie privée augmentent également, provenant non seulement d'acteurs malveillants ou d'abus personnels, mais également de l'accumulation progressive de pratiques apparemment anodines de collecte et d'utilisation des données par différents acteurs. Plusieurs types d'organisations peuvent avoir accès à différents types de données générées et colligées par les véhicules CASE, qui peuvent donner lieu à des revendications concurrentes concernant la propriété des mêmes données, sans façon évidente de régler ces différends. Les données recueillies ou générées au Canada peuvent être transmises et stockées à l'extérieur du pays, et consultées et utilisées par des entreprises et des gouvernements étrangers. Cela crée des enjeux législatifs et réglementaires liés à la protection des renseignements personnels et des données à l'échelle internationale. Les capacités technologiques de collecte de données et d'analyse des renseignements personnels surpassent actuellement les tentatives d'élaborer, pour protéger les renseignements personnels, des normes ou des règlements relatifs au consentement éclairé et à la collecte de données dans le contexte des véhicules CASE. Par ailleurs, il existe des considérations en matière de cybersécurité, des défis et des risques importants associés aux véhicules CASE. Des mesures de cybersécurité inadéquates peuvent poser des risques à la sécurité uniques, comme des cyberattaques qui prennent le contrôle de l'accélération et du changement de direction d'un véhicule, désactivent le véhicule ou ses capteurs, ou entraînent son dysfonctionnement. La conception de protocoles de sécurité compatibles avec différents véhicules et plateformes, et pouvant être appliqués, potentiellement, à des millions de véhicules, représente un défi.

Les répercussions potentielles des véhicules CASE présentent de multiples dimensions et sont liées entre elles, ce qui nécessitera des initiatives horizontales et coordonnées

L'interconnectivité des systèmes de mobilité touche tous les aspects de la vie des gens et tous les ordres de gouvernement, et l'incidence possible des véhicules CASE est profonde. Une partie du défi de prévoir les répercussions des véhicules CASE sur l'économie canadienne, l'environnement et les gens réside dans le fait que bon nombre de ces répercussions seront déterminées par les décisions collectives de nombreux acteurs, que ces décisions soient prises de manière coordonnée ou non, et possiblement contradictoire. Les décisions de réglementation et d'investissement des autorités municipales, provinciales, territoriales et fédérales, prises en concertation avec les entreprises, les organisations non gouvernementales et les communautés locales, définiront la trajectoire du développement des véhicules CASE. À titre d'exemple, le système d'éducation a intérêt à prédire les compétences et la formation nécessaires pour garantir la réussite professionnelle dans l'avenir, ce qui inclut de considérer les écoles élémentaires et secondaires, de même que les programmes et curriculums collégiaux et universitaires. Le soutien d'une main-d'œuvre productive au Canada apportera également son lot de planification et d'investissements pour aider les travailleurs dont les emplois risquent de disparaître alors que les installations de production passent elles-mêmes à des niveaux d'automatisation plus élevés. De plus, la demande de formation et d'acquisition de compétences particulières se modifiera si des emplois de chauffeurs sont perdus et si la demande pour la maintenance des parcs de véhicules, la gestion des stocks ou d'autres services augmente. Le déploiement des véhicules CASE mettra également en lumière des problèmes de connectivité dans les régions rurales et aura des répercussions dans des domaines aussi divers que les arts, les divertissements et les médias d'information; la construction et l'entretien des routes; le réseau de distribution d'électricité; le marché des pièces de rechange et des services après-vente; les dispositifs prêts-à-porter et les accessoires de mode; et tous les types d'aspects apparemment obscurs ou non liés au quotidien des gens. Les répercussions du déploiement des véhicules CASE sont encore lointaines et seront tributaires du développement de technologies non encore concrétisées, ainsi que d'un renouvellement de la propriété des véhicules personnels qui prendra probablement des décennies. C'est tout un défi d'établir des limites précises aux répercussions lorsque la mobilité façonne les décisions relatives à quand, où, comment et avec qui nous vivons, travaillons et jouons.

Sommaire

La réalisation complète de la promesse des véhicules CASE d'améliorer la sécurité, de diminuer les temps de trajet, de réduire les émissions et de stimuler l'économie dépend de la mesure dans laquelle l'industrie, les Canadiens et les gouvernements font face aujourd'hui aux défis et possibilités potentiels. Les problèmes qui freinent le développement et le déploiement des véhicules CASE sont complexes. Leur résolution exigera des interactions et des prises de décisions coordonnées entre les autorités gouvernementales compétentes à tous les niveaux, ainsi qu'avec les acteurs de l'industrie, les associations et les organisations internationales concernés. Même si l'avenir de la technologie des véhicules autonomes est incertain, les décisions prises aujourd'hui influeront sur l'adoption des véhicules CASE au cours des 10 à 30 prochaines années.

Un grand nombre des défis dont fait état le présent rapport ne sont pas nécessairement spécifiques aux véhicules CASE. Le fait de s'attaquer aux risques liés à la protection des renseignements personnels et à la cybersécurité en améliorant la sécurité de nos appareils connectés et en adoptant des règlements plus rigoureux en matière de protection des renseignements personnels permettra non seulement de mieux préparer le Canada aux véhicules CASE de demain, mais également d'atténuer ces mêmes risques dans l'utilisation quotidienne de nombreuses autres technologies dépendantes d'un réseau. Qui plus est, les avantages économiques, sociaux et environnementaux d'une plus grande accessibilité pourraient être difficiles à concrétiser sans politiques et règlements qui soutiennent l'équité dans les transports et l'intégration d'options de transport en commun et de transport actif aux services de mobilité. Les véhicules CASE présentent à la fois des défis à relever et des occasions à saisir pour l'industrie canadienne, les gouvernements et les personnes au Canada, non pas individuellement, mais de manières étroitement liées, qui nécessiteront une gouvernance efficace au sein et à l'échelle du gouvernement, de l'industrie et du public.

Tableau 1 Domaines présentant des possibilités et des défis pour le développement et le déploiement des véhicules CASE au Canada au cours des 10 prochaines années

Industrie

Fabrication de véhicules automobiles et de pièces	Technologies de l'information et des communications (TIC)	Mobilité partagée
Transition des fabricants et fournisseurs de pièces vers la R-D axée sur les TIC	Intégration de nouvelles entreprises et technologies dans les réseaux d'approvisionnement automobile	Marchés en croissance et possibilités d'expansion des services dans les régions urbaines
Mandats de production de véhicules CASE et de leurs composants, essentiels à la pertinence à long terme des fabricants et des fournisseurs canadiens	R-D et expansion des nouvelles technologies (p. ex., IA, systèmes d'exploitation, capteurs)	Entrée sur le marché de nouvelles entreprises, incluant des constructeurs automobiles
Éducation, formation et recyclage de la main-d'œuvre afin qu'elle acquière les compétences requises pour la production et l'entretien des véhicules CASE	Nouveaux créneaux de possibilités (p. ex., infodivertissement, services financiers)	Partenariats public-privé (p. ex., entre commissions de transport, administrations municipales et entreprises privées)
Transition vers de nouveaux créneaux de possibilités (p. ex., recyclage des batteries, composants IA), importante pour atténuer l'incidence de l'obsolescence des MCI et des fabricants de pièces connexes		

(continue)

(a continué)

Gouvernement

Fédéral	Provincial et territorial	Municipal
Politique en matière d'innovation et stratégies d'investissement afin de tenir compte du rôle du Canada dans l'économie des véhicules CASE	Politique en matière d'innovation et stratégies d'investissement afin de tenir compte du rôle du Canada dans l'économie des véhicules CASE	Règlements sur la circulation routière, le stationnement et l'accès aux bordures de trottoir pour faire face à la part croissante des véhicules CASE
Accords commerciaux afin de clarifier les relations pour les entreprises et investisseurs internationaux	Stratégies de soutien et de transition pour les économies régionales vulnérables aux changements dans le secteur automobile	Planification, modernisation et entretien des infrastructures pour assurer l'utilisation sécuritaire des véhicules CASE
Lignes directrices en matière de sécurité des véhicules et normes pour les nouvelles technologies	Modifications de la réglementation en matière d'assurances, de code de la route, de formation des conducteurs et d'octroi de permis de conduire pour faire face au niveau croissant d'automatisation	Planification et réglementation des transports et de la mobilité (c.-à-d. intégration de plusieurs services)
Harmonisation de la réglementation canadienne relative au secteur de l'automobile et aux TIC avec celle des États-Unis	Planification, modernisation et entretien des infrastructures pour assurer l'utilisation sécuritaire des véhicules CASE	Décisions en matière d'urbanisme et de zonage (p. ex., densité urbaine, accès au transport en commun)
Investissements, normes et règlements liés à l'infrastructure des communications (y compris la confidentialité des données)	Éducation et formation pour assurer le développement d'une main-d'œuvre qualifiée dans le secteur des véhicules CASE ainsi que dans de nouveaux créneaux de possibilités	Partenariats public-privé et nouvelles sources de revenus (p. ex., tarification de la congestion routière)
Normes sur la pollution de l'environnement et la qualité de l'air tenant compte des nouvelles technologies	Normes sur la pollution de l'environnement et la qualité de l'air tenant compte des nouvelles technologies	Possibilités de mobilité en tant que service (MaaS) (p. ex., intégration d'offres multiples)
Investissement dans l'infrastructure pour soutenir un accès équitable dans toutes les communautés (p. ex., connectivité des régions rurales)		

Abréviations

CASE	autonome, connecté, électrique et partagé (véhicule)
CDCD	système de communication dédiée à courte distance
FEO	fabricant d'équipement d'origine (constructeur automobile)
IA	intelligence artificielle
KVP	kilomètres véhicules parcourus
LIDAR	détection et télémétrie par ondes lumineuses
MaaS	mobilité en tant que service
MCI	moteur à combustion interne
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration (États-Unis)
SAAC	système avancé d'aide à la conduite
SAC	système d'aide à la conduite
SCA	système de conduite automatisée
TIC	technologies de l'information et des communications
VCA	véhicule connecté et autonome
VÉ	véhicule électrique
V2_	communication véhicule à _, peut être : V2V (véhicule à véhicule), V2I (véhicule à infrastructure), V2X (véhicule à tout)

Table des matières

1 Introduction 1

1.1 Mandat et portée 4

1.2 Approche et données probantes 7

1.3 Structure du rapport 10

2 Justification des véhicules CASE 11

2.1 Véhicules connectés 14

2.2 Véhicules autonomes 17

2.3 Véhicules partagés 29

2.4 Véhicules électriques 35

2.5 Séquence d'adoption des véhicules CASE 37

2.6 Résumé 45

3 Véhicules CASE et industrie 46

3.1 Fabrication de véhicules automobiles et de pièces 50

3.2 Industrie des VÉ 56

3.3 Industrie des services de mobilité 60

3.4 Industrie des TIC 64

3.5 Marché du travail 68

3.6 Résumé 69

4 Assurance et responsabilité 70

4.1 Véhicules CASE et détermination de responsabilité et de faute 72

4.2 Répercussions des véhicules CASE sur la demande et les coûts des assurances automobiles 78

4.3 Nouveaux modèles d'affaires pour l'industrie des assurances automobiles 81

4.4 Répercussions des données des véhicules CASE sur les assurances 85

4.5 Résumé 89

5 Données, protection de la vie privée et cybersécurité . . 90
5.1 Applications des données des véhicules CASE 92
5.2 Répercussions des données des véhicules CASE sur la protection de la vie privée 102
5.3 Lois, règlements et ententes commerciales touchant la protection des données 108
5.4 Cybersécurité et véhicules CASE. 115
5.5 Résumé 121

6 Planification de la mobilité 122
6.1 Mobilité personnelle 124
6.2 Politiques de transport et urbanisme 133
6.3 Accessibilité et équité des transports 144
6.4 Circulation et transport urbain des marchandises 151
6.5 Sommaire 155

7 Santé et bien-être 156
7.1 Environnement 158
7.2 Sécurité routière 167
7.3 Activité physique. 175
7.4 Sommaire 177

8 Véhicules CASE et mobilité partagée au Canada 178
8.1 Industrie 182
8.2 Gouvernements. 185
8.3 Population canadienne 191
8.4 Réflexions finales du comité d'experts 194

Postface 196

Références 200

1

Introduction

1.1 Mandat et portée
1.2 Approche et données probantes
1.3 Structure du rapport

Les véhicules connectés et autonomes (VCA) sont susceptibles d'entraîner une révolution dans le domaine du transport et de procurer une vaste gamme d'avantages sociaux et économiques. Par exemple, certains experts prévoient que les véhicules autonomes pourraient réduire de façon importante les décès sur les routes au Canada (Godsmark *et al.*, 2015). Les VCA ont le potentiel de contribuer à un système de transport plus efficace, efficient et intégré, qui réduira la congestion routière et les collisions, et comportera plus d'options en matière de mobilité. Ces véhicules pourraient améliorer l'équité et l'accessibilité du transport pour les aînés, les enfants et les jeunes, les personnes à mobilité réduite et celles qui habitent dans des régions mal desservies. Les VCA présentent également de nouvelles occasions d'affaires pour l'industrie, notamment en ce qui concerne le développement de logiciels, les services de mobilité partagée, l'infodivertissement et l'infrastructure. On prévoit une croissance du marché mondial des VCA de plus de 18 % entre 2020 et 2025 (Research and Markets, 2020). Le Canada est bien placé pour tirer profit de cette expansion grâce à ses forces dans les domaines de la construction automobile et des technologies de l'information et des communications (TIC).

Dans ce rapport, le terme « *autonome* » est employé pour décrire un objet (p. ex., les véhicules *autonomes*), et le terme « automatisé », pour décrire un processus ou une action (p. ex., la conduite automatisée).

Bien qu'ils comportent d'importants avantages, les VCA présentent aussi plusieurs défis. Par exemple, l'émergence de ces véhicules stimulera la demande de travailleurs dans le domaine des TIC, mais d'autres emplois, notamment ceux qui nécessitent des conducteurs humains, seront probablement éliminés progressivement et finiront par disparaître. En effet, les VCA perturberont probablement un grand nombre d'industries, comme le secteur de l'automobile (y compris les fabricants d'équipement d'origine (FEO), les fabricants de pièces, les fournisseurs de pièces de rechange, les concessionnaires et les services de réparation); les services de transport, comme les services de voiturage et de partage de véhicules; les services de camionnage et de livraison; les TIC; les assurances; et les banques et les services financiers. En raison de ces défis,

de nouveaux modèles d'affaires deviendront nécessaires. Les énormes quantités et les nouveaux types de données générées et colligées par les entreprises de véhicules connectés susciteront d'importants risques liés à la protection de la vie privée et à la cybersécurité. Il faudra dès lors assurer l'harmonisation des normes de fabrication et de sécurité avec les partenaires commerciaux mondiaux, notamment les États-Unis. L'environnement naturel du Canada pose par ailleurs des défis techniques. Les temps froids et enneigés peuvent gêner le fonctionnement des capteurs et réduire la durée de vie des batteries, et les collectivités rurales et éloignées connaissent déjà des difficultés en ce qui concerne la connectivité et la modernisation des infrastructures, deux éléments potentiellement essentiels afin de permettre la conduite entièrement automatisée.

Pour se préparer aux répercussions, profiter des avantages potentiels et surmonter les défis mentionnés précédemment, tous les ordres de gouvernement auront un rôle majeur à jouer dans l'élaboration de politiques et de règlements relatifs aux VCA, ainsi que dans le soutien à la recherche et à l'innovation dans l'industrie. En 2020, le Canada figurait au 12e rang parmi 30 pays selon l'Indice de préparation aux véhicules autonomes de KPMG. On y indiquait que le Canada accusait un retard par rapport à des pays comparables, notamment en matière d'infrastructure, de technologie et d'innovation, de même que d'acceptation par les consommateurs (KPMG, 2020a). De plus, le rapport du Comité sénatorial permanent des transports et des communications portant sur les VCA concluait en 2018 que « le Canada n'est pas prêt à affronter l'évolution fulgurante des transports » (CSPTC, 2018).

En matière de technologie et de mobilité, la transition des véhicules personnels conduits manuellement aux véhicules autonomes, connectés, électriques et partagés (CASE) représente une révolution qui pourrait largement améliorer la sécurité des véhicules, l'équité dans les transports, la qualité de l'environnement et les conditions de vie. À l'inverse, véhicules CASE pourraient aggraver la congestion routière, accroître les iniquités relatives au transport et empirer la qualité de l'air. Concrétiser ces avantages, tout en évitant les désavantages, nécessitera que les gouvernements, l'industrie et la population canadienne fournissent leur soutien et leurs conseils pour parvenir à un transport pratique, abordable, sain et sécuritaire pour tous.

1.1 Mandat et portée

Reconnaissant le potentiel transformateur des nouvelles technologies et des tendances dans le domaine du transport, Innovation, Sciences et Développement économique Canada a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) de rassembler un comité d'experts pour réaliser une évaluation faisant autorité et fondée sur des données probantes afin de connaître les possibilités, les défis et les répercussions liés aux VCA et à la mobilité partagée au Canada. Plus précisément, il a été demandé au CAC de répondre à la question et aux sous-questions suivantes :

À la lumière des tendances actuelles influençant l'évolution des technologies liées aux véhicules connectés et automatisés et à la mobilité partagée, quelles incidences ces technologies auront-elles sur l'industrie, les gouvernements et la population en général au Canada, et quels types de possibilités et de défis présenteront-elles pour eux?

- Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur la population canadienne?
- Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur les industries canadiennes, y compris l'industrie automobile ainsi que d'autres industries qui pourraient être touchées par les tendances technologiques et l'évolution des modèles d'affaires? Incluez des possibilités pour les industries canadiennes.
- Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur les politiques et les règlements gouvernementaux au Canada?

Pour remplir sa mission, le CAC a formé un comité multidisciplinaire composé de 12 experts dans le but d'équilibrer les points de vue universitaire et industriel de partout au Canada. Pour aborder le large éventail des répercussions possibles des VCA, les membres du comité d'experts ont mis à contribution leurs connaissances dans les domaines de l'ingénierie informatique, électrique, civile et mécanique; des sciences environnementales; de la kinésiologie; des sciences politiques; de la géographie; de l'éthique; et des industries de l'automobile, des TIC et de la mobilité partagée. Chaque membre du comité y a participé en tant que personne informée plutôt qu'à titre de représentant d'une discipline, d'un organisme, d'une région ou d'un ensemble de valeurs spécifique. Le comité s'est réuni en personne et par vidéoconférence cinq fois de juin 2019 à juillet 2020.

Le comité a concentré ses discussions sur les répercussions des VCA en formulant l'hypothèse que la technologie progresse vers un avenir dans lequel les véhicules ne seront pas seulement connectés et autonomes, mais aussi partagés et électriques (véhicules CASE). Par exemple, les répercussions qu'auront les premiers (et probablement coûteux) véhicules autonomes sur les utilisateurs canadiens dépendront largement de leur seule disponibilité soit pour l'achat personnel, soit pour le partage de véhicules, soit pour les parcs de véhicules commerciaux qui offriront des services de voiturage. Dans ce même ordre d'idées, les répercussions de ces véhicules sur l'industrie dépendront de la décision des constructeurs automobiles de changer ou non leur modèle d'affaires consistant à fabriquer et à vendre des produits pour offrir plutôt des services de mobilité. C'est pourquoi, compte tenu des coûts élevés des nouvelles technologies, de l'intérêt qu'expriment les services de voiturage pour les véhicules autonomes, de la transition vers l'électrification des véhicules et de la croissance du secteur de la mobilité partagée, le comité présume que les VCA seront également partagés et électriques. Si cette hypothèse constitue la base des discussions sur les répercussions potentielles (figure 1.1), elle ne représente pas ce que le comité prévoit en matière d'utilisation future de ces technologies. Le comité souligne qu'il y a beaucoup d'éléments incertains par rapport à cette hypothèse, indiqués dans le texte le cas échéant.

Les véhicules autonomes peuvent aider à rendre les **routes plus sécuritaires** et **accessibles** et **l'air plus propre** pour la population canadienne.

La **connectivité** favorise la sécurité et l'efficience en assurant une connexion entre les véhicules et les piétons, les infrastructures, les services de mobilité partagée et les autres véhicules.

La conduite **automatisée** peut améliorer la sécurité routière et favoriser des services de mobilité partagée efficients et abordables.

L'**électrification** des véhicules peut réduire les émissions, mais pour rendre l'air plus propre, il faut également réduire la congestion routière en favorisant les **déplacements partagés** (covoiturage), le transport actif et le transport en commun.

La réalisation de ces avantages repose sur la combinaison des attributs des **véhicules autonomes, connectés, électriques** et **partagés.**

Figure 1.1 Avantages clés des véhicules CASE pour les utilisateurs au Canada

Les véhicules autonomes, connectés, électriques et partagés (CASE) peuvent offrir plusieurs avantages aux utilisateurs canadiens, notamment une sécurité accrue, une mobilité plus efficace et abordable, une meilleure qualité de l'air et une congestion routière réduite. Toutefois, ces avantages reposent sur la combinaison des attributs de ces quatre caractéristiques, ainsi que sur les décisions prises en matière de politiques publiques par tous les ordres de gouvernement.

Dès le début du processus d'évaluation, le comité a rencontré le commanditaire pour mieux comprendre le mandat et recevoir des précisions additionnelles sur sa portée. Ce rapport ne tient pas compte des véhicules aériens (p. ex., les drones) et n'examine pas en profondeur la question des véhicules de transport en commun autonomes (p. ex., les autobus et les trains). Il présente plutôt une évaluation objective des données actuelles sur les répercussions sociales, économiques et environnementales des véhicules CASE au Canada, qui comprend les répercussions sur l'utilisation du transport en commun et les modes de transport, l'industrie et les modèles d'affaires, la vie privée et la cybersécurité, et la santé et l'équité. Afin de fixer des limites à la discussion sur ces répercussions, certains secteurs associés aux véhicules CASE, comme l'extraction et la distribution du pétrole, le transport aérien, les services hôteliers et les services de détail, ont été exclus de la portée de l'évaluation.

Alors que les délibérations du comité étaient entamées depuis longtemps, le monde a connu l'émergence planétaire de la COVID-19, ce qui a soulevé d'importantes questions au sujet des effets potentiels de la pandémie sur les hypothèses et les résultats du rapport. Le comité a reconnu que la pandémie aura sans doute des conséquences importantes pour les véhicules CASE, mais il estime aussi qu'il n'existe pas suffisamment de données fiables pour justifier l'ajout de ces conséquences dans le rapport au moment de la publication. Toutefois, le comité a convenu que la gravité et l'étendue de celles-ci seront probablement importantes, et il a donc inclus un compte rendu des premières discussions sur ce sujet à la fin du rapport (postface).

1.2 Approche et données probantes

Dans son évaluation des répercussions des véhicules CASE au Canada, le comité a reconnu l'incertitude inhérente associée à la projection vers l'avenir, surtout lorsque l'on tient compte du rythme de l'évolution technologique. Pour minimiser cette incertitude, le comité a adopté un horizon de dix ans, sachant qu'une telle perspective correspond bien aux priorités du commanditaire en matière de planification des politiques publiques et de prise de décisions. Toutefois, beaucoup des répercussions importantes qu'auront les véhicules CASE ne seront pas connues avant longtemps. Nous ne verrons peut-être pas les changements en matière d'habitudes de transport, de possession de véhicules, de systèmes de transport, d'environnement urbain et de dynamique sociale avant le déploiement à grande échelle des véhicules automatisés (c.-à-d. à l'extérieur des zones centrales géographiquement limitées), ce qui pourrait n'avoir lieu que dans 30 ans.

Au cours des dix prochaines années, toutefois, les gouvernements devront prendre des décisions concernant l'anticipation et l'arrivée précoce des véhicules CASE sur les routes canadiennes. À cette fin, le comité a examiné les répercussions sur les domaines de politiques publiques essentielles au développement et au déploiement des véhicules CASE : l'industrie, y compris le secteur de l'automobile, les TIC et les assurances; la cybersécurité et la protection des données et de la vie privée; la mobilité et la planification urbaine; l'environnement; ainsi que la sécurité et le bien-être de la population canadienne.

Dans sa détermination des données pertinentes, le comité a surtout mis l'accent sur les véhicules à automatisation conditionnelle, élevée ou complète (classification de la Society of Automotive Engineers (SAE), niveaux 3 à 5; voir le tableau 2.1). Voici les cinq types de données examinées :

- la littérature provenant de publications évaluées par les pairs, de rapports, et de documents gouvernementaux accessibles au public, et la littérature grise[1];
- les données quantitatives et qualitatives tirées de diverses sources, notamment Statistique Canada, Transports Canada et d'autres organismes comparables dans d'autres administrations;
- l'étude primaire sous forme d'entretiens semi structurés avec des experts de l'industrie et des groupes d'intervenants, menés dans le but d'obtenir davantage d'informations pour compléter celles tirées des données et des documents publiés;
- les communiqués de presse et les reportages qui diffusent les dernières informations sur les nouvelles technologies automobiles et les technologies émergentes; et
- l'expertise des membres du comité d'experts et les observations qui ont découlé de leurs discussions.

Il est à noter que le terme général « véhicule CASE » est utilisé dans ce rapport partout où c'est possible, même si les sources citées peuvent employer des termes spécifiques pour faire référence à une ou plusieurs des caractéristiques du véhicule (p. ex. : VCA ou véhicules autonomes partagés). Le terme « VCA » est utilisé dans les contextes où le terme « véhicule CASE » ne serait pas approprié.

1 La *littérature grise* désigne les divers types de documents, produits par les gouvernements, les universités, les industries ou d'autres organismes, qui n'ont pas été publiés commercialement ni formellement.

L'incertitude à propos des technologies et d'autres tendances clés concernant le développement et le déploiement des véhicules CASE au Canada fait en sorte qu'il est difficile d'en prévoir les répercussions. De plus, il peut être compliqué d'évaluer la qualité et la crédibilité relatives des répercussions prévues ou possibles en raison de la diversité des disciplines, des secteurs et des intervenants desquels cette évaluation tire ses données. Le comité d'experts a retenu seulement les documents et les études de qualité suffisante selon certains ou la totalité des critères suivants :

- **Évaluation par les pairs :** Le comité d'experts a favorisé les publications ayant été évaluées par les pairs. Toutefois, certains publications examinés n'ont pas recours à l'évaluation par les pairs (p. ex., les rapports de l'industrie). C'est pourquoi ce critère n'est pas requis pour l'inclusion parmi les données consultées.
- **Transparence :** La description de la méthodologie ou du raisonnement des auteurs est-elle claire et détaillée? Présentent-ils leurs hypothèses? Existe-t-il des conflits d'intérêt? Les auteurs précisent-ils le niveau d'incertitude associé à leurs prédictions?
- **Représentation :** La taille et la portée de l'échantillon étudié sont considérées au moment d'évaluer la qualité des interprétations tirées d'une étude.
- **Source et méthodologie :** Les prédictions sont-elles basées sur une seule source, ou a-t-on consulté plusieurs sources (entretiens, sondages, exemples, etc.)? Les méthodes utilisées sont-elles conformes aux normes de pratique du domaine? Si non, la justification quant à la méthodologie privilégiée est-elle claire et raisonnable?
- **Expertise :** À quel point les auteurs qui expriment leurs opinions et prédictions au sujet de l'avenir ont-ils des connaissances ou de l'expérience en la matière, ou sont-ils reconnus dans le domaine? Quels sont leurs champs d'expertise précis?
- **Concordance :** Les prévisions ou les opinions sont-elles appuyées par plusieurs sources crédibles?

1.3 Structure du rapport

L'arrivée des véhicules CASE sur les voies publiques au Canada est inévitable, malgré l'incertitude quant au moment de leur arrivée. D'une certaine façon, on assiste déjà aujourd'hui à leur émergence **(chapitre 2)**. Ce rapport examine les domaines clés de leurs répercussions sur l'industrie, le gouvernement et la population : les véhicules CASE et l'industrie **(chapitre 3)**; les assurances et la responsabilité **(chapitre 4)**; la protection des données et de la vie privée, et la cybersécurité **(chapitre 5)**; la planification de la mobilité **(chapitre 6)**; ainsi que la santé et le bien-être **(chapitre 7)**. Le **chapitre 8** comprend une synthèse des réponses du comité aux questions d'évaluation et présente des réflexions sur l'avenir de la mobilité au Canada.

2

Justification des véhicules CASE

2.1 Véhicules connectés
2.2 Véhicules autonomes
2.3 Véhicules partagés
2.4 Véhicules électriques
2.5 Séquence d'adoption des véhicules CASE
2.6 Résumé

La connectivité, la conduite automatisée, la mobilité partagée et l'électrification sont des tendances en matière de technologie et d'utilisation des véhicules qui se développent en parallèle. En théorie, on pourrait développer chacune d'entre elles individuellement (p. ex., les véhicules automatisés ne nécessitent pas de groupe motopropulseur électrique, et la mobilité partagée n'exige pas l'automatisation des véhicules), mais en pratique, ces tendances sont souvent interreliées (p. ex., les constructeurs automobiles développent des véhicules autonomes qui sont également connectés et électriques). Pour faciliter leurs délibérations, les membres du comité d'experts ont adopté l'hypothèse selon laquelle les VCA seront également partagés et électriques.

Hypothèses du comité : pourquoi les véhicules CASE et non les VCA?

Les véhicules autonomes seront également connectés. Même s'ils devront pouvoir fonctionner de façon sécuritaire en cas de perte de connectivité, les véhicules autonomes fonctionnent de façon plus efficace lorsqu'ils sont en communication avec les éléments de leur environnement, comme les autres véhicules, les piétons et l'infrastructure. De plus, un certain degré de connectivité est nécessaire afin d'effectuer les mises à jour des logiciels, des données de navigation et d'autres services.

Les véhicules connectés et autonomes seront initialement partagés. Un modèle d'affaires misant sur les véhicules personnels pourrait ne pas convenir aux VCA, car ceux-ci seront, dans un premier temps, probablement inabordables pour la plupart des consommateurs. Toutefois, les organisations offrant des services de mobilité partagée pourraient être mieux équipées pour assumer les coûts d'achat initiaux des VCA, en raison des économies projetées relativement aux coûts d'exploitation.

Les véhicules connectés, autonomes et partagés seront également électriques. L'électrification des parcs de véhicules est une tendance actuelle qui se poursuivra en raison des pressions politiques, sociales et environnementales exercées dans le but de réduire notre dépendance envers les combustibles fossiles.

(Continue)

(a continué)

Dans les 10 prochaines années, on verra l'arrivée des véhicules CASE sur les routes canadiennes dans des conditions géographiques et opérationnelles limitées. Un plus grand nombre de véhicules seront munis de systèmes avancés d'aide à la conduite et de groupes motopropulseurs hybrides ou électriques. De nouvelles options en matière de services de mobilité incluront probablement les navettes à basse vitesse sans conducteur et les taxis sans chauffeur dans les zones urbaines densément peuplées ou sur des propriétés privées (p. ex., les principales zones de service, les aéroports et les campus).

On s'attend à ce que les véhicules CASE soient une technologie du transport perturbatrice qui sera profitable à la société, changera les habitudes de transport et améliorera le rendement des réseaux de transport (Fagnant et Kocklman, 2015; Burns et Shulgan, 2018; Herrmann *et al.*, 2018). Puisqu'un grand nombre des défis, possibilités et répercussions associés aux véhicules CASE (p. ex., des changements relatifs aux emplois de chauffeur, à la congestion routière et au nombre de décès sur les routes) dépendront de l'adoption à grande échelle de ceux-ci, il est nécessaire d'établir des estimations crédibles quant au moment et à l'ampleur de la diffusion des véhicules CASE sur le marché pour élaborer et mettre en œuvre les politiques et les règlements appropriés.

Pour prévoir le déploiement des véhicules CASE sur les routes canadiennes, il faut déterminer quand l'on pourra surmonter les limites techniques (p. ex., la durée de vie des batteries, l'intelligence artificielle (IA) et la capacité des réseaux) et les contraintes sociales (p. ex., l'acceptabilité, la confiance et l'abordabilité). Un facteur qui complique les prédictions est le potentiel de changement rapide ou de ralentissement de la croissance provoqué par des perturbations politiques, économiques ou sociales non anticipées. Une défaillance à grande échelle des véhicules CASE ou des cyberattaques contre ceux-ci, avec blessures et décès, pourraient freiner le déploiement prochain de cette technologie et en compromettre l'acceptabilité sociale. Plutôt que de se concentrer sur un calendrier précis, le présent chapitre présente les observations du comité d'experts à propos des projets pilotes et des activités commerciales actuellement en cours en abordant chacune des caractéristiques des véhicules CASE et leurs possibles répercussions dans les 10 prochaines années.

2.1 Véhicules connectés

Les véhicules connectés sont présents sur la route depuis plus de 20 ans. La société General Motors (GM) a présenté pour la première fois son système OnStar en 1996. À l'aide de la technologie de communication par satellite, ce système permettait de déverrouiller à distance les portes à verrouillage électrique d'une voiture dans l'éventualité où le conducteur oublierait ses clés à l'intérieur (Fleming, 2015). Grâce aux versions subséquentes de ce système et aux développements réalisés par plusieurs constructeurs automobiles, les véhicules peuvent maintenant communiquer l'endroit où une collision a eu lieu et fournir des données de navigation, toujours à l'aide de satellites (Fleming, 2015). Des solutions télématiques à base de téléphones intelligents ont aussi été mises à l'essai dans les véhicules et on les utilise depuis plus d'une décennie à l'échelle internationale, par exemple dans le domaine des assurances ainsi que dans celui de la surveillance et de la gestion de la circulation routière (Wahlström *et al.*, 2017). La première utilisation au Canada de solutions télématiques par une société d'assurance automobile a eu lieu en 2013 (BAC, 2017). En 2014, les premiers véhicules munis de solutions de connectivité intégrées de quatrième génération fondées sur la technologie d'évolution à long terme (4G-LTE) sont arrivés sur le marché dans le monde entier. Ces technologies permettaient à la voiture même de créer un point d'accès Wi-Fi pour fournir une connexion Internet à d'autres appareils (Fleming, 2015). Jusqu'à tout récemment, l'option de la connectivité dans les véhicules personnels était habituellement une fonctionnalité spécialisée réservée aux modèles haut de gamme (Gogolek, 2019). Les véhicules connectés sont toutefois maintenant largement répandus et deviennent même omniprésents.

2.1.1 Connectivité dans les 10 prochaines années

On utilise la connectivité dans les véhicules grand public existants à des fins d'infodivertissement (c.-à-d. d'information et de divertissement), de communication, de navigation, de télédiagnostic et d'alerte aux services d'urgence (Lawson *et al.*, 2015). Ces services sont habituellement fournis à l'aide du réseau cellulaire existant et beaucoup d'entre eux fonctionnent à l'aide d'une connexion avec le téléphone intelligent du conducteur. Toutefois, il est probable que, dans l'avenir, les systèmes de conduite automatisée se serviront de la communication de type *véhicule à tout* (V2X) pour transmettre de l'information aux autres véhicules, aux infrastructures routières, aux piétons, aux cyclistes et même aux réseaux électriques, ainsi que pour en recevoir (encadré 2.1).

Encadré 2.1 Types de communication V2X

Véhicule à tout (V2X) est un terme polyvalent qui englobe une variété d'applications de communication des véhicules connectés, y compris les suivantes :

Véhicule à véhicule (V2V) : Communication entre deux véhicules dans le but de fournir des données de capteurs complémentaires et redondantes, et de coordonner le comportement des véhicules.

Véhicule à infrastructure (V2I) : Communication avec les infrastructures routières (p. ex., feux de circulation, panneaux de signalisation, carrefours, passages pour piétons). La communication V2I nécessitera l'installation et le déploiement d'un très grand nombre de points d'accès au réseau que l'on appelle « unités de bord de route ».

Véhicule à réseau (V2N) : Communication avec des réseaux sans fil pour partager de l'information routière, téléphoner aux services d'urgence et offrir de l'infodivertissement. La communication V2N repose sur l'infrastructure du réseau cellulaire.

Véhicule à piéton (V2P) : Communication avec les piétons à des fins d'avertissements de détection et de proximité, ainsi que pour réserver un véhicule partagé. La communication V2P nécessitera la connexion au téléphone mobile ou à tout autre appareil portable du piéton.

Véhicule à réseau électrique (V2G) : Communication avec un réseau électrique dans le but de recharger un véhicule électrique.

Keysight (2018), McQuinn and Castro (2018), Steadman and Huntsman (2018)

La connectivité facilite la conduite automatisée en permettant aux véhicules (i) de vérifier la justesse de l'information fournie par les capteurs intégrés en la comparant à une source externe et (ii) d'accroître les capacités de perception du véhicule en lui fournissant des données sur l'environnement hors de la portée de ses propres capteurs (CSPTC, 2017c). De plus, les technologies des véhicules connectés (TVC) pourraient permettre aux véhicules de transmettre à tout autre véhicule connecté de l'information au sujet de leur position et de leur vitesse, de leurs mouvements prévus et de l'emplacement d'objets dans leur environnement immédiat. On pourrait transmettre cette information directement (par la communication V2V, si l'autre véhicule est à proximité) ou indirectement, par le biais de l'infrastructure (V2I) ou d'un réseau sans fil (V2N). Les TVC pourraient donc permettre aux véhicules de coordonner leur déplacement afin d'assurer une circulation routière plus efficiente et d'aider à éviter les collisions (McQuinn et

Castro, 2018; Shladover, 2018; Narayanan *et al.*, 2020). De plus, dans les cas de défaillance de capteurs, on pourrait se servir des données colligées par les capteurs d'un autre véhicule afin de guider le véhicule touché en toute sécurité (un type de redondance de sécurité que l'on appelle « virtualisation des capteurs », ou *sensor virtualization* en anglais (Anderson *et al.*, 2016)). Les TVC pourraient également être utilisées pour la conception de véhicules qui répartissent les tâches de conduite entre l'infrastructure et le véhicule (CSPTC, 2017c), et peut-être même des serveurs infonuagiques.

Les véhicules connectés seront munis de la technologie CDCD, 5G, ou des deux

Les deux technologies de communication principales que l'on verra dans les véhicules connectés de l'avenir sont les systèmes de communication dédiée à courte distance (CDCD) et les réseaux de cinquième génération (5G) (McQuinn et Castro, 2018; CSPTC, 2018). Il n'y a pas de consensus au sujet de la technologie qui serait la mieux adaptée aux véhicules CASE. Certains experts suggèrent qu'il est probable que l'on utilise un mélange des deux technologies, car les CDCD sont plus efficaces pour les courtes distances, tandis que les réseaux 5G sont plus utiles pour la connectivité à longue distance (CSPTC, 2018; Elliott *et al.*, 2019). Les véhicules connectés existants utilisent d'autres types de technologies, comme Bluetooth, la 4G-LTE et les réseaux Wi-Fi (Anderson *et al.*, 2016; McQuinn et Castro, 2018).

Il est possible que l'incertitude au sujet de la technologie de communication qui deviendra la plus répandue dans les véhicules soit un facteur qui fera obstacle au développement des véhicules CASE (Steadman et Huntsman, 2018). Les réseaux 5G et les systèmes de CDCD peuvent offrir une connexion directe d'un appareil à un autre, donc ils pourront probablement aussi fournir les mêmes applications de sécurité de base (Steadman et Huntsman, 2018; Elliott *et al.*, 2019). Contrairement aux réseaux 5G, les CDCD ne peuvent pas faire fonctionner les applications autres que pour la sécurité, comme celles fournissant de l'information routière et de l'infodivertissement, sans le déploiement d'infrastructures routières supplémentaires (Shah *et al.*, 2018). Toutefois, les CDCD sont fiables dans toutes les conditions météorologiques, sauf les conditions extrêmes (Schoettle, 2017), tandis que les réseaux 5G sont gênés par la pluie et le feuillage (Nordrum et Clark, 2017). Pour ajouter à l'incertitude, les réseaux 5G ne seront probablement pas disponibles avant le milieu des années 2020 (Accenture Stratégie, 2018; Collins *et al.*, 2018; Davidson et McLaughlin, 2018). Certains constructeurs automobiles parient néanmoins que les réseaux 5G seront la technologie privilégiée pour les communications V2V et V2I (GSMA, 2019), tandis que d'autres penchent pour les CDCD (Steadman et Huntsman, 2018).

2.1.2 Connectivité et conduite automatisée

Actuellement, la connectivité est essentielle pour l'utilisation sécuritaire des véhicules autonomes, même si ce n'est que pour actualiser les logiciels et les données de navigation. Toutefois, on ignore si les véhicules autonomes de l'avenir nécessiteront la technologie V2X. Les communications V2X pourraient devenir nécessaires pour maximiser le potentiel des systèmes de conduite automatisée (Gowling WLG et UK Autodrive, 2018). Certains experts estiment qu'en raison de la vaste superficie et de la population dispersée du Canada, il est tout simplement impossible pour un véhicule d'être branché à un réseau en tout temps; il pourrait donc être nécessaire, au Canada, d'avoir des véhicules autonomes qui peuvent fonctionner de façon sécuritaire sans avoir besoin d'une connexion constante (CSPTC, 2017b). Peu importe quelles seront les exigences en matière de connectivité absolue, il fait peu de doute que la connectivité des véhicules de l'avenir ne servira pas seulement directement à la conduite automatisée, mais aussi, entre autres, à actualiser les cartes internes, à fournir de l'information sur la circulation et les conditions routières et météorologiques, et à assurer les services de diagnostic et les mises à jour de logiciels à distance pour les systèmes informatiques des véhicules. De plus, les TVC vont probablement offrir plus d'options d'infodivertissement, comme la diffusion vidéo et audio en continu, la navigation sur le Web, les bulletins de nouvelles, et les communications, y compris la téléphonie, les services de courriel et de messagerie texte ainsi que les médias sociaux (Holmes et Alantz, 2019). Les TVC sont également essentielles pour la gestion des parcs de véhicules des fournisseurs de services de mobilité partagée, de même que pour d'autres utilisations des véhicules partagés (section 2.3).

2.2 Véhicules autonomes

La norme la plus couramment utilisée pour déterminer le niveau d'automatisation d'un véhicule est celle de la Society of Automotive Engineers (Société des ingénieurs de l'automobile, ou SAE) (tableau 2.1). Les systèmes d'aide à la conduite offerts actuellement varient entre les niveaux d'automatisation 0, 1 et 2, et peuvent comprendre des systèmes de sécurité active de base, comme des freins antiblocage (ABS) et les systèmes de contrôle électronique de la stabilité, ainsi que des systèmes avancés d'aide à la conduite (SAAC). La British Standards Institution (2020) définit les SAAC comme des « entités constituées de composants interdépendants qui appuient les conducteurs humains en effectuant une partie des tâches de conduite dynamique ou en procurant de l'information relative à la sécurité » [traduction libre]. Les SAAC peuvent comprendre des fonctions conçues pour aider le conducteur (p. ex., régulateur de vitesse adaptatif, aide au maintien dans la voie), des systèmes d'avertissement de collision, d'évitement de collision (p. ex., freinage automatique d'urgence), d'aide au stationnement, et d'autres

systèmes d'aide à la conduite (p. ex., feux de route automatiques) (Consumer Reports, 2019). Il est à noter que posséder un véhicule avec SAAC pourrait signifier tout autant que celui-ci est muni d'une caméra de vision arrière que du système de pilotage automatique de Tesla; toutefois, peu importe le niveau de technologie disponible, tous les SAAC servent à aider et non à remplacer le conducteur humain (Consumer Reports, 2019).

Certains de ces systèmes existent depuis suffisamment longtemps dans les véhicules pour démontrer qu'ils assurent une sécurité accrue sur les routes, comme indiqué dans la *Stratégie de sécurité routière 2025 du Canada* (2016). Voici quelques-uns de ces systèmes :

- **Système de freinage automatique d'urgence :** Technologie qui applique les freins lorsqu'elle capte la présence d'objets devant le véhicule, et qui indique également de l'information sur la vitesse et la trajectoire du véhicule (p. ex., Cicchino, 2016).
- **Système de contrôle électronique de stabilité :** Système qui détecte la perte de contrôle du véhicule et applique le freinage sélectif et une réduction de la puissance du moteur pour essayer de maintenir la direction voulue (p. ex., Chouinard et Lécuyer, 2011).
- **Technologies de vision arrière et de freinage :** Les caméras de recul aident les conducteurs à éviter les collisions avec les objets qui se trouvent derrière le véhicule; elles sont particulièrement utiles pour les gros véhicules utilitaires sport (VUS), car ils tendent à offrir la pire visibilité arrière (IIHS, 2014). Les caméras et les capteurs seront probablement plus efficaces en combinaison avec la technologie de freinage automatique que sans elle, comme il a été démontré avec les systèmes d'avertissement de collision frontale (IIHS, 2014).

Tableau 2.1 Niveaux d'automatisation de la SAE

Niveau SAE	Description
Le conducteur humain exécute partiellement ou totalement la tâche de conduite dynamique (c.-à-d. que le conducteur doit toujours pouvoir intervenir)	
Niveau 0 – **Aucune automatisation**	Le conducteur contrôle tous les aspects de la conduite. Toutefois, le véhicule peut être muni de systèmes de sécurité actifs afin d'en améliorer le rendement.
Niveau 1 – **Assistance au conducteur**	Un système d'aide à la conduite (SAC) aide le conducteur en contrôlant les fonctions de commande **ou** le freinage et l'accélération, mais pas les deux en même temps. Le SAC peut être activé ou désactivé par le conducteur seulement. Le conducteur doit toujours porter pleinement attention à la route et exécuter les aspects restants de la tâche de conduite dynamique.
Niveau 2 – **Automatisation partielle**	Un SAC contrôle à la fois les fonctions de commande **et** le freinage et l'accélération, dans certaines circonstances, et le conducteur exécute tous les autres aspects de la tâche de conduite. Le SAC peut être activé ou désactivé par le conducteur seulement. Le conducteur doit toujours porter pleinement attention à la route et exécuter les aspects restants de la tâche de conduite dynamique.
Un système de conduite automatisée exécute la tâche de conduite dynamique lorsqu'il est activé	
Niveau 3 – **Automatisation conditionnelle**	Un système de conduite automatisée (SCA), un type de SAC, exécute la tâche de conduite dynamique de façon soutenue dans des conditions de fonctionnement précises (p. ex., sur certains types de route); on s'attend à ce que le conducteur soit prêt et disposé à intervenir en cas d'une demande du SCA ou en cas de défaillance d'un des autres systèmes du véhicule (c.-à-d. que le conducteur doit être prêt à conduire en cas de nécessité).
Niveau 4 – **Haute automatisation**	Le SCA exécute la tâche de conduite dynamique de façon soutenue dans des conditions de fonctionnement précises (p. ex., sur certains types de route ou dans certains environnements géographiques). Dans ces conditions, le conducteur n'a pas besoin de porter attention à la route ni d'être prêt à intervenir au besoin; le conducteur devient un passager lorsque le système est activé.
Niveau 5 – **Automisation complète**	Le SCA exécute de façon soutenue et inconditionnelle tous les aspects de la tâche de conduite dynamique; les utilisateurs humains sont des passagers qui n'auront pas à intervenir lors de la conduite.

Adapté de SAE (2018) [traduction libre]

Les SAAC disponibles aujourd'hui (p. ex., régulateur de vitesse adaptatif, système d'aide au maintien dans la voie, avertisseurs d'angles morts) continueront à se répandre sur le marché des véhicules au Canada en fonction de leur coût (prix, frais liés à l'entretien et à la réparation) et de la demande des consommateurs pour ces technologies, ainsi que des règlements gouvernementaux relatifs aux normes de sécurité pour les nouveaux véhicules et des exigences en matière de formation et d'octroi de permis de conduire pour les conducteurs.

2.2.1 Automatisation dans les 10 prochaines années

Il existe de nombreuses préoccupations au sujet du déploiement des véhicules personnels de niveau 3 d'automatisation selon l'échelle de la SAE, capables de conduite automatisée, mais nécessitant toujours la vigilance d'un conducteur qui pourrait devoir prendre le contrôle du véhicule. Les conducteurs doivent comprendre leurs responsabilités relatives à chaque mode de conduite et assumer celles-ci, surtout lors des changements de mode de conduite (p. ex., lorsque le conducteur doit intervenir) (Wood *et al.*, 2019). Cette exigence peut être particulièrement problématique après de longues périodes de conduite automatisée, alors que l'utilisateur peut devenir distrait, au point même de tomber endormi (p. ex. Haskins, 2019). De plus, la conception du système de transition, c'est-à-dire de la demande précise de « porter attention maintenant » et du temps nécessaire pour que le conducteur intervienne, n'est pas encore optimisée (Inagaki et Sheridan, 2019). Dans le cas du système de niveau 3 d'Audi, le « Traffic Jam Pilot » (système de conduite autonome en situation d'embouteillage) conçu pour les véhicules A8 2019 et offert seulement dans ceux vendus en Allemagne, son activation a dû être bloquée parce que la légalité de ces véhicules sur les routes allemandes était floue (Bishop, 2019). Il reste à voir si d'autres constructeurs automobiles lanceront leurs véhicules de niveau 3 sur le marché dans les années à venir et si l'on établira des règlements qui permettront l'utilisation de cette technologie sur les voies publiques (Bishop, 2019).

Les véhicules autonomes sont actuellement utilisés en contexte industriel et pour le camionnage commercial

On utilise actuellement des véhicules autonomes pour l'exploitation minière (Shpieva, 2019) et l'agriculture (Robinson *et al.*, 2019); on met également ces véhicules à l'essai pour des applications militaires (O'Dell, 2019) et le transport de marchandises aux États-Unis (Hirsch, 2019). Suncor Énergie a annoncé l'utilisation d'un système autonome de transport de matériel dans une mine de sables bitumineux au Canada; on envisage de mettre 150 de ces véhicules en service d'ici 2025 (Oil Sands Magazine, 2019).

Dans le cadre d'un examen mené par le ministère des Transports des États-Unis (Department of Transportation) sur les règlements de sécurité concernant les véhicules commerciaux autonomes, l'utilisation d'un SAAC en combinaison avec un système de communication V2V et des capteurs (p. ex., la circulation en peloton) a été considérée comme l'application la plus plausible de l'automatisation des véhicules automobiles commerciaux (Perlman *et al.*, 2018). On entend par « pelotons » des groupes de véhicules automobiles individuels qui se déplacent ensemble de façon uniforme grâce à la coordination électronique (p. ex., la

communication V2V) à des vitesses et à des distances qui seraient déraisonnables sans une telle coordination (Scribner, 2018). Étudiée depuis les années 1990, la circulation en peloton dans le domaine du camionnage présente des avantages en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) (Mendes *et al.*, 2017). La circulation en peloton a été mise à l'essai sur des circuits fermés et des voies publiques dans des pays comme les États-Unis, l'Europe et le Japon (Blanco, 2019). Au Canada, on a testé la circulation en peloton avec des camions forestiers (grumiers) au Québec (Roy, 2019) et des camions de transport sur le site d'essai de Transports Canada à Blainville, au Québec (TC, 2019j). Alors que l'industrie du camionnage s'intéresse à la circulation en peloton dans le but de réduire les émissions et de rehausser la sécurité, certains détracteurs doutent de sa viabilité commerciale. Les camions modernes sont de plus en plus aérodynamiques, et le maintien d'un peloton sur de longues distances (puisque les camions doivent faire des livraisons à différentes destinations) peut poser des défis logistiques (Saracco, 2019). Certaines entreprises ont choisi de ne pas investir dans la R-D relative à la circulation en peloton et ont choisi plutôt de se concentrer sur le développement de SAAC et l'amélioration des caractéristiques aérodynamiques de leurs véhicules (Adler, 2019). La coopération entre les entreprises de gestion de parcs de véhicules afin d'assurer l'équité, l'interopérabilité et la coordination logistique figure parmi les défis spécifiques que pose l'adoption généralisée de la circulation en peloton (Adler, 2019).

Les navettes à basse vitesse et les véhicules de transport en commun autonomes en sont à leur phase initiale d'utilisation

Les véhicules aux capacités de conduite entièrement automatisées dans des conditions routières restreintes sont habituellement conçus pour être des solutions de mobilité partagée qui circulent sur une route fixe en site banal (Cregger *et al.*, 2018). Ces véhicules peuvent transporter de 4 à 15 passagers, mais certaines entreprises explorent la possibilité d'offrir de plus petites navettes pour une ou deux personnes à la fois (Cregger *et al.*, 2018). Le Pacific Western Group of Companies exploite une navette autonome électrique qui peut transporter 12 passagers à la fois dans le cadre de projets pilotes partout dans l'ouest du Canada depuis septembre 2018 (ELA, 2018). À Montréal, Transdev Canada a lancé en juin 2019 un service pilote de transport par navettes autonomes (EasyMile) qui parcourait un trajet de 1,4 km sur des voies ouvertes en milieu urbain dense (Transdev Canada, 2019). Dans le cadre d'un projet pilote, Keolis Canada a exploité une navette autonome entièrement électrique fabriquée par Navya sur un trajet de 2 km dans la ville de Candiac, près de Montréal, du 4 octobre 2018 au 31 décembre 2019 (Keolis Candiac, s.d.).

Dans leur examen de l'état de la pratique, Cregger *et al.* (2018) considèrent ces véhicules comme étant largement des prototypes, car des mises à jour fréquentes des logiciels et du matériel informatique sont toujours nécessaires, et les cas d'utilisation appropriée ainsi que les paramètres d'évaluation du rendement sont toujours incertains. Beaucoup de fabricants de navettes à basse vitesse ont peu d'expérience en fabrication de véhicules, donc la production ne se fait pas encore à grande échelle, mais les projets pilotes sont prometteurs quant à la résolution du problème des « premier et dernier mile[s][2] » (Cregger *et al.*, 2018). Le déploiement commercial de ces services de navettage semble fort probable, particulièrement dans des endroits localisés comme les aéroports, les lignes de transport en commun, les hôpitaux, les résidences assistées, les campus, ou les parcs industriels. Par exemple, l'exploitation commerciale des navettes autonomes à basse vitesse sur les routes privées d'un parc industriel a débuté en août 2019 (Hawkins, 2019b). En Europe, le service de navettes autonomes ParkShuttle, au parc d'activités Rivium, a amorcé ses activités en 1999 entre deux postes distants d'environ 1,2 km sur une voie unique (2getthere, 2018). En 2005, le système a évolué pour inclure de plus grands véhicules et une voie plus longue (1,8 km), desservant cinq postes et croisant la circulation routière et piétonne (2getthere, 2018).

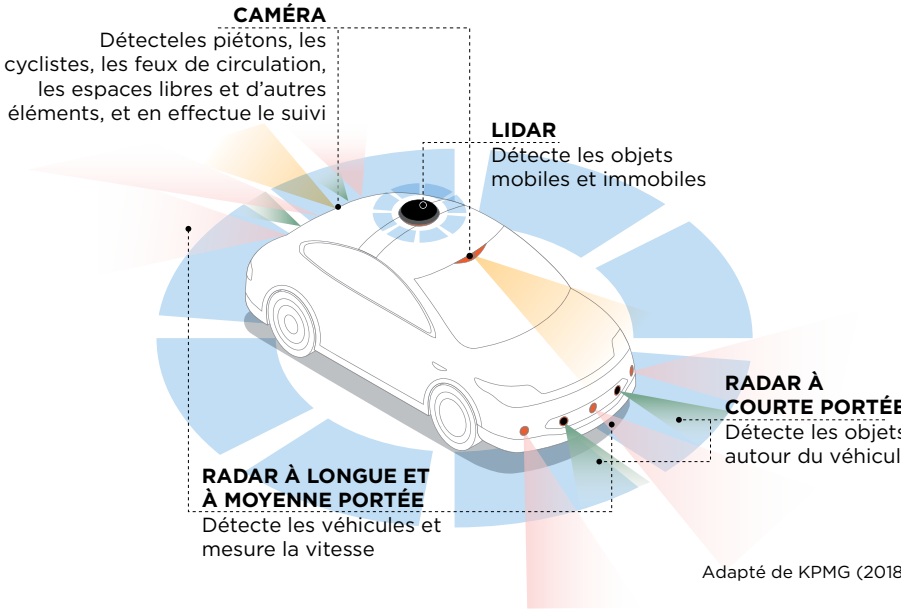
La conduite automatisée est aussi d'un grand intérêt pour les exploitants de services de transport en commun. En 2015, la Chine a dévoilé un nouveau service d'autobus interurbains autonomes (Metcalfe, 2015). New Flyer, le plus important fabricant d'autobus en Amérique du Nord, dont le siège social est à Winnipeg, au Manitoba, a annoncé un nouveau programme de technologie autonome en mai 2019 (New Flyer, 2019). Abe (2019) estime que les coûts d'exploitation des autobus pourraient diminuer de 53 % en utilisant un réseau d'autobus entièrement autonomes au Japon, en grande partie en raison de la réduction des dépenses salariales. Un examen systématique de la littérature portant sur les autobus entièrement autonomes a révélé que les exploitants pourraient connaître une réduction de leurs coûts d'exploitation de jusqu'à 50 à 60 % (Azad *et al.*, 2019). Dans les milieux métropolitains et ruraux régionaux, les chauffeurs d'autobus japonais ont présenté un déficit d'exploitation moyen de 13 % (Abe, 2019); à titre de comparaison, les exploitants de services de transport en commun en Ontario ont présenté un déficit d'exploitation d'environ 40 % en 2015 (ACTU, 2016). Au Canada, les services de transport en commun sont fortement subventionnés (p. ex., ACTU, 2016), et la réduction des coûts d'exploitation grâce à l'automatisation pourrait s'avérer très intéressante pour plusieurs municipalités, mais le comité souligne que les coûts initiaux pour les nouveaux autobus, combinés aux déficits d'exploitation actuels et au potentiel de pertes d'emploi

2 C'est-à-dire le défi que pose le transport pour se rendre à une destination ou au point d'accès au transport en commun le plus près, et pour en revenir.

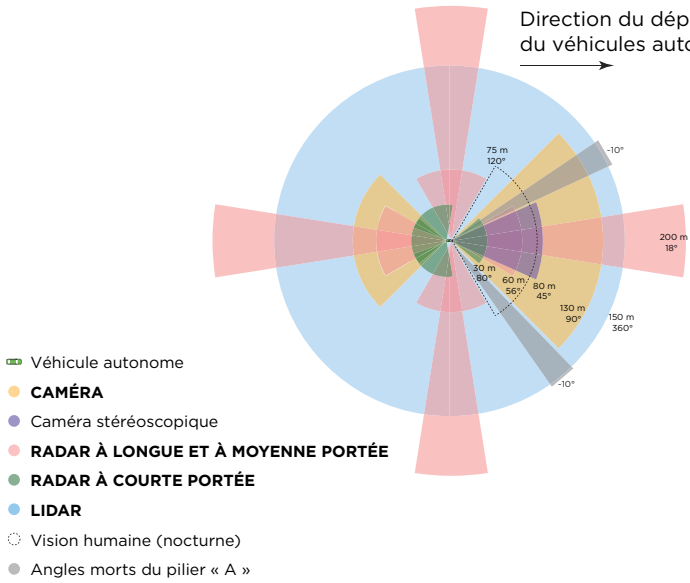
chez les chauffeurs de véhicules de transport en commun, pourraient ralentir ou limiter l'adoption des véhicules par les commissions de transport. Toutefois, les économies occasionnées par l'automatisation peuvent dépasser les coûts en capital de nouveaux véhicules pour certaines commissions, et l'automatisation elle-même permet l'utilisation de plus petits véhicules qui peuvent répondre à une plus grande variété de demandes (Tirachini et Antoniou, 2020).

2.2.2 État des technologies des véhicules autonomes : capteurs et IA

Les véhicules autonomes comptent sur plusieurs types de capteurs intégrés — principalement des caméras, des solutions de détection et de télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR), et des radars — pour obtenir l'information nécessaire pour naviguer dans leur environnement (figure 2.1). D'autres types de technologies de détection (comme les capteurs ultrasoniques) peuvent offrir des fonctions de soutien. Les véhicules actuels sont déjà munis de plusieurs systèmes à base de capteurs pour des applications de sécurité comme les systèmes d'avertissement de collision, de freinage d'urgence, d'aide au stationnement et d'aide au maintien dans la voie, et les caméras de recul (CCATM, 2016). Chaque type de capteur possède ses avantages et ses désavantages, et peut réaliser différentes tâches (tableau 2.2). Les caméras, les LIDAR et les radars servent tous à la détection d'objets; les LIDAR produisent des représentations 3D détaillées (nuages de points) de l'environnement autour du véhicule (Kocić *et al.*, 2018), les caméras reconnaissent et classifient les objets, en plus de déterminer l'état des routes et les conditions environnementales (Schoettle, 2017), et les radars détectent avec précision la vitesse et la direction du mouvement des objets autour du véhicule (Davies, 2018). Les caméras et les LIDAR sont incapables de « voir » dans des conditions de mauvaise visibilité ou lors d'intempéries (p. ex., la neige et le brouillard); pour leur part, les radars sont très résistants à ces conditions, mais ils captent difficilement les objets non métalliques (Anderson *et al.*, 2016; Schoettle, 2017; Kutila *et al.*, 2018). Puisque les divers types de capteurs procurent différents types d'information et ont leurs propres limites relatives à leurs capacités, à leur portée, à leurs conditions de fonctionnement et au types d'objets qu'ils peuvent capter, les véhicules d'aujourd'hui sont munis de plus d'un type de capteur afin de compenser les limites propres à chaque type, d'assurer des redondances et d'accroître la sécurité (Anderson *et al.*, 2016; Schwarting *et al.*, 2018).



Adapté de KPMG (2018)



Source : Schoettle (2017)

Figure 2.1 Capteurs du véhicule autonome

Le type et l'emplacement des capteurs des véhicules autonomes (image du haut) et leur portée de détection (image du bas).

Les technologies des véhicules autonomes doivent fonctionner dans toutes les conditions environnementales, pouvoir combiner facilement des données venant de plusieurs sources, de même que localiser et positionner le véhicule en tout temps

Les conditions météorologiques comme les fortes précipitations et le brouillard peuvent perturber plusieurs capteurs à la fois (p. ex., les deux caméras et les LIDAR), limitant ainsi l'utilité des systèmes à multiples capteurs (Anderson *et al.*, 2016; Schoettle, 2017). Les obstacles physiques qui peuvent se trouver sur le véhicule, comme la neige et la glace, peuvent aussi gêner le fonctionnement de tous les types de capteurs (Schoettle, 2017); cela constitue un défi sur lequel travaillent des chercheurs canadiens (p. ex., UofT News, 2020). Il est à noter que les problèmes que posent les conditions hivernales aux capteurs ont aidé à attirer des chercheurs et des concepteurs afin qu'ils mettent des véhicules autonomes à l'essai au Canada (Lampert, 2018). Les capteurs peuvent également être moins efficaces lors de la conduite dans des zones de construction et de travaux routiers, car ils peuvent être incapables de reconnaître des éléments ou des panneaux qui indiquent des changements abrupts de conditions routières, ou de comprendre des détours complexes ou mal indiqués (Anderson *et al.*, 2016).

Afin de naviguer en toute sécurité comme pourrait le faire un conducteur humain, les véhicules autonomes doivent intégrer des données venant des divers types de capteurs dans une représentation unifiée de la route et du milieu environnant — un processus appelé « fusion des capteurs » (Schoettle, 2017; Kocić *et al.*, 2018). Comme indiqué dans le tableau 2.2, chaque type de capteur possède ses forces et ses faiblesses dans l'apport d'une perception juste et précise du milieu. Les caméras procurent de l'information 2D hautement détaillée, par exemple sur l'intensité des couleurs, la densité et la définition des contours, qui est ensuite cartographiée sur un nuage de points 3D dont les données viennent des capteurs LIDAR (Kocić *et al.*, 2018). Bien qu'elle soit exigeante en ressources informatiques, la fusion des capteurs est nécessaire afin d'éliminer l'incertitude des mesures de chaque capteur individuel, augmentant la tolérance aux pannes du système de perception du véhicule (Rosique *et al.*, 2019).

Pour déterminer leur position géographique, les véhicules autonomes sont habituellement munis du système de localisation GPS et d'un système de navigation par inertie. Toutefois, au cours des 10 secondes où le véhicule navigue à l'aide du système de navigation par inertie seulement (quand aucun signal GPS n'est disponible), la « dérive » peut créer des erreurs de plus d'un mètre (Anderson *et al.*, 2016). La cartographie et la localisation simultanées (SLAM, pour *Simultaneous Localization and Mapping*) peuvent compenser les erreurs de dérive en préparant une carte à partir des données colligées par les capteurs du véhicule, qui localisent celui-ci à l'intérieur des limites de la carte (Woo *et al.*, 2019). Des méthodes de fusion visant à amélioration la précision du positionnement à l'aide d'une combinaison de systèmes de localisation et de capteurs de perception sont en cours d'élaboration (Rosique *et al.*, 2019). Les cartes haute définition (HD) spécialisées comprennent des données détaillées en temps réel sur les objets et les éléments autour du véhicule, y compris les autres véhicules, la circulation et les conditions routières, les infrastructures routières, les feux de circulation et les panneaux de signalisation, les limites de vitesse, les garde-fous et les obstacles routiers, les limites des routes et des voies, les aires de stationnement, les bretelles de sortie, et plus encore (Kent, 2015; Vardhan, 2017; Chellapilla, 2018). Les cartes HD sont en quelque sorte des toiles sur lesquelles toutes les données de l'environnement externe sont représentées (Kent, 2015).

Tableau 2.2 Types de capteurs utilisés en combinaison pour la conduite automatisée

	Caméra	LIDAR	Radar
Forces	• Identification d'objets et d'éléments dans le milieu environnant (apparence et résolution) • Peut détecter des couleurs	• Nuages de points 3D offrant une vue à 360 degrés du milieu environnant • Informations hautement détaillées à propos de la distance, de la taille et de la forme des objets (identification) • Résolution spatiale très élevée	• Détection de la vitesse et de la direction des objets • Détection à longue distance • Informations hautement précises à propos de la distance
Faiblesses	• Nécessite un programme de traitement des images exigeant en ressources informatiques (segmentation sémantique) • Détection de la taille des objets	• Faible précision de mesure de la vitesse des objets • Difficulté à détecter des objets à courte distance • Moins utile avec les matériaux qui ne réfléchissent pas beaucoup la lumière • Exigeant en ressources informatiques	• Ne fonctionne pas bien sur les objets non métalliques; peut ne pas détecter les piétons • Faible résolution
Considérations environnementales	• Inefficace dans la noirceur et dans des conditions de faible luminosité • Efficacité limitée par la neige, la brume, la pluie et la poussière	• Fonctionne dans toutes les conditions de luminosité • Efficacité limitée par la neige, la brume, la pluie et la poussière	• Fonctionne bien dans toutes les conditions météorologiques ou presque • Fonctionne bien dans la noirceur et dans des conditions de faible luminosité
État de développement	• Technologie mature • Le traitement des images nécessite des avancées en apprentissage automatique	• Technologie en développement • Réduction en cours de la taille et des coûts	• Technologie mature • Changement en cours des fréquences de fonctionnement

Varghese et Boone (2015), Anderson *et al.* (2016), Rudolph et Voelzke (2017), Schoettle (2017), Davies (2018), Khader et Cherian (2018), Kocić *et al.* (2018), Neal (2018), Rosique *et al.* (2019)

De nouvelles percées en matière d'IA sont nécessaires avant que les véhicules autonomes puissent fonctionner à un niveau comparable à celui d'un conducteur humain

Lorsqu'il est question du développement de véhicules entièrement autonomes, analyser et interpréter des données brutes colligées par les capteurs à propos de l'environnement externe du véhicule, puis s'en servir pour conduire — bref, faire appel à l'IA — s'avère un défi de taille. Bien que l'utilisation des navettes à basse vitesse, des véhicules industriels et même des taxis sans chauffeur telle que décrite précédemment deviendra probablement plus courante dans des circonstances précises au cours des 10 prochaines années, les défis techniques décrits ci-dessous ajoutent beaucoup d'incertitude quant au moment où les véhicules personnels entièrement autonomes seront mis sur le marché, où que ce soit au Canada.

Afin de pouvoir fonctionner à un niveau comparable à celui d'un conducteur humain, les véhicules autonomes ont besoin d'une IA capable de « percevoir », de « réfléchir » et de « raisonner » (Ma *et al.*, 2020). On continue à réaliser des progrès en matière d'algorithmes de perception et de contrôle, mais dans la plupart des cas, les capacités des humains pour ces tâches dépassent toujours de loin celles de l'IA. L'élaboration d'une IA qui peut reproduire ou surpasser la performance de conduite d'un humain est « l'un des problèmes les plus complexes et difficiles qu'il reste à résoudre en matière d'IA » [traduction libre] (Gingras, 2017).

Parmi les approches d'IA appliquées aux véhicules autonomes, on retrouve des méthodes d'apprentissage automatique comme l'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement (Ma *et al.*, 2020). Ces approches consistent à « apprendre » à l'ordinateur à exécuter une certaine tâche sans qu'il soit explicitement programmé à le faire; l'ordinateur est en mesure de modifier lui-même les algorithmes et les modèles statistiques qui servent à faire des prédictions. L'apprentissage automatique nécessite la supervision d'un humain, qui évaluera et signalera l'exactitude de la prédiction (Grossfeld, 2020). L'apprentissage profond, un sous-type d'apprentissage automatique, permet à l'ordinateur d'évaluer par lui-même l'exactitude de ses prédictions précédentes et de s'ajuster en conséquence (c.-à-d. de reconnaître ses propres erreurs et d'apprendre de celles-ci) (Grossfeld, 2020). Dans le cas des véhicules autonomes, les ordinateurs utilisent d'énormes quantités de données enregistrées et stockées par les capteurs à partir de véhicules conduits par des conducteurs humains et de véhicules conduits par IA, ainsi qu'à partir de simulations. Un des défis qui se présente dans la conception, la formation et la mise à l'essai en matière d'utilisation des IA pour la conduite automatisée est la grande variété de données des capteurs utilisées par divers intervenants qui génèrent des ensembles de

données dont le type, la qualité, la fiabilité et la disponibilité varient (Ma *et al.*, 2020). Des défis surviennent également au moment de gérer la complexité et l'incertitude associées aux tâches que sont la perception et la prise de décisions; la complexité du peaufinage de modèles de prise de décisions en temps réel (instantanée); et les ressources informatiques (ou ressources matérielles) nécessaires pour ces applications (Ma *et al.*, 2020). Certaines des approches d'apprentissage automatique les plus avancées (comme les réseaux neuronaux d'apprentissage profonds) sont insuffisantes pour les situations critiques en matière de sécurité comme la conduite (Gingras, 2017; Ma *et al.*, 2020). Ainsi, alors que le développement de véhicules de niveau d'automatisation 4 selon l'échelle de la SAE se poursuivra probablement au rythme actuel et que les domaines opérationnels évolueront au fil du temps, il est beaucoup plus difficile de prédire l'avènement de véhicules de niveau 5 entièrement autonomes qui pourront fonctionner sur toutes les routes et dans toutes les conditions.

2.3 Véhicules partagés

La mobilité partagée « offre aux utilisateurs l'accès à court terme à un mode de transport selon leurs besoins » [traduction libre] (SAE, 2020). Compte tenu des coûts initiaux élevés de la technologie, le comité d'experts a formulé l'hypothèse de travail suivante : au cours des 10 prochaines années au moins, les véhicules autonomes seront surtout disponibles sous une certaine forme de mobilité partagée plutôt qu'en tant que véhicules personnels. Actuellement, les véhicules sont stationnés près de 95 % du temps (Shoup, 2005). Les véhicules autonomes capables de fonctionner sans l'aide d'un conducteur ou de passagers pourraient combler ce temps d'inactivité en effectuant seuls des déplacements pour faire des courses (p. ex., livrer une commande d'épicerie), ou simplement en circulant pour éviter les coûts de stationnement (Schwartz, 2018). La capacité des véhicules à se déplacer tout en étant inoccupés crée la possibilité de remplir les temps morts de façon productive en transportant d'autres personnes ou en offrant un service de livraison; toutefois, ces possibilités peuvent être limitées en raison des habitudes de déplacement (p. ex., les périodes de pointe du matin et de l'après-midi). Une des spéculations principales au sujet des véhicules CASE est la possibilité que les utilisateurs favorisent l'achat de déplacements plutôt que de véhicules, réduisant ainsi le nombre de propriétaires de véhicules personnels. Il est fort probable que les services de mobilité partagée exercent un effet sur l'acceptation, l'utilisation et la disponibilité des technologies des véhicules CASE sur les routes canadiennes (encadré 2.2).

Encadré 2.2 Services de mobilité partagée actuellement offerts pertinents pour les véhicules CASE

Voici quelques services de mobilité partagée qui pourraient tirer profit des technologies des véhicules CASE :

La mobilité en tant que service (MaaS). Il s'agit d'une solution de mobilité intégrée qui fonctionne à l'aide d'une interface unique (p. ex., une application pour téléphones intelligents) et qui répond aux besoins des utilisateurs en matière de transport grâce à une variété d'options de mobilité partagée (transport en commun, partage de véhicules, voiturage, etc.) ne nécessitant qu'un compte pour le paiement, par exemple UbiGo (Suède) et MaaS Global (Finlande).

Les services de voiturage (transport à la demande ou *ride sourcing*). À l'aide d'une application pour téléphone intelligent, les passagers payeurs entrent en communication avec des conducteurs qui offrent le transport à bord de leurs véhicules personnels. Ce sont les fournisseurs du service qui conçoivent et exploitent les applications, par exemple Uber et Lyft (États-Unis et Canada). Le covoiturage partagé (*ride pooling*) est une variante de ce concept qui consiste à faire en sorte que les passagers effectuent un même déplacement dans le même véhicule afin de partager les coûts entre eux, par exemple UberPool.

Le conavettage (covoiturage). Les propriétaires de véhicules personnels organisent des déplacements partagés à court préavis à partir d'un endroit commun ou vers une destination commune. Cette solution de mobilité peut également être facilitée à l'aide d'une plateforme en ligne qui assure la communication entre les deux parties pour un prix déterminé, par exemple BlaBlaCar (Europe et Amérique du Sud) et Waze (États-Unis).

(Continue)

(a continué)

Le partage de véhicules (autopartage). Il consiste en la location à court terme (horaire) d'un véhicule. Les utilisateurs ont un accès sans surveillance aux véhicules par l'intermédiaire de systèmes électroniques. Les frais d'essence et d'assurances sont habituellement inclus dans le service. Voici certains des modèles d'affaires utilisés dans le contexte du partage de véhicules :

- **Aller-retour** – Le véhicule est réservé du début à la fin et doit être retourné à la station d'origine, par exemple. Zipcar et Turo (États-Unis et Canada).
  - Partage entre pairs : les véhicules du parc sont la propriété de particuliers
  - Par le biais d'une entreprise : les véhicules du parc, stationnés dans des stations, appartiennent à une entreprise
  - Au sein d'une entreprise : l'entreprise détient son propre parc de véhicules et offre des solutions télématiques et la possibilité de réserver en ligne
- **Flexible** – Services à sens unique ou à la demande, par exemple Communauto (Canada)
  - Libre-service : les véhicules peuvent être retournés à n'importe quelle place de stationnement valide dans une zone désignée
  - Station fixe : les véhicules doivent être retournés à une aire de stationnement désignée

Micromobilité (partage de vélos et de trottinettes). Elle consiste en l'utilisation comme mode transport de véhicules très légers, tels les vélos et les trottinettes électriques, par exemple les vélos BIXI et les trottinettes électriques Lime (Canada).

Microtransit. Il s'agit d'un service de transport en commun assisté par la technologie et exploité par une entité privée ou publique. Il utilise habituellement des navettes ou des fourgonnettes à multiples passagers ou partagées, et offre des services à la demande ou à horaire fixe, à itinéraire fixe ou dynamique, par exemple Para Transpo (Canada) et ViaVan (Europe).

CAR (2016), CBC News (2019a), SAE (2020), ViaVan Technologies B.V. (2020)

Beaucoup d'experts prédisent que le scénario le plus probable est celui d'un avenir où l'on favorisera les véhicules partagés, connectés et autonomes — offerts par des entreprises et utilisés par leurs clients sur demande —, en raison de l'émergence actuelle de la mobilité partagée et des coûts élevés prévus des premiers véhicules autonomes qui apparaîtront sur le marché (McKinsey & Company et BloombergNEF, 2016; Spulber *et al.*, 2017; Botello *et al.*, 2018; Seuwou *et al.*, 2020). Un rapport publié par MaRS Solution Lab, informé par les contributions d'experts canadiens, d'entreprises privées, de municipalités et d'organisations de la société civile, a conclu que la mobilité partagée (définie comme étant un système de partage de véhicules et de transport en commun) est une tendance désirable pour la ville de Toronto, car elle a le potentiel de réduire les coûts, la congestion routière et les effets environnementaux du transport (Sim *et al.*, 2019).

2.3.1 Mobilité partagée dans les 10 prochaines années

Les façons dont les décisions prises aujourd'hui relativement aux politiques publiques et aux règlements touchant la mobilité partagée influeront sur l'avenir des véhicules CASE au Canada concernent probablement plus le lieu de déploiement de ceux-ci que le moment. Burns et Shulgan (2018), en se basant sur les modèles de transport aux États-Unis, estiment que les collectivités dont la densité de la population est supérieure à 288 personnes par km^2 (750 par mille carré) peuvent accueillir un système de mobilité efficient basé sur des véhicules autonomes partagés. Par exemple, pour une population de 285 000 personnes, un parc de 18 000 véhicules autonomes pourrait remplacer 200 000 véhicules personnels, et les temps d'attente pour le service seraient tout de même inférieurs à une minute, réduisant ainsi le nombre de véhicules du parc d'un ordre de grandeur (Burns *et al.*, 2012).

En 2016, la densité moyenne de la population au Canada était de 3,9 personnes par km^2 (StatCan, 2017d). Une partie importante de la masse terrestre du Canada est inhabitée, et la population n'est pas répartie de façon uniforme. En 2016, il y avait 1 015 centres de population au Canada, des endroits où la densité dépassait 400 personnes par km^2, aux superficies allant de 0,18 km^2 (St. Theresa Point, en Saskatchewan : population de 1 038 personnes) à 1 792,99 km^2 (Toronto, en Ontario : population de 5,43 millions de personnes) (StatCan, 2017d). Donc, plus de 1 000 collectivités canadiennes pourraient être des pôles viables de systèmes

de mobilité basés sur des véhicules autonomes partagés, d'après les résultats du modèle utilisé par Burns et Shulgan (2018). Toutefois, parmi les 286 centres de population en Ontario (StatCan, 2017d), seules 66 municipalités offraient des services urbains de transport en commun en 2015 (ACTU, 2016). La plus petite région desservie en Ontario faisait 13 km^2 (Cobourg), et la plus petite population desservie comptait 7 000 personnes (Kenora) (ACTU, 2016). À titre d'évaluation sommaire à partir de ces données, si l'on juge raisonnable qu'une municipalité doive avoir une population d'au moins 10 000 personnes et que sa zone de service soit d'au moins 13 km^2 pour envisager le déploiement d'un parc de véhicules CASE dans le cadre d'un service de transport, on réduirait à 162 le nombre de centres de population dans lesquels on pourrait déployer ces véhicules au Canada (figure 2.2). Selon les données du recensement de 2016, ce service desservirait environ 70 % de la population du Canada (StatCan, 2017e).

La transition des véhicules personnels à la mobilité partagée se fera sur plusieurs décennies

Même dans les régions à forte densité de population, il pourrait prendre plus de 10 ans avant que les Canadiens se défassent de leurs véhicules personnels pour favoriser des options de mobilité partagée. En 2015, l'âge moyen d'un véhicule personnel au Canada était de 9,62 ans, une augmentation de 16,2 % par rapport à l'âge moyen en 2010 (Association canadienne des carburants, 2017). L'Europe et les États-Unis ont également connu une hausse de l'âge moyen des voitures de tourisme : entre 2007 et 2015, l'âge moyen a augmenté de 27 % en Europe (Ciferri, 2017) et d'environ 12 % aux États-Unis (BTS, s.d.). De plus, la disponibilité des services de mobilité partagée, même si ceux-ci sont pratiques et peu coûteux, pourrait s'avérer insuffisante pour convaincre la plupart des propriétaires de véhicules de renoncer complètement à la propriété, surtout avant qu'il existe une grande variété de types de véhicules partagés et que les utilisateurs soient confiants dans la fiabilité, le confort, le coût et l'aspect pratique de ceux-ci (Grush et Niles, 2018). Un tel système de mobilité ne reposerait pas seulement sur les technologies des véhicules CASE, mais également sur l'orchestration coordonnée des parcs de véhicules entre les gouvernements, les urbanistes, les industries privées et les consommateurs; la complexité de la planification et des décisions réglementaires peut limiter le déploiement de véhicules CASE, même si l'on résout certains des défis technologiques (Grush et Niles, 2018).

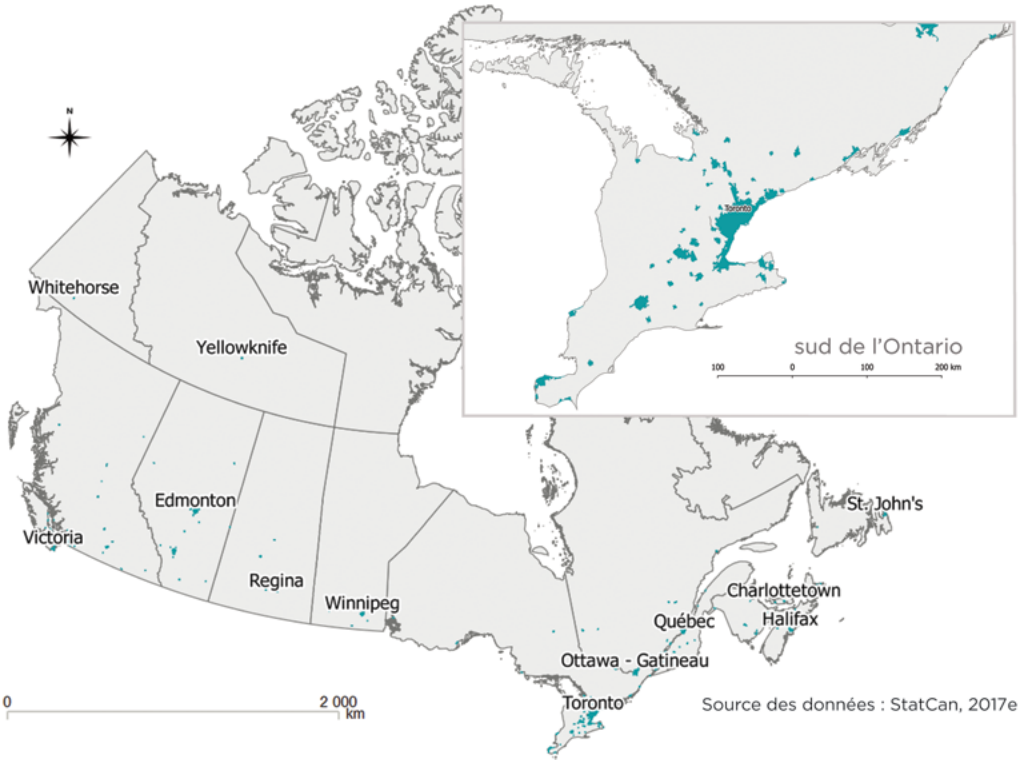


Figure 2.2 Régions du Canada dont la densité urbaine est potentiellement capable d'accueillir un parc de véhicules CASE

Les régions en bleu sarcelle représentent les îlots de recensement supérieurs à 13 km^2 dont la population est supérieure à 10 000 personnes et la densité de population, d'au moins 400 personnes/km^2. Le médaillon montre un gros plan du sud de l'Ontario pour illustrer un exemple de région délimitée ayant une forte densité de population, même parmi les régions les plus fortement peuplées du Canada.

L'établissement de services de mobilité partagée comme le service de voiturage dans les villes est associé négativement à la possession de véhicules (p. ex., Ward *et al.*, 2019; Sabouri *et al.*, 2020). Bien qu'un des effets potentiels à long terme de l'utilisation des véhicules partagés sur l'industrie automobile est la diminution de la demande de production de nouveaux véhicules, il est fort probable que ces effets ne se feront pas sentir avant longtemps, voire pas du tout. Le Center for Automotive Research prévoit une baisse d'environ 137 500 véhicules vendus en raison des services de partage de véhicules aux États-Unis de 2010 à 2021; ce nombre représente environ 0,25 % du total de véhicules neufs et de véhicules d'occasion vendus au cours de cette période (CAR, 2016). La diminution des ventes à des acheteurs individuels privés pourrait être compensée par l'augmentation de la demande de la part des exploitants de parcs de véhicules partagés, surtout si leur compétitivité repose sur des véhicules plus modernes et attrayants (CAR, 2016).

2.4 Véhicules électriques

Le comité d'experts est d'accord avec l'idée largement répandue que beaucoup de véhicules autonomes, connectés et partagés, voire tous, seront également des véhicules électriques (VÉ). Les aspects sous lesquels les VÉ ne se comparent pas favorablement aux véhicules possédant un moteur à combustion interne (MCI), c'est-à-dire alimentés au diesel ou à l'essence, sont : le coût, l'autonomie, le manque de bornes de recharge et les longues durées de recharge (Andwari *et al.*, 2017; AAA, 2019). Toutefois, en examinant les coûts totaux du cycle de vie des VÉ, on peut constater qu'ils rivalisent avec les véhicules à MCI sur le plan des coûts pour environ un cinquième des ménages canadiens, considérant des facteurs comme le kilométrage annuel, le niveau d'urbanisation, le revenu du ménage et la période de propriété (Abotalebi *et al.*, 2019).

2.4.1 Véhicules électriques dans les 10 prochaines années

Près de deux millions de VÉ ont été vendus à l'échelle mondiale en 2018, ce qui représente une augmentation de 68 % par rapport à 2017 (AIE, 2019). Les prévisions quant à l'adoption à grande échelle des VÉ varient; toutefois, certains intervenants comme BloombergNEF, l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) et British Petroleum (BP), pour ne nommer que ceux-là, estiment qu'il y aura au moins 100 millions de VÉ sur les routes partout dans le monde dès le début des années 2030 (CEC, 2017). Le tournant pour le déploiement des VÉ aura probablement lieu une fois que leurs coûts auront atteint la parité avec ceux des véhicules alimentés à l'essence (CEC, 2017). Même si les VÉ sont initialement plus coûteux que les véhicules à MCI classiques, leurs coûts de fonctionnement et d'entretien sont inférieurs (Palmer *et al.*, 2018; Morgan, 2019). Toutefois, la

dépréciation des VÉ n'est pas aussi bien comprise que celle des véhicules conventionnels, donc elle est souvent exclue de telles analyses (p. ex., Palmer *et al.*, 2018; Weldon *et al.*, 2018).

En 2018, les VÉ représentaient 2,2 % des ventes de voitures de tourisme au Canada, une augmentation par rapport à 2017 (1,4 %) (MEC, 2019). Dans son budget de 2019, le gouvernement du Canada a proposé d'investir 300 millions de dollars sur une période de trois ans afin d'offrir des incitatifs à l'achat allant jusqu'à 5 000 $ pour certains véhicules zéro émission (TC, 2019g), qui comprennent les VÉ ainsi que les véhicules hybrides et les véhicules à pile à hydrogène (TC, 2019i). Le gouvernement fédéral a également établi les objectifs suivants en matière de ventes de véhicules légers zéro émission : 10 % d'ici 2025, 30 % d'ici 2030, et 100 % d'ici 2040 (TC, 2019g). Le marché des autobus urbains électriques est le secteur le plus profitable du marché des VÉ à l'échelle mondiale. La demande en technologies propres pour le transport en commun résulte d'une combinaison d'influence politique, de demande de la clientèle (c.-à-d. des exploitants de services de transport en commun et des gouvernements municipaux) et de subventions gouvernementales (Heid *et al.*, 2018). Environ 90 % des autobus urbains neufs vendus en Chine en 2017 étaient entièrement électriques, et la Commission européenne a proposé comme objectif que 75 % des véhicules de transport en commun en Europe soient des autobus électriques d'ici 2030 (Heid *et al.*, 2018). Au Canada, B.C. Transit a fait connaître son objectif d'avoir un parc entièrement composée d'autobus électriques d'ici 2040, et on a fait des annonces semblables à Montréal et à Toronto (CBC News, 2019b).

La disponibilité des bornes de recharge influe énormément sur l'adoption des VÉ au Canada. Plus de 4 300 bornes de recharge de VÉ étaient en fonctionnement au Canada en date de septembre 2018 (RNCan, 2018), comparativement à 11 929 stations-service (Kent Group Ltd., 2019). Avant son annulation en 2018, le Programme ontarien des bornes de recharge pour véhicules électriques a mené à l'installation de 346 bornes de recharge publiques partout dans la province (Gouv. de l'Ont., 2018; Xing, 2019). Au palier fédéral, le gouvernement du Canada investit 96,4 millions de dollars dans les VÉ et les infrastructures de carburant de remplacement dans le but de créer un réseau de bornes de recharge dans l'ensemble du pays, 76,1 millions de dollars dans l'appui de la « démonstration des technologies de recharge de prochaine génération », et 10 millions de dollars dans le développement de codes et de normes uniformes pour les États-Unis et le Canada relativement aux véhicules à faibles émissions de carbone et aux infrastructures qui y sont associées (GC, 2019b).

2.4.2 Coût élevé des batteries

Les batteries constituent l'obstacle principal pour les technologies des VÉ en raison de l'état de leur développement technologique et de leur coût. Les batteries aux ions de lithium que l'on utilise actuellement dans les VÉ ont plusieurs lacunes sur les plans de la stabilité, de la durée de vie (le nombre de cycles de charge/décharge d'une batterie) et de la plage de températures de fonctionnement (AAA, 2019). Les batteries sont aussi les composants les plus coûteux d'un VÉ (CEC, 2017), ce qui explique pourquoi elles sont l'obstacle principal au déploiement des VÉ (Andwari *et al.*, 2017). Toutefois, de nombreuses avancées prometteuses relatives à la technologie des batteries sont en cours d'étude, comme les batteries lithium-air (Andwari *et al.*, 2017). On constate aussi une baisse des coûts de 87 % entre 2010 (plus de 1 100 $ US/kWh) et 2019 (156 $ US/kWh) grâce aux avancées technologiques, aux économies d'échelle et à l'augmentation des ventes de VÉ (BloombergNEF, 2019). En 2020, GM Canada a promis davantage de réductions des coûts allant jusqu'à moins de 100 $ US/kWh (GM, salle de presse corporative canadienne, 2020). Des programmes de location de batteries peuvent également aider à diminuer l'anxiété des consommateurs par rapport au coût et à la dépréciation de celles-ci, tout en augmentant la rentabilité des VÉ pour les fabricants (Baik *et al.*, 2019).

La faible autonomie des VÉ actuels est un autre problème important (Andwari *et al.*, 2017). Bien que la plupart des VÉ actuels puissent parcourir une distance de plus de 200 km sur une seule charge (PND, s.d.), les longues durées de recharge et un manque général de bornes de recharge présentent un obstacle important à leur adoption à grande échelle. De plus, la température —particulièrement les basses températures — peut réduire le rendement des batteries et, par conséquent, leur autonomie. Dans le cadre d'une étude, par rapport à la température ambiante de base d'environ 24 °C, on a constaté que la conduite dans une température ambiante d'environ -7 °C a donné lieu à une réduction de 12 % de l'autonomie de la batterie, et que l'utilisation du système de chauffage, de ventilation et de climatisation de l'air à cette même température a réduit l'autonomie de 41 % (AAA, 2019).

2.5 Séquence d'adoption des véhicules CASE

L'établissement d'un calendrier d'adoption à grande échelle des véhicules CASE au Canada est chargé d'incertitude; toutefois, en tenant compte de l'utilisation observée des nouvelles technologies mentionnées précédemment, le comité d'experts considère que la séquence d'adoption est plus claire :

- Les niveaux d'automatisation 1 et 2 selon l'échelle de la SAE sont déjà offerts dans certains véhicules personnels.
- On utilise déjà des véhicules équivalents aux niveaux 3 et 4 pour des applications dans les domaines de l'exploitation minière et de l''agriculture.

- La conduite automatisée sera probablement une réalité dans le domaine du transport lourd d'ici les 10 prochaines années; la circulation en peloton et la conduite automatisée sont aujourd'hui mises à l'essai par des camions de transport.
- Nous verrons probablement des navettes à basse vitesse et d'autres services de transport en commun semblables au cours des 10 prochaines années, comme des projets pilotes avec des taxis sans chauffeur.
- Nous ne verrons pas de véhicules autonomes de niveau 5 sur la voie publique dans les 10 prochaines années[3]; ils seront probablement déployés par le biais de modèles de propriété partagée, de services de mobilité (p. ex., les taxis ou les services de voiturage) ou d'applications commerciales légères (p. ex., des services de livraison).

Il est difficile de faire des hypothèses quant à l'arrivée des véhicules autonomes personnels sur les routes canadiennes en raison de la complexité des résultats et des utilisations possibles (p. ex., véhicules partagés ou privés, utilisations commerciales, coûts des MCI par rapport à ceux de l'électrification, exigences en matière d'infrastructure) ainsi que de l'incertitude par rapport aux défis techniques importants (p. ex., durée de vie des batteries, IA, capteurs, V2X). On comprend relativement bien les défis techniques par rapport à l'utilisation de véhicules entièrement autonomes sur la voie publique, mais les répercussions touchant la réglementation routière, les normes de sécurité des véhicules, les coûts, l'acceptation par les consommateurs et les normes éthiques sont vagues et pourraient limiter l'utilisation future de ces véhicules. Malgré les défis technologiques que présente le déploiement commercial à grande échelle des véhicules autonomes, il est possible d'atteindre le niveau d'automatisation 4. Ces véhicules doivent pouvoir fonctionner de façon autonome dans certaines conditions seulement (comme dans des régions géographiques précises ou sur certains types de route) et, à mesure que la technologie progressera, l'éventail d'endroits où ces véhicules pourront fonctionner augmentera. Il se peut que le niveau d'automatisation 5. soit impossible à atteindre, car il nécessite un fonctionnement dans toute situation de conduite. Toutefois, en dépit des progrès techniques réalisés, l'acceptabilité sociale, la confiance dans la sûreté et la sécurité des nouvelles technologies, et les règlements gouvernementaux qui en découlent peuvent présenter de plus grands obstacles à l'utilisation à grande échelle de véhicules hautement autonomes.

3 Le comité d'experts note une incertitude quant à la possibilité d'adopter un jour des véhicules de niveau 5.

L'acceptation des véhicules autonomes par les consommateurs au Canada pourrait être faible

Le Canada figure actuellement au 13e rang parmi 30 pays en matière d'acceptation par les consommateurs des véhicules connectés et autonomes selon l'*Indice de préparation aux véhicules autonomes* de KPMG (2020a); il était au 11e rang parmi 25 pays en 2019 (KPMG, 2019). Même si les résultats des sondages publics à ce sujet sont divergents, quelques tendances générales se dessinent : dans un certain nombre de sondages d'opinion publique menés récemment, beaucoup de Canadiens ont exprimé des réserves au sujet des véhicules autonomes, moins de 30 % des répondants ayant affirmé qu'ils voudraient se procurer un véhicule autonome ou en utiliser un (Gillis, 2016; CP, 2017; Ipsos, 2018). Selon un sondage mené par Ipsos en 2018, le Canada a l'un des plus forts taux de résistance à l'arrivée des véhicules autonomes; les Canadiens étaient plus susceptibles de dire qu'ils n'utiliseraient pas de véhicules autonomes et ils exprimaient moins d'intérêt pour la possession ou le partage de ces véhicules par rapport aux autres pays du monde. Moins de 50 % des Canadiens interrogés étaient d'avis que les véhicules autonomes seraient plus sécuritaires et économiques que les véhicules conventionnels. Toutefois, les Canadiens font plus confiance au gouvernement qu'aux fabricants, aux compagnies d'assurance ou aux associations d'automobilistes pour réglementer ces véhicules; dans les autres pays du monde, c'est l'inverse qui est vrai (Ipsos, 2018).

Les exigences en termes d'autorités réglementaires et de mise en application des règlements relatifs aux véhicules CASE sont complexes

L'utilisation commerciale des véhicules de niveau d'automatisation 4 se fera probablement dans des conditions géographiquement délimitées, telles que des gares de marchandises ou des installations portuaires (Perlman *et al.*, 2018), comme dans le cas du premier service de navettes autonomes de la ville de New York (Hawkins, 2019b). Il faudra corriger plusieurs lacunes relatives aux règlements de sécurité avant de pouvoir déployer des véhicules automobiles commerciaux sur les routes américaines (Perlman *et al.*, 2018). Il faudra par exemple redéfinir les termes « chauffeur » et « exploitant », ainsi que déterminer les exigences en matière de formation, de permis de conduire et d'exploitation pour le technicien à bord ou le superviseur à distance responsable de l'utilisation sécuritaire des véhicules automobiles autonomes commerciaux. Il existe également des lacunes relatives aux réglementations définissant les qualités requises du système de conduite automatisée lui-même pour en assurer une utilisation sécuritaire, ainsi que les normes assurant la performance sécuritaire des systèmes physiques et l'inspection et l'entretien du matériel dans les véhicules autonomes (Perlman *et al.*, 2018).

Il existe des lacunes semblables dans les règlements canadiens, ainsi que des complexités juridictionnelles supplémentaires, car les autorités fédérales sont responsables de la sécurité des véhicules commerciaux, mais les autorités provinciales et territoriales sont responsables de l'immatriculation de ces véhicules (TC, 2019h). Les défis en matière de politiques et de règlements pour le déploiement des véhicules autonomes comprennent la conception des véhicules et les normes de rendement, les mises à jour des lois relatives aux assurances, ainsi que les questions relatives à l'élaboration de normes techniques pour les technologies des véhicules connectés et autonomes. Un certain degré d'uniformisation internationale des normes réglementaires sera nécessaire afin d'assurer l'interopérabilité transfrontalière des véhicules autonomes. En fin de compte, beaucoup d'experts sont de l'avis que les technologies évolueront plus rapidement que les règlements, de telle sorte que l'obstacle principal au déploiement des véhicules ne sera pas lié à la technologie, mais plutôt à l'acceptation par le public ainsi qu'aux politiques, aux lois et aux règlements qui soutiennent un tel déploiement (CSPTC, 2018).

Au Canada, les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, et municipaux partagent la responsabilité de réglementer le transport routier (tableau 2.3). En 2019, Transports Canada a publié un document intitulé *Cadre de sécurité pour les véhicules automatisés et connectés* afin d'offrir des conseils pour des essais et un déploiement sécuritaires. D'autres documents fournissent un complément à ce cadre de travail. Le document intitulé *Essais des véhicules hautement automatisés au Canada : lignes directrices à l'intention des organismes d'essais* clarifie les rôles des différents ordres de gouvernement et établit des exigences de sécurité minimales volontaires pour la mise à l'essai des véhicules (TC, 2018a). Les administrations provinciales et territoriales peuvent établir leurs propres lois et règlements en s'appuyant sur ces exigences minimales volontaires et en approuvant des demandes d'essais. Le document intitulé *Lignes directrices aux administrations canadiennes sur la sécurité des essais et du déploiement des véhicules hautement automatisés*, publié conjointement par les administrations provinciales et territoriales et Transports Canada en 2018, fournit des directives relativement aux essais et au déploiement, incluant l'immatriculation des véhicules, les programmes d'essais, la formation des conducteurs et l'application du Code de la route (CCATM, 2018). Le document intitulé *Évaluation de la sécurité des systèmes de conduite automatisés au Canada*, publié en 2019, présente aux constructeurs automobiles des lignes directrices concernant la sécurité relative aux véhicules de niveau d'automatisation 3 et plus qui ne sont pas traitées dans les règlements actuels (TC, 2019c). En consultant ces lignes directrices et ces cadres de travail, les constructeurs peuvent s'adapter et se préparer aux technologies évolutives, mais en fin de compte, il faudra modifier les lois et les règlements actuels ou adopter de

nouvelles lois afin d'assurer l'applicabilité des exigences importantes en matière de sûreté, de confidentialité et de cybersécurité relatives aux véhicules CASE.

Tableau 2.3 Rôles et responsabilités des administrations canadiennes relativement au transport routier et aux véhicules CASE

Administration fédérale
• Gère l'uniformisation des règlements dans les administrations canadiennes, y compris les règlements portant sur les systèmes d'essais pilotes • Facilite la collaboration entre les divers ordres de gouvernement et l'industrie • Tient les constructeurs de véhicules responsables de se conformer aux normes de sécurité et aux normes technologiques à l'échelle mondiale, surtout aux États-Unis et au Mexique • Établit les normes de sécurité des véhicules automobiles et assure leur application • Élabore des règlements en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité • Établit les normes techniques relatives aux technologies des communications (p. ex., 5G, CDCD) et assure leur application • Offre du financement pour les activités industrielles et universitaires (p. ex., recherche, augmentation des capacités de production)
Administrations provinciales et territoriales
• Élaborent un cadre juridique pour les essais et le déploiement de véhicules • Adoptent des lois qui incorporent les exigences fédérales concernant la sécurité des véhicules • Gèrent l'octroi des permis de conduire des conducteurs et l'immatriculation des véhicules • Réglementent les polices d'assurance et de responsabilité automobile • Établissent des lois et des règlements en matière de circulation routière et assurent leur application • Adaptent des infrastructures de transport appartenant à la province pour soutenir l'utilisation des véhicules CASE • Élaborent et planifient des projets de transport pour l'avenir • Offrent du financement pour les activités industrielles et universitaires (p. ex., recherche, augmentation des capacités de production)
Administrations municipales
• Assurent l'application des cadres législatifs et réglementaires élaborés par les provinces et les territoires, notamment ceux relatifs à l'application des mesures de sécurité relatives aux véhicules CASE • Adoptent des règlements municipaux touchant le transport et assurent leur application • Adaptent des infrastructures de transport appartenant à la municipalité pour soutenir l'utilisation des véhicules CASE • Prennent des décisions en matière d'aménagement territorial et urbain • Exploitent des systèmes de transport, y compris les systèmes de transport en commun, les taxis et la MaaS • Gèrent les questions logistiques relatives au contrôle de la circulation et à l'application des règlements en matière de stationnement

Adapté de CSPP (2019) [traduction libre]

L'arrivée des véhicules CASE est attendue et encouragée dans certaines régions du Canada

L'anticipation et le soutien du développement des véhicules CASE au Canada sont considérables (encadré 2.3). Dans le cadre de projets pilotes, on a utilisé des navettes autonomes à basse vitesse pour transporter des personnes sur des routes canadiennes publiques et privées, notamment en Colombie-Britannique, en Alberta et au Québec (ELA, 2018; Transdev Canada, 2019). Les administrations provinciales et territoriales ont établi leurs propres exigences en ce qui concerne le déploiement des véhicules autonomes en approuvant des demandes de mise à l'essai, par voie législative (Gouv. du Qc, 2018; Gouv. de l'Ont., 2019a) ou en accordant des exemptions aux règlements routiers applicables (Heinsen et Makson, 2019). En 2019, la Ville de Toronto a publié son Plan tactique en matière de véhicules autonomes en prévision de l'arrivée des véhicules hautement autonomes dans ses rues en 2022 (Ville de Toronto, 2019a).

Encadré 2.3 Programmes de financement pour appuyer le développement des véhicules CASE au Canada

Les programmes fédéraux de financement qui appuient le développement des véhicules CASE au Canada comprennent des fonds généraux pour appuyer l'innovation (p. ex., le Fonds stratégique pour l'innovation et le Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches du Canada) ainsi que de l'aide offerte par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada par l'intermédiaire de subventions aux chercheurs universitaires (TC, 2019e). La Fondation canadienne pour l'innovation fournit des subventions d'infrastructure aux installations de recherche, notamment aux laboratoires qui étudient la conduite automatisée (p. ex. FCI, 2017). Un des organismes de soutien régional ciblé est l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario), dont l'objectif est d'aider à stabiliser et à renforcer l'économie (TC, 2019e).

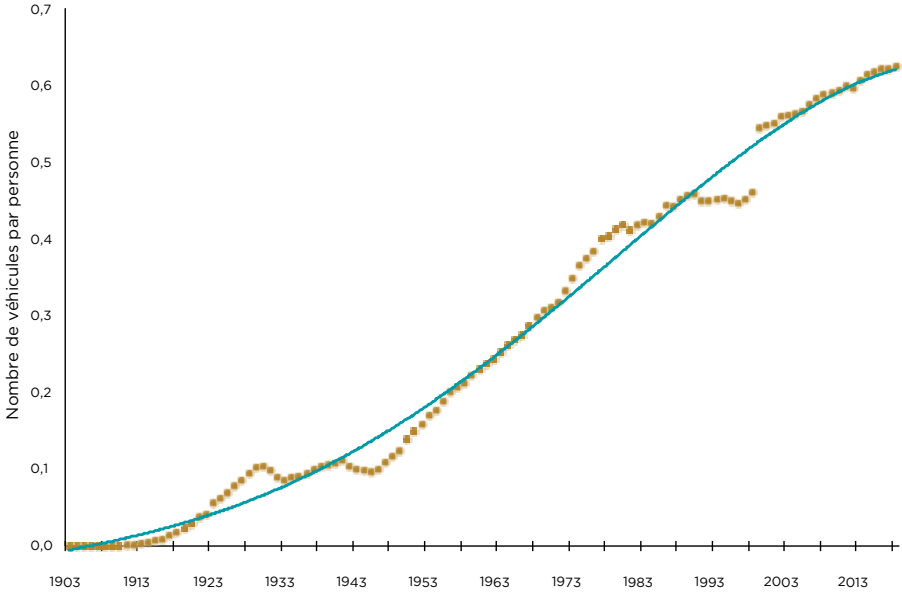
(Continue)

(a continué)

Les administrations provinciales aussi soutiennent activement l'industrie des véhicules CASE. Par exemple, en Ontario, le Réseau d'innovation pour les véhicules autonomes (RIVA) finance des programmes visant à développer des technologies de conduite automatisée et à en faire la démonstration avec le soutien du ministère du Développement économique, de la Création d'emplois et du Commerce de l'Ontario, ainsi que du ministère des Transports avec l'aide des Centres d'excellence de l'Ontario (RIVA, 2019). Propulsion Québec a de son côté pour but de « positionner le Québec parmi les leaders mondiaux du développement et du déploiement des modes de transport terrestre favorisant le transport intelligent et électrique » grâce à l'aide financière de la province de Québec et des administrations fédérale et municipales (Propulsion Québec, s.d.).

Les véhicules CASE auront probablement une trajectoire de diffusion en forme de « s »

La première automobile abordable, le modèle T de Ford, est entrée en production en 1908, mais ce n'est qu'au cours des années 1990 que le marché de l'automobile a atteint sa saturation aux États-Unis, alors que près de quatre personnes sur cinq possédaient un véhicule (Litman, 2019). Au Canada, la diffusion des véhicules a suivi une courbe semblable; environ trois personnes sur cinq possédaient un véhicule en 2018 (figure 2.3). Cette trajectoire de diffusion en forme de « s » est courante pour beaucoup de technologies automobiles. Les transmissions automatiques (offertes depuis environ 50 ans), les coussins gonflables (25 ans) et les systèmes de navigation (30 ans) ont tous connu une trajectoire de diffusion en forme de « s » jusqu'à une saturation correspondant à 80 à 100 % des parts du marché (Litman, 2019). Certaines autres technologies automobiles, comme les véhicules hybrides et les services d'abonnement (p. ex., services de navigation, de verrouillage et de déverrouillage à distance, et d'urgence), ont moins de 5 % des parts de marché (Litman, 2019). À mesure que les services de mobilité partagée offrent de nouvelles options de mobilité aux utilisateurs canadiens, il sera de plus en plus difficile de prévoir la pénétration éventuelle des véhicules autonomes personnels sur le marché. Toutefois, puisque les avantages individuels dépendent du nombre de personnes qui utilisent ces véhicules (c.-à-d. des effets de réseau positifs), la diffusion peut suivre une trajectoire semblable à celle d'autres technologies de réseau, comme Internet, les téléphones intelligents et les médias sociaux (Brynjolfsson et McAfee, 2014; Naughton, 2016; Reid, 2018).



Source des données : StatCan (2014, 2019c, 2019h)

Figure 2.3 Trajectoire de diffusion des automobiles au Canada

Le nombre de véhicules légers par personne au Canada suit approximativement une trajectoire de diffusion en forme de « s » (ligne bleu sarcelle), atteignant un point d'inflexion au cours des années 1970. Il est à noter qu'un changement dans la classification des véhicules en 2000 (les « voitures de tourisme » étant devenues des « véhicules pesant moins de 4 500 kg ») a modifié la trajectoire de la courbe.

Les consommateurs qui sont les premiers à adopter les nouvelles technologies sont largement disposés à dépenser leur argent pour obtenir un véhicule autonome en raison de leur optimisme quant à celle-ci (Shabanpour *et al.*, 2018; Talebian et Mishra, 2018). Ces consommateurs ont souvent des niveaux de revenu, d'éducation et d'alphabétisation technologique élevés (Shabanpour *et al.*, 2018). Comme mentionné précédemment, les consommateurs sont motivés par différents modes de communication. Par exemple, les publicités attirent plus les personnes qui se déplacent souvent sur de longues distances que les personnes qui ont déjà été impliquées dans une collision; ces dernières tendent à être influencées davantage par le bouche-à-oreille (Shabanpour *et al.*, 2018). Il est intéressant de noter que le coût des véhicules autonomes n'influe pas beaucoup sur la demande par rapport à celui des véhicules conventionnels (Lavasani *et al.*, 2016). Puisque l'on prévoit une baisse considérable du coût des véhicules autonomes au fil du

temps, il est probable que ce seront des facteurs sociaux qui seront les moteurs principaux de la diffusion plutôt que des facteurs économiques.

Il y a un certain consensus selon lequel les véhicules autonomes ne seront pas courants sur les voies publiques au Canada avant les années 2030 ou 2040 (Ticoll, 2015). Plusieurs prévoient que leur adoption précoce à l'échelle mondiale aura lieu d'ici 2030, atteindra son sommet dans les années 2040, et que la saturation de leur part du marché de l'automobile se produira dans les années 2060 (Lavasani *et al.*, 2016; Shabanpour *et al.*, 2018; Talebian et Mishra, 2018). L'adoption se fera probablement plus rapidement dans les villes (c.-à-d. au cours des 10 à 15 prochaines années), et plus tard dans les régions situées entre les villes (au cours des 20 à 30 prochaines années) (CSPTC, 2018).

2.6 Résumé

Il y a actuellement des véhicules connectés et des véhicules électriques sur les routes et ils deviennent de plus en plus nombreux. Des technologies de niveau d'automatisation 1 et 2 selon l'échelle de la SAE sont également offertes dans la plupart des véhicules neufs au Canada. On utilise déjà des véhicules autonomes pour certaines applications commerciales privées, comme l'exploitation minière et l'agriculture, ainsi que sur des campus industriels privés; au cours des cinq prochaines années, on commencera probablement à les utiliser dans les entrepôts, les installations portuaires et d'autres installations possédant des routes privées. Dans les 10 prochaines années, l'utilisation des technologies de véhicules autonomes continuera probablement dans des contextes commerciaux publics, comme le camionnage et les services de livraison, ainsi que dans le cadre de services de mobilité, comme dans les navettes autonomes à basse vitesse et les véhicules de transport en commun. Les véhicules personnels autonomes arriveront plus tard que les autres types de véhicules autonomes, et le moment de leur arrivée est le plus incertain, mais on sait qu'ils sont susceptibles de faire initialement partie de modèles de mobilité partagée. Des incertitudes découlent de défis technologiques, comme ceux relatifs à l'IA, à la capacité de traitement informatique et aux capteurs; de défis réglementaires, comme ceux liés aux assurances et aux normes de sécurité; et de défis sociaux, comme l'acceptation et l'abordabilité. Une ou plusieurs de ces incertitudes pourraient limiter le déploiement des véhicules personnels entièrement autonomes. Le scénario le plus probable, qui constitue l'hypothèse de travail du comité d'experts dans ce rapport, est que les tendances technologiques évolueront vers un véhicule combinant plusieurs caractéristiques, soit le véhicule CASE.

3

Véhicules CASE et industrie

3.1 Fabrication de véhicules automobiles et de pièces

3.2 Industrie des VÉ

3.3 Industrie des services de mobilité

3.4 Industrie des TIC

3.5 Marché du travail

3.6 Résumé

Constatations du chapitre

- Les véhicules CASE créent des occasions d'expansion des capacités de R-D au sein de l'industrie automobile, mais il est difficile de savoir si le Canada saura attirer et maintenir les investissements en R-D à la fois d'entreprises internationales et nationales.
- Il sera important de garantir aux usines canadiennes des mandats de production pour les véhicules CASE et leurs composants afin de contrebalancer les défis actuels auxquels le secteur fait face, mais l'engagement continu des administrations fédérale et provinciales sera nécessaire.
- On s'attend à une restructuration des chaînes d'approvisionnement intégrées verticalement du secteur de l'automobile pour correspondre à l'organisation en réseau du secteur des TIC, créant des occasions pour les entreprises d'infodivertissement, de jeux, de services après-vente, de services financiers, de services de livraison, de gestion de parcs de véhicules et de services de mobilité partagée. Un défi de taille pour les industries canadiennes des TIC et de l'automobile sera leur intégration dans les réseaux d'approvisionnement de véhicules CASE, particulièrement au cours des 10 prochaines années.
- L'électrification des parcs de véhicules de transport en commun et de véhicules commerciaux présente des possibilités d'expansion pour les constructeurs canadiens d'autobus et de véhicules commerciaux.
- À plus long terme (c.-à-d. dans plus de 10 ans), les modèles d'affaires des entreprises automobiles seront bouleversés si la proposition de valeur passe de la vente de véhicules à la vente de déplacements (ou de l'expérience associée à ces déplacements).

L'industrie automobile au Canada est un système complexe composé de fournisseurs de pièces (des matières brutes allant jusqu'aux composants assemblés), de constructeurs de véhicules (aussi connus sous le nom de fabricants d'équipement d'origine, ou FEO), de concessionnaires, de garages indépendants et de consommateurs. À mesure que de nouvelles technologies émergent, leur combinaison en de nouveaux produits et processus comportant de nouvelles fonctionnalités permet à l'économie de croître (Arthur, 2009). Les véhicules CASE allient la construction et l'assemblage traditionnels d'automobiles et le développement de logiciels, la gestion de l'entretien, l'IA, les capteurs et d'autres technologies faisant partie de la netéconomie. Magna, fondé à Toronto

en 1957 et un des plus importants fournisseurs de pièces d'automobiles au monde, se présente aujourd'hui comme une entreprise de technologie qui fournit des produits à l'industrie automobile (Magna International Inc., 2019). Les véhicules CASE sont susceptibles de faire en sorte que les FEO se concentrent davantage sur le développement de logiciels plutôt que de matériel (McKinsey & Company et BloombergNEF, 2016). Actuellement, les FEO du secteur de l'automobile embauchent habituellement environ 11 ingénieurs en matériel informatique pour chaque ingénieur en logiciels (un rapport de 11 sur 1), tandis que dans les entreprises de technologie, ce rapport est de 1 sur 2 (McKinsey & Company et BloombergNEF, 2016). Les véhicules CASE créeront une panoplie de créneaux de possibilités directement liées à la fabrication, à l'assemblage et à l'exploitation. Le développement de véhicules CASE pourrait également toucher d'autres secteurs indirectement, comme le secteur des carburants de rechange pour le transport (Bicer et Dincer, 2018) et l'industrie de la mode (p. ex. Stein, 2019). À la base, les véhicules CASE demeurent des véhicules et nécessitent des chaînes d'approvisionnement et d'assemblage de véhicules et de pièces. Le présent chapitre traite de la mesure dans laquelle le secteur manufacturier canadien pourrait faire partie intégrante de la chaîne d'approvisionnement des véhicules CASE et examine la façon dont l'intégration des autres secteurs technologiques influera sur les industries canadiennes (figure 3.1).

Figure 3.1 Secteurs de l'industrie touchés par les véhicules CASE

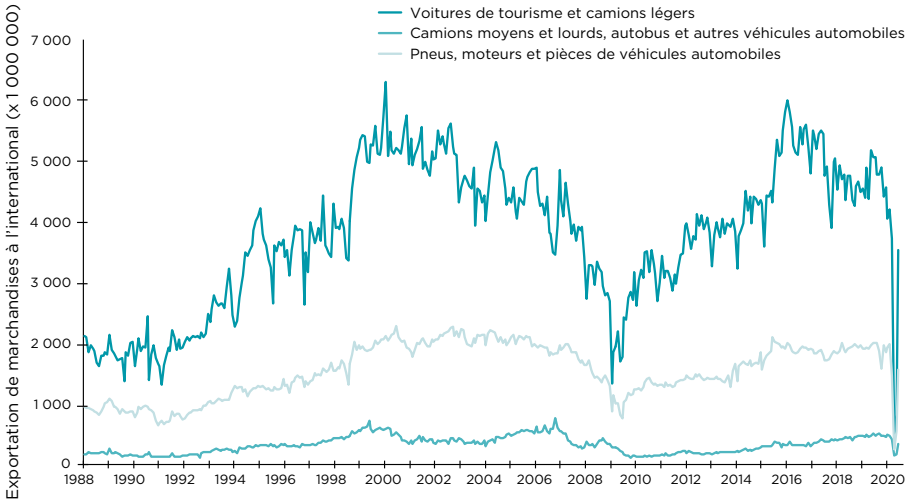
Les véhicules autonomes, connectés, électriques et partagés (CASE) auront des répercussions sur un large éventail de secteurs industriels établis et émergents, y compris ceux associés à la fabrication d'automobiles et de technologies de l'information et de la communication (TIC), aux infrastructures de transport, aux services de transport et aux assurances.

3.1 Fabrication de véhicules automobiles et de pièces

Le secteur de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces est actuellement la deuxième industrie manufacturière en importance au Canada (Yates et Holmes, 2019); il compte près de 145 000 emplois directs et a ajouté 16,4 milliards de dollars au PIB du Canada en 2019 (StatCan, 2019f, 2019g)[4]. Aucun des cinq FEO qui construisent des véhicules légers au Canada, soit Toyota, Fiat Chrysler Automobiles (FCA), GM, Honda et Ford, n'appartient à des Canadiens (Yates et Holmes, 2019). Ils exploitent sept usines d'assemblage dans le sud de l'Ontario et comptent environ 28 000 employés (FCA, 2019; TMMC, 2019; Honda Canada Inc., 2020; Ford, s.d.; GM, s.d.).

L'industrie canadienne de l'automobile est étroitement liée à celles des États-Unis et du Mexique. Environ 85 % des véhicules légers fabriqués au Canada ont été exportés aux États-Unis en 2016; à l'inverse, environ 45 % des véhicules légers américains et 12 % de ceux du Mexique sont exportés au Canada (Yates et Holmes, 2019). L'exportation canadienne de véhicules automobiles et de pièces s'est largement redressée depuis la crise financière de 2008 (figure 3.2). Toutefois, la production de véhicules légers (c.-à-d. la production de voitures de tourisme) ne s'est pas redressée au même niveau, le niveau de production en 2019 étant à 28 % du sommet atteint en 1999 (OICA, 2020). Près de 700 fournisseurs de pièces canadiens contribuent à la fabrication de véhicules automobiles au Canada et à l'étranger (Tanguay, 2018). En 2018, quatre FEO canadiens fournisseurs de pièces (tous situés en Ontario) figuraient parmi les 100 meilleurs à l'échelle mondiale en matière de vente de pièces d'équipement d'origine : Magna International Inc., à Aurora (3e); Linamar Corp., à Guelph (57e); Martinrea International Inc., à Vaughan (78e); et Multimatic Inc., à Markham (93e). Collectivement, ces entreprises ont réalisé plus de 49 milliards de dollars en ventes de pièces d'automobiles provenant de FEO en 2018 (Automotive News, 2019a).

4 Ces données excluent les travailleurs embauchés par des agences de placement temporaire et certains fournisseurs de pièces qui approvisionnent des entreprises automobiles (p. ex., vitre, caoutchouc et produits de fonderie). Elles incluent toutefois les constructeurs de camions lourds, de motocyclettes, de véhicules militaires et d'autres véhicules qui ne font généralement pas partie de l'industrie automobile. Sweeney et Mordue (2017), en utilisant une méthodologie différente, ont estimé qu'en 2014, l'industrie automobile employait au moins 130 000 personnes au Canada, dont environ 124 000 travaillaient en Ontario.



Source des données : StatCan (2020)

Figure 3.2 Exportation canadienne de véhicules automobiles et de pièces, par mois

Données d'exportation mensuelle désaisonnalisées et sur une base douanière (x 1 000 000) de véhicules automobiles (voitures de tourisme et camions légers; camions moyens et lourds, autobus et autres véhicules automobiles; pneus, moteurs et pièces de véhicules automobiles) au Canada, de janvier 1988 à juin 2020. Les éléments de l'axe horizontal indiquent les données du mois de janvier de chaque année.

3.1.1 État de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces au Canada

La fabrication de véhicules automobiles et de pièces connaît un déclin au Canada

Comme c'est le cas pour les emplois dans le secteur manufacturier partout dans le monde (Gruss et Novta, 2018), la fabrication de véhicules automobiles et de pièces est en déclin au Canada depuis les 20 dernières années. Ce déclin de l'industrie automobile canadienne depuis le début des années 2000 découle de la cumulation de plusieurs facteurs : la fin de *l'Accord canado-américain sur les produits de l'industrie automobile* (Pacte de l'automobile) de 1965, la hausse du dollar canadien, et la concurrence accrue de la part de régions à faibles salaires au sud des États-Unis et au Mexique (Mordue et Sweeney, 2017), pour n'en nommer que quelques-uns. D'après Mordue et Sweeney (2019), le Canada se situe dans la « semi-périphérie » de la fabrication automobile; il ne figure pas dans le cœur

(près des sièges sociaux des FEO) ni dans la périphérie intégrée (avec des installations de production à faible coût appartenant à des FEO étrangers). L'industrie canadienne compte beaucoup de propriétaires venant de l'étranger (aucun FEO national) et des coûts de fabrication élevés, mais comprend aussi d'importants fournisseurs de pièces multinationaux. Les mesures incitatives gouvernementales actuelles contribuent à l'entretien et à la mise à niveau des installations existantes, mais elles n'attirent pas beaucoup de nouvelles installations et ne favorisent pas la croissance des installations actuelles (Mordue et Sweeney, 2017).

La compétitivité canadienne en matière de fabrication de véhicules automobiles et de pièces dépend de la valeur relative de facteurs comme le coût et la qualité de la main-d'œuvre, l'électricité, la logistique et d'autres coûts, par comparaison avec l'Amérique du Nord et le reste du monde (CAPC, 2016). Par exemple, alors que les coûts de la main-d'œuvre au Canada étaient semblables à ceux aux États-Unis au premier trimestre de 2020 (112 et 114 points d'indice, respectivement), les coûts de la main-d'œuvre au Mexique étaient en moyenne de 14,5 points d'indice inférieurs à ceux du Canada (Trading Economics, 2020). Les ententes commerciales influent également sur la compétitivité du Canada. Les répercussions seront probablement différentes pour les FEO et les fournisseurs de premier niveau, comparativement aux petits et aux moyens fabricants. Toutefois, il existe une certaine incertitude au sujet des effets qu'exerceront les accords commerciaux plus récents, qui n'ont pas encore été ratifiés ni entièrement mis en œuvre, sur l'avenir de la construction automobile (Yates et Holmes, 2019). Récemment, on a tenté d'alléger le fardeau réglementaire pour les entreprises présentes en Ontario à l'aide de lois visant à réduire les coûts d'affaires, à harmoniser les exigences réglementaires et à réduire les obstacles à l'investissement (Gouv. de l'Ont., 2019b).

Le Canada possède des atouts majeurs dans le domaine de la construction automobile, notamment des installations primées de production de véhicules, une main-d'œuvre hautement qualifiée et éduquée, et plusieurs installations de R-D dans le secteur de l'automobile dans des laboratoires gouvernementaux et des campus, universitaires et collégiaux (Tanguay, 2018). En 2019, J.D. Power (2019) a décerné le prix Platine pour la qualité à l'usine Nord de Cambridge de Toyota Motor Corp., en Ontario, soulignant le fait qu'elle produit les véhicules avec le moins de défectuosités et de défaillances au monde. Par ailleurs, J.D. Power a nommé l'Equinox de Chevrolet, construit dans une usine de GM à Ingersoll, en Ontario, le meilleur véhicule utilitaire compact en 2019 (Irwin, 2020). Toutefois, la qualité relative et le niveau d'éducation de la main-d'œuvre canadienne sont possiblement plus comparables à ceux de la main-d'œuvre des régions à faibles salaires qu'on le reconnaît généralement (Mordue et Sweeney, 2017). Alors que le niveau moyen d'éducation des travailleurs mexicains est beaucoup plus faible que

celui des travailleurs canadiens, les FEO au Mexique sont des employeurs attrayants recrutant à partir de bassins de candidats qui incluent des travailleurs qualifiés et éduqués (Mordue et Sweeney, 2017).

Dans le cadre d'un sondage mené en 2015 auprès de directeurs d'usines de fabrication de pièces d'automobiles en Ontario, certains répondants (115 des 558 sondés, y compris des directeurs d'usines canadiennes et étrangères allant de moins de 50 jusqu'à plus de 250 employés) ont indiqué que les cotisations sociales et les coûts en électricité étaient les plus grands obstacles à la réussite d'une usine (Holmes *et al.*, 2017). La majorité des répondants considéraient que les mesures de politiques publiques, comme les subventions et les crédits d'impôt pour la R-D, les programmes pour retenir ou attirer les ressources en assemblage de véhicules, les accords commerciaux internationaux et l'appui à la formation de la main-d'œuvre, contribuent à la réussite de l'usine (Holmes *et al.*, 2017). Ces résultats de sondage reflètent les défis auxquels l'industrie fait face pour sortir de la semi-périphérie — c'est-à-dire pour tenter soit de faire concurrence dans la périphérie intégrée (p. ex., avec des régions à faibles salaires comme le Mexique et le sud des États-Unis), soit de faire la transition vers les activités fondées sur les connaissances (p. ex., RD), habituellement au cœur de l'industrie (Mordue et Sweeney, 2019).

La R-D dans l'industrie automobile est largement effectuée à l'extérieur du Canada

À l'échelle mondiale, l'intensité de la R-D dans l'industrie automobile est considérée comme étant moyenne à élevée (Galindo-Rueda et Verger, 2016). Toutefois, au Canada, l'industrie nationale de l'automobile figure parmi les industries les moins actives en R-D; le Canada y investit seulement 12 % de la moyenne de l'OCDE et moins de 6 % de ce qu'investit le chef de file mondial, le Japon (CAC, 2018). Plus précisément, en 2011, le Canada figurait au 26e rang parmi 29 pays en matière d'intensité de la R-D dans l'industrie des véhicules automobiles, des remorques et des semi-remorques (CAC, 2018).

L'industrie canadienne de l'automobile comprend surtout des fournisseurs de pièces et des usines d'assemblage de pièces d'équipement d'origine; ces types d'installations effectuent beaucoup moins de R-D que les installations d'ingénierie de produits, qui, en Amérique du Nord, sont habituellement situées près des sièges sociaux des FEO et regroupées au Michigan (Yates et Holmes, 2019). Le Canada génère moins de 2 % de la part mondiale des brevets relatifs aux véhicules (c.-à-d. les brevets de la classe B60) produits par les cinq FEO et leurs filiales présentes au pays (Mordue et Sweeney, 2019). Toutefois, Mordue et Sweeney (2019) soulignent que le fait d'associer les activités liées aux brevets à celles liées à la R-D présente des inconvénients, notamment parce que les innovations axées sur les processus sont souvent traitées, dans l'industrie

automobile, comme des secrets industriels plutôt que soumises en tant que brevets. Il y a également des indications que les activités de R-D dans l'industrie automobile sont à la hausse au Canada; Ford et GM ont augmenté de façon notable leurs activités liées aux brevets dans les dernières années au Canada (Mordue et Sweeney, 2019), et ont tous deux annoncé des agrandissements de leurs installations de R-D dans le sud et dans l'ouest de l'Ontario, respectivement, près des installations de recherche des fabricants de TIC et de pièces (Goracinova et Wolfe, 2019).

Les fournisseurs de pièces et de matériaux effectuent la plupart des activités de R-D dans le secteur canadien de l'automobile. Si plusieurs constructeurs automobiles réalisent des activités d'innovation au Canada (voir Goracinova et Wolfe, 2019), aucun d'entre eux ne dépense une part importante de son budget de R-D ici (Research Infosource Inc., 2019). La tendance à regrouper les activités de R-D près des sièges sociaux des FEO, donc à l'extérieur du Canada, est également évidente parmi les fournisseurs de pièces. Même les plus grandes entreprises de pièces canadiennes dépensent une partie importante, si ce n'est la presque totalité, de leur budget de R-D à l'extérieur du Canada (Mordue et Sweeney, 2019); cette situation est susceptible de se poursuivre sans un appui ferme et soutenu apporté aux efforts d'innovation industrielle au Canada.

3.1.2 Véhicules CASE et industrie canadienne de l'automobile

Les véhicules CASE présentent de nouvelles possibilités de R-D pour l'industrie automobile au Canada

L'arrivée des véhicules CASE présente de nouvelles possibilités en matière de R-D pour l'industrie automobile au Canada. Le secteur canadien de fabrication de véhicules automobiles et de pièces se situe dans la deuxième région en importance pour les TIC en Amérique du Nord (l'Ontario) et offre un vaste réseau d'experts dont les contributions au développement des véhicules CASE seront précieuses (GC, 2017; Tanguay, 2018). Ce réseau comprend entre autres des grappes d'expertise en IA, notamment en matière d'apprentissage automatique, d'apprentissage profond, de réseaux neuronaux et de vision artificielle (GC, 2019a). Les installations d'essais en Ontario offrent des occasions en matière d'élaboration de technologies pour véhicules CASE qui fonctionneront en toute sécurité dans toutes les conditions (WSP Global Inc., 2019). Par exemple, le Réseau d'innovation pour les véhicules automatisés (RIVA) en Ontario, sous la direction des Centres d'excellence de l'Ontario et avec l'appui du gouvernement de l'Ontario, offre un programme de développement WinterTech dont l'objectif est de « tirer profit du climat unique de l'Ontario pour procéder à la validation, aux essais et au prototypage de vos

nouvelles technologies automobiles et solutions de mobilité, conçues spécifiquement pour l'hiver » (RIVA, 2020).

Bien que les emplois traditionnels en fabrication continuent de diminuer à mesure que les progrès technologiques se réalisent et que les chaînes de production deviennent de plus en plus automatisées, les nouvelles possibilités de travail relatives aux services de transport et aux services de communication pourraient stimuler la croissance de l'économie mondiale en pleine évolution (Gruss et Novta, 2018). Le comité d'experts souligne qu'il existera aussi de nouvelles possibilités au sein des secteurs traditionnels de l'automobile, comme des innovations en matière de fabrication en atelier de même que le développement de l'ingénierie de produits, dans les domaines du sous-assemblage, des propulseurs de remplacement et de la R-D, par exemple. La société Ford Motor Company a annoncé un investissement en Ontario de 1,8 milliard de dollars pour réoutiller son installation à Oakville, dans le but de construire de nouveaux véhicules électriques à batterie, ainsi qu'un investissement de 148 millions de dollars dans son installation de fabrication de groupes motopropulseurs à Windsor (Unifor, 2020). La majeure partie des activités de R-D actuelles dans l'industrie automobile porte sur les TIC et est réalisée par les constructeurs automobiles; les nouvelles technologies automobiles venant du secteur des TIC transformeront les modèles de production et probablement même l'aménagement organisationnel du secteur de l'automobile (Goracinova et Wolfe, 2019). Afin de devenir un écosystème compétitif et innovateur, le secteur automobile canadien aura besoin d'un appui soutenu en R-D, ainsi que de la collaboration entre les gouvernements, les universités et l'industrie.

Le rôle du marché des pièces de rechange est incertain dans un avenir caractérisé par les véhicules CASE

La situation devient de plus en plus tendue entre les FEO de véhicules connectés et les exploitants indépendants de l'industrie du marché des pièces de rechange au sujet de l'accès aux données générées par la télématique (AIA Canada, 2017). Les fournisseurs de services du marché des pièces de rechange ont l'occasion importante de tirer profit des systèmes de diagnostic intégrés si, par exemple, la connectivité est permise afin d'établir un calendrier plus efficace pour les services d'entretien et de réparation (c.-à-d. commandes de pièces à l'avance, diagnostics à distance de l'usure) (AIA Canada, 2017). Toutefois, des occasions comme celles-là dépendent du pouvoir juridique des propriétaires de véhicules de décider qui peut accéder aux données générées par leur véhicule et comment ces données seront utilisées. L'*Entente relative à la norme canadienne visant les renseignements sur l'entretien des véhicules automobiles (CASIS, pour Canadian Automotive Service Information Standard)* représente une entente volontaire entre les FEO et le marché

indépendant des pièces de rechange permettant le partage de renseignements sur l'entretien, d'outils, et de matériel de formation pour effectuer les procédures de diagnostic et la réparation de véhicules à des « prix commercialement raisonnables » (CASIS, 2009). L'entente CASIS traite de l'accès aux données à partir des ordinateurs intégrés, mais pas de la connectivité en tant que telle (CASIS, 2009). La question portant sur le « droit à la réparation » pour les consommateurs est toujours sans réponse dans plusieurs secteurs technologiques, comme ceux des téléphones intelligents et du matériel agricole (Wilkinson, 2020). Les lois qui seront établies au Canada et aux États-Unis relativement à cette question auront sans doute des répercussions pour l'industrie des véhicules CASE ainsi que sur le rôle du marché indépendant des pièces de rechange dans l'avenir.

Les véhicules CASE représentent également une diminution potentielle des demandes de services de réparation en raison de l'électrification et de l'automatisation. Les véhicules électriques (VÉ) comportent moins de composants et ne nécessitent pas autant d'entretiens de routine que les véhicules à MCI (p. ex., aucun besoin de changement d'huile) (AIA Canada, 2017). On s'attend aussi à ce que les véhicules autonomes soient moins souvent impliqués dans des collisions que les véhicules conduits par un humain, ce qui entraînera une réduction de la demande de fabrication de pièces et de services de réparation (KPMG, 2017a). De plus, la question du partage des véhicules CASE laisse entrevoir une transition de la propriété privée vers la gestion de parcs d'entreprise, alors que les services après-vente seront fournis d'une entreprise à l'autre plutôt que d'une entreprise à un consommateur (McKinsey, 2018a). Il est donc possible que la demande de services auprès des garages et des ateliers locaux et indépendants chute substantiellement, mais il est difficile de prédire ce qui se produira dans un avenir lointain.

3.2 Industrie des VÉ

3.2.1 État de l'industrie des VÉ

L'électrification des véhicules relève de l'intérêt public; il s'agit d'une nécessité pour réduire les émissions en réponse aux changements climatiques, si bien que la demande qu'on procède à cette électrification est stimulée principalement par des politiques plutôt que par les préférences des consommateurs ou par la concurrence au sein de l'industrie (Lutsey *et al.*, 2018; Sperling, 2018). Comme il a été noté au chapitre 2, le comité d'experts travaille à partir de l'hypothèse selon laquelle les nouvelles technologies automobiles (c.-à-d. les véhicules CASE) vont intégrer l'électrification d'une façon ou d'une autre (par l'intermédiaire de batteries ou de piles à combustible). D'ailleurs, le rang élevé de la Norvège selon l'*Indice de*

préparation aux véhicules autonomes 2019 de KPMG s'explique en grande partie par son adoption à grande échelle des VÉ (KPMG, 2019). Les politiques publiques ont stimulé cette adoption, grâce à de généreuses exemptions fiscales sur les achats de VÉ, des bornes de recharge sans frais, l'exemption des frais de péage et de stationnement, et l'accès aux voies réservées aux autobus (Sperling, 2018). On prédit que 55 % des véhicules neufs vendus en Europe seront des VÉ d'ici 2030 (PwC Canada, 2018).

Les politiques publiques stimulent la croissance du marché des VÉ

Le Canada accuse un retard par rapport à certains pays comparables en ce qui concerne le taux d'adoption des VÉ (CEC, 2017); toutefois, les ventes de véhicules zéro émission au pays augmentent. Actuellement, la Colombie-Britannique et le Québec offrent une certaine forme d'incitatif financier pour l'achat d'un VÉ; jusqu'en 2018, on offrait également de tels incitatifs en Ontario (Gouv. de l'Ont., 2018). La norme véhicules zéro émission (VZE) du Québec, qui exige que les constructeurs automobiles gagnent des crédits par la vente de véhicules à faibles émissions ou de véhicules zéro émission, est entrée en vigueur en 2018 (Gouv. du Qc, s.d.). En Colombie-Britannique, des incitatifs sont offerts au point de vente pour l'achat de véhicules zéro émission, et une loi exigeant que tous les véhicules légers soient des véhicules zéro émission d'ici 2040 a récemment été adoptée (Gouv. de la C.-B., 2019).

Dans les scénarios de modélisation, les subventions à l'achat de véhicules électriques rechargeables augmentent les parts de marché. Axsen et Wolinetz (2018) estiment que les parts de marché pour les VÉ rechargeables se situeront entre 5 et 11 % d'ici 2030 avec les modèles d'incitation actuels (en date de 2018); ces estimations atteignent jusqu'à 14 à 42 % lorsqu'une mesure incitative de 6 000 $ par véhicule est mise en œuvre sur une période de 13 ans. En ajoutant d'autres politiques qui invitent les constructeurs de véhicules automobiles à offrir plus de choix de VÉ aux consommateurs, il serait possible de réduire les dépenses gouvernementales pour les mesures incitatives tout en atteignant la cible de 30 % de parts de marché en 2030 (Axsen et Wolinetz, 2018). Sperling (2018) recommande l'adoption de stratégies politiques comme l'éducation et la sensibilisation pour mieux faire connaître les VÉ, de subventions pour encourager la construction et l'exploitation de bornes de recharge, et d'exigences pour la conversion des parcs de véhicules gouvernementaux aux VÉ.

Les autobus électriques et les camions commerciaux constituent un secteur émergent au Canada

Le Canada abrite plusieurs constructeurs d'autobus électriques, comme l'entreprise de Winnipeg New Flyer Industries, le plus important constructeur d'autobus en Amérique du Nord, et Nova Bus, une entreprise basée au Québec et appartenant à Volvo qui fournit des autobus électriques rechargeables à des parcs de véhicules à Montréal et à Vancouver (CEC, 2019). Les politiques gouvernementales favorisant les cibles de parcs de véhicules composés à 100 % d'autobus zéro émission et les infrastructures de recharge contribueront au maintien et à la croissance de l'industrie canadienne de construction d'autobus électriques (CEC, 2019). La demande d'autobus électriques dans les parcs canadiens de véhicules de transport en commun peut également attirer des investissements étrangers dans la construction. Par exemple, en 2019, BYD Company (Chine) a ouvert une usine d'assemblage d'autobus électriques à Newmarket, en Ontario, pour approvisionner en autobus électriques la Commission de transport de Toronto (Toronto Transit Commission, ou TTC) (Automotive News, 2019b). Dans le même esprit que les rabais à l'achat de VÉ personnels, le financement fédéral direct pour compenser les coûts initiaux élevés d'achat d'autobus électriques pourrait fournir aux commissions de transport l'appui financier nécessaire pour faciliter la transition vers les parcs de véhicules zéro émission (Parsons, 2019).

Les coûts associés aux autobus électriques ne sont pas le seul obstacle à leur adoption. Les commissions de transport s'inquiètent du potentiel d'obsolescence des technologies des VÉ par rapport au cycle de vie de 18 à 24 ans des véhicules conventionnels de transport en commun, ainsi que de la perception qu'il s'agisse de technologies immatures et non éprouvées (Ferguson *et al.*, 2019). De plus, la génération actuelle d'autobus électriques a une disponibilité opérationnelle (c.-à-d. un nombre d'heures de service par jour) inférieure aux véhicules alimentés au diesel ou au gaz naturel comprimé, ce qui nécessite de plus grands parcs de véhicules et une planification plus approfondie du système de transport en commun. En Chine, où l'électrification des véhicules de transport en commun est une priorité nationale, les commissions de transport ne possèdent pas leurs propres autobus électriques; elles les louent, atténuant ainsi les préoccupations au sujet de l'obsolescence et de l'immaturité. Elles ont également agrandi leurs parcs de véhicules et profité de la modernisation du réseau qui alimente l'infrastructure de transport en commun (Ferguson *et al.*, 2019).

Comme pour les véhicules de transport en commun, l'électrification des parcs de véhicules commerciaux présente des possibilités d'expansion pour le secteur manufacturier et les marchés au Canada. Par exemple, Lion Électrique, un constructeur de véhicules zéro émission du Québec, construit des autobus scolaires, des midibus et des minibus entièrement électriques et, depuis 2019, des camions

commerciaux urbains de classe 8 (Hampel, 2019; Lion Électrique, s.d.). Dana Incorporated, une entreprise américaine qui se spécialise dans l'électrification de véhicules commerciaux, a récemment fait l'acquisition de Nordresa, un fabricant québécois de transmissions électriques pour véhicules commerciaux (Dana Incorporated, 2019). Toutefois, des défis technologiques comme l'augmentation de la densité des batteries, la réduction du poids des véhicules et la gestion du rendement de la batterie à basses températures, créent une incertitude quant au moment où l'électrification de gros véhicules, comme les camions de long parcours, sera compétitive sur le plan des prix avec d'autres options de véhicules alimentés au diesel (Sharpe, 2019).

3.2.2 Rôle du Canada dans l'avenir des VÉ

Bien que le Canada soit un marché important[5] pour plusieurs modèles de VÉ, comme les modèles S et X de Tesla ainsi que la Bolt et la Volt de Chevrolet, aucune production, ou presque, de véhicules et d'éléments de batterie de VÉ n'est effectuée au Canada (Lutsey *et al.*, 2018). Les éléments de batterie pour véhicules Tesla sont produits au Japon, et les batteries pour véhicules Chevrolet, en Corée du Sud; les véhicules des deux entreprises sont assemblés aux États-Unis (Lutsey *et al.*, 2018). GM a annoncé l'ouverture de sa « première usine de montage pleinement consacrée aux véhicules électriques », qui entamera sa production à la fin de 2021 à Détroit-Hamtramck, au Michigan (GM, 2020). La proximité de cette usine avec les installations de GM en Ontario fait en sorte que la recherche et l'ingénierie canadiennes, de même que la fabrication et l'automatisation avancées, ont le potentiel de jouer un rôle dans la chaîne d'approvisionnement (Waddell, 2020).

Le Canada possède également les matières premières (lithium, graphite, nickel, cobalt, aluminium et manganèse) et la main-d'œuvre hautement qualifiée nécessaires pour la production de batteries de VÉ (Hydro-Québec, 2010; KPMG, 2020b; Lu et Drygas, 2020). De plus, les parts croissantes de VÉ au Canada et à l'échelle mondiale feront augmenter la demande de recyclage sécuritaire et efficient de batteries d'un ordre de grandeur au cours des 10 prochaines années (Lex, 2020). Cela étant dit, sans investissements majeurs dans la production de VÉ de la part de FEO bien établis (p. ex., GM, Toyota) ou de nouveaux FEO (p. ex., les fabricants chinois Johnson Electric et BYD Company), il est peu probable que l'industrie canadienne de la construction automobile puisse tirer profit de la croissance du marché des VÉ (Bickis, 2019). En 2020, Ford Motor Company et Unifor ont ratifié une entente collective qui comporte d'importants investissements dans la production de VÉ à leurs installations de Oakville et de Windsor (Unifor, 2020).

5 Lutsey *et al.* (2018) définissent un marché important comme ayant connu au moins 1 000 ventes en 2017.

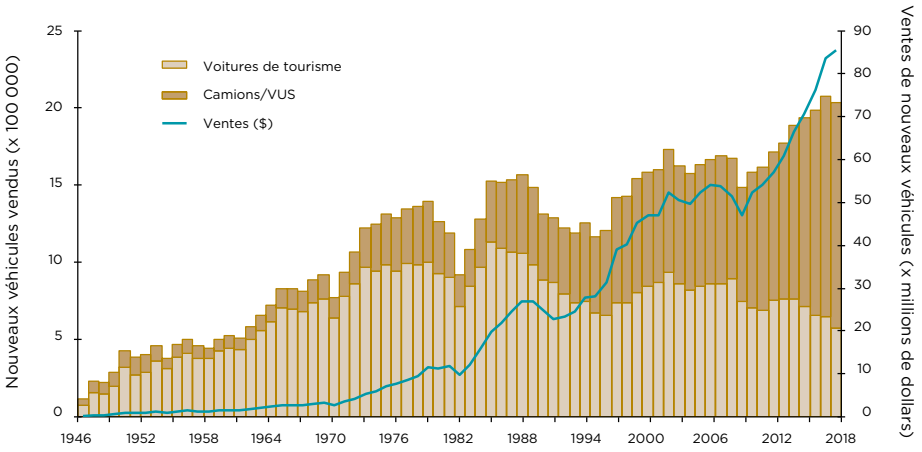
3.3 Industrie des services de mobilité

Une grande part de la spéculation quant à l'avenir des véhicules CASE est relative à la possibilité qu'un modèle de service de mobilité, dans lequel l'unité de vente est un déplacement plutôt qu'une voiture, perturbe le modèle d'affaires des constructeurs automobiles (qui consiste à vendre un produit aux clients) (p. ex. Burns et Shulgan, 2018; Schwartz, 2018; Sperling, 2018). Dans un modèle de service de mobilité, la clientèle des concessionnaires automobiles, des entreprises qui offrent le financement des automobiles et des services de réparation et de pièces de rechange pourrait passer des propriétaires de véhicules personnels aux entreprises qui gèrent des parcs de véhicules CASE. D'importantes occasions dans les secteurs du développement de logiciels et de la communication sont liées à l'exploitation et à l'utilisation de parcs de véhicules, avec de nouveaux créneaux de ossibilités dans les domaines de l'infodivertissement, de la gestion des transports, de l'analyse des données, et d'autres applications et services qui n'ont pas encore été concrétisés.

3.3.1 Système de mobilité au Canada

La plupart des Canadiens comptent sur leurs véhicules personnels pour leurs déplacements

En général, la proportion de navetteurs utilisant leurs véhicules personnels au Canada est demeurée stable au cours des 20 dernières années (80,7 % en 1996 par rapport à 79,5 % en 2016), avec 67 % de ces navetteurs qui se déplacent seuls (StatCan, 2017c). Sans tenir compte du transport quotidien et des autres déplacements de routine (p. ex., les déplacements à l'épicerie), près de 90 % des voyages des résidents canadiens à l'intérieur du pays sont faits à l'aide de véhicules loués ou personnels (StatCan, s.d.). Alors que la demande de petites voitures de tourisme a stagné, le nombre d'unités vendues diminuant depuis 2010, la demande de gros véhicules, comme les camionnettes et les VUS, a connu une croissance (figure 3.3). En 2018, la camionnette F-Series de Ford était le véhicule le plus vendu au Canada (Layson, 2019). L'éditeur en chef de *AutoHebdo.net* a estimé que cette préférence pour les gros véhicules reflète à la fois les stratégies de commercialisation, le désir des consommateurs de profiter de fonctionnalités comme la transmission à quatre roues motrices ou la transmission intégrale, et l'attrait que présentent de plus grands véhicules pour la population vieillissante, qui peut y monter et en descendre plus facilement (CBC News, 2018).



Source des données : StatCan (2019e)

Figure 3.3 Les Canadiens achètent moins de voitures de tourisme et plus de camions et de VUS

Le nombre total de voitures de tourisme vendues annuellement au Canada diminue chaque année depuis 2014. Les Canadiens achètent davantage de minifourgonnettes, de fourgonnettes, de VUS et de camionnettes, mais 2018 a vu une diminution marquée des achats de nouveaux véhicules de tous les types. Les montants des ventes de nouveaux véhicules sont présentés selon la valeur actuelle du dollar et ne sont pas corrigés en fonction de l'inflation.

Certains résultats de sondage indiquent que la génération Y (ou les personnes nées dans les années 1980 et 1990) est plus susceptible d'utiliser les services d'autopartage, d'habiter à distance de marche des installations locales, et de déménager afin de réduire ses déplacements quotidiens que la génération X ou les baby-boomers (Deloitte, 2014). D'ailleurs, dans le cadre d'un sondage d'Ipsos en 2018, 27 % des répondants canadiens âgés de 18 à 34 ans ont affirmé qu'ils avaient recours aux services de voiturage pour leurs déplacements, et 48 % ont confirmé qu'ils possédaient ou louaient un véhicule (comparativement à 69 % pour les répondants âgés de 35 à 54 ans et à 77 % pour les répondants de 55 ans et plus) (Guy, 2019). Toutefois, 51 % des répondants de 18 à 34 ans ont également indiqué qu'ils envisageaient d'acheter ou de louer un véhicule au cours des 24 prochains mois (Guy, 2019). Les conducteurs de la génération Y, tout comme les conducteurs des générations précédentes, privilégient les expériences de conduite peu dispendieuses, pratiques et divertissantes plutôt que la connectivité et la conduite écologique, ce qui suggère que les comportements des consommateurs changent peu d'une génération à une autre (Deloitte, 2014).

La proportion de jeunes personnes ayant un permis de conduire a chuté dans les dernières décennies dans plusieurs pays de l'ouest (Sivak et Schoettle, 2012). Par exemple, seulement 77 % des personnes âgées de 20 à 24 ans avaient un permis de conduire aux États-Unis en 2014, comparativement à 92 % en 1983 (Sivak et Schoettle, 2016). Toutefois, d'après les données, cette réduction du nombre de permis de conduire pourrait découler de retards dans l'obtention du permis plutôt que du refus de conduire (Delbosc, 2016; Rérat, 2018). Les 618 répondants américains (parmi les 717 personnes sondées) de 18 à 39 ans sans permis de conduire valide ont indiqué que les contraintes de temps et d'argent étaient la raison la plus courante pour laquelle ils n'avaient pas leur permis (Schoettle et Sivak, 2013). Des données récentes des États-Unis relatives à la location d'automobiles indiquent que la demande d'automobiles de la part de la génération Z (personnes nées en 1995 ou plus tard) continue, même si les préoccupations au sujet de l'abordabilité font en sorte que les jeunes acheteurs choisissent d'acheter des véhicules d'occasion ou de louer des véhicules à plus long terme (Henry, 2019).

Les options de services de mobilité sont en expansion au Canada

Outre les véhicules personnels, les options en matière de mobilité peuvent comprendre le transport en commun, les taxis, le transport actif (p. ex., le vélo, la marche) et les services de mobilité (comme l'autopartage ou le voiturage). En date de 2018, 20 entreprises d'autopartage au Canada offraient plus de 5 000 véhicules partagés, dont plus de 3 000 étaient disponibles à Vancouver (movmi, 2019). Des services de voiturage (p. ex., Uber, Lyft) étaient offerts dans 22 villes canadiennes en date de juin 2018 (Brail, 2018), et ce nombre augmente. En décembre 2019, le Passenger Transportation Board (Commission du transport des passagers) de la Colombie-Britannique a approuvé la création du premier service de voiturage de la province dans des collectivités de villégiature à l'extérieur des Lower Mainland (Orton, 2019). On a ensuite approuvé des services de voiturage à Vancouver et à Victoria au début de 2020 (CTV Vancouver Island, 2020). Des options de micromobilité commencent également à voir le jour : des services de partage de vélos sont disponibles dans plusieurs villes (consulter movmi, 2019 pour voir des exemples), et des services de partage de trottinettes électriques ont récemment fait leur apparition dans de grandes villes canadiennes comme Toronto (Delitala, 2019), Montréal (CBC News, 2019a), Calgary (Smith, 2020) et Edmonton (Romero, 2019). Toutefois, les services de mobilité sont géographiquement limités aux centres-villes à forte densité de population et à des communautés exclusives, et ne sont pas offerts dans les petites villes, les villages, ni les régions rurales, où il existe peu d'options de rechange à la possession d'un véhicule personnel (p. ex., taxis privés ou minibus communautaires). Toutefois, on constate que certains services, comme le transport à la demande, sont des méthodes viables pour rendre

la mobilité plus accessible aux moments ou aux endroits où un service de transport à plein temps est impossible (p. ex., le service de transport à la demande de soir de la Ville de Belleville, en Ontario) (Birring, 2020).

3.3.2 Véhicules CASE et avenir de la mobilité partagée

Les coûts initiaux élevés des véhicules autonomes appuient indirectement un modèle d'autopartage dans le cadre duquel plusieurs personnes achètent et utilisent une voiture ensemble (Menon *et al.*, 2019). De plus, les technologies des véhicules CASE nécessiteront des mises à niveau logicielles et matérielles afin d'assurer la sécurité et la compatibilité avec les nouveaux véhicules à mesure que le développement progressera, appuyant ainsi un modèle d'affaires basé sur la mobilité partagée ou sur des abonnements (p. ex., services de location de véhicules, d'autopartage ou de voiturage) plutôt que sur les achats ponctuels de véhicules. Comme on l'a noté dans le chapitre 2, il existe déjà des entreprises de mobilité partagée qui offrent aux utilisateurs l'accès au besoin, à certains frais, à un mode de transport; ces frais financent l'achat, le stationnement et le nettoyage des véhicules, les assurances et d'autres éléments liés à l'entretien du parc de véhicules (Shaheen *et al.*, 2016). La mobilité partagée peut également être moins dispendieuse que la possession d'un véhicule personnel pour certaines personnes; des résidents des États-Unis ont économisé de 154 à 435 dollars américains par mois en dépenses liées au transport en faisant partie d'un programme d'autopartage (Shaheen, 2018a).

Les entreprises de mobilité partagée investissent dans le développement de véhicules autonomes

Les entreprises de voiturage, de mobilité partagée et de transport commercial seront probablement parmi les premiers acheteurs de véhicules entièrement autonomes (Wadud, 2017; Shaheen, 2018a). Des entreprises comme Uber et Waymo investissent beaucoup d'argent dans les technologies de véhicules connectés, partagés et dont la conduite est automatisée (Burns et Shulgan, 2018; CSPTC, 2018); Uber a établi son groupe de technologies avancées à Toronto à des fins de R-D de ces technologies (Uber, 2019), et Waymo a lancé un service de taxis sans chauffeur à Phoenix, en Arizona (Boudway et Bloomberg, 2019). En effet, des FEO ont fait connaître leur transition des constructeurs automobiles vers les entreprises de mobilité (Shaheen, 2018b). Toutefois, après le retrait du programme Maven de GM des marchés nord-américains et le retrait de Car2Go du Canada, l'avenir de l'autopartage axé sur les parcs de véhicules est incertain (Mathieu, 2020). Un modèle de partage entre pairs dans le cadre duquel les propriétaires offrent leur véhicule en location (p. ex., Turo) pourrait être mieux adopté à l'extérieur des régions urbaines, permettant aux entreprises d'éviter les dépenses

liées aux investissements initiaux dans les parcs de véhicules (Mathieu, 2020). Cela dit, la valeur relative des divers modèles de mobilité partagée pourrait changer si les véhicules CASE permettent aux services de voiturage de réduire les coûts des conducteurs et les frais liés au stationnement, et d'atteindre la rentabilité.

Les technologies des véhicules CASE seront utilisées pour les services de livraison et de transport de marchandises

Pour ce qui est des services de livraison et de transport de marchandises, ainsi que des services de mobilité, les plus importantes économies occasionnées par l'émergence des véhicules CASE découleront de la réduction des dépenses d'exploitation. Les coûts associés aux salaires, aux soins de santé et aux assurances pour les chauffeurs seront éliminés ou réduits, et l'utilisation des véhicules pourrait être jusqu'à 43 % plus efficace en éliminant les contraintes d'horaires des chauffeurs (Godsmark *et al.*, 2015; Ticoll, 2015). Cutean (2017) soumet l'hypothèse que les chauffeurs de camion sont moins susceptibles d'être touchés par l'arrivée des véhicules CASE que les autres types de chauffeurs, car la demande actuelle en camionneurs professionnels dépasse l'offre, et on prévoit que ce sera le cas pour plusieurs années encore. Certains services de livraison mettent déjà à l'essai des véhicules entièrement autonomes dans des régions géographiques limitées (Lee, 2018). Par exemple, le service Nuro, en Arizona, est limité à un quartier précis, et les véhicules ne peuvent pas voyager à plus que 25 km/h; toutefois, les véhicules sont entièrement autonomes dans ces conditions et n'ont pas suffisamment d'espace pour un conducteur humain (Lee, 2018). À Tempe, en Arizona, en partenariat avec l'entreprise britannique Starship Technologies, un service de livraison de pizzas et de produits d'épicerie est offert par de petits robots qui se déplacent sur les trottoirs (Fitzgerald, 2020). En Floride, les entreprises Beep et NAVYA se sont associées avec la Jacksonville Transportation Authority pour assurer la livraison de matériel médical d'urgence au moyen de navettes autonomes à basse vitesse (Reiner-Roth, 2020).

3.4 Industrie des TIC

Au cours des dernières années, des entreprises de TIC se sont engagées davantage dans le secteur de l'automobile; par exemple, certaines se sont jointes aux chaînes d'approvisionnement des producteurs de VÉ (Wolfe et Goracinova, 2017). Beaucoup d'entreprises de TIC développent actuellement des technologies de véhicules CASE; l'Ontario, le Québec et la Colombie-Britannique stimulent l'innovation en matière de TIC pour le secteur automobile (EDC, 2017). Par conséquent, bien que l'industrie automobile ait été presque exclusivement un moteur économique pour le sud de l'Ontario, les véhicules CASE pourraient apporter des avantages économiques aux collectivités partout au Canada, ainsi que contribuer à la

croissance du secteur des TIC, qui représentait 4,4 % du PIB canadien en 2016 (GtT, 2017).

3.4.1 Intégration des secteurs des TIC et de l'automobile

Les dynamiques du secteur des TIC sont différentes de celles du secteur de l'automobile

L'industrie automobile a longtemps été intégrée verticalement; les FEO contrôlaient leurs réseaux de fournisseurs (Beiker *et al.*, 2016) et les nouveaux concurrents. À l'opposé, le secteur des TIC est plutôt structuré sous la forme d'une économie de réseau dans laquelle les rétroactions positives soutiennent les réussites et les entreprises connaissent une croissance fulgurante à mesure que leur réseau d'influence prend de l'ampleur (Arthur, 1996; Kelly, 1998). Pour les entreprises technologiques, la réussite se consolide à mesure que les effets de réseau se font sentir : la croissance suit une trajectoire exponentielle et il est difficile pour les nouvelles entreprises de percer sur le marché. Ainsi, bien qu'une douzaine de FEO se partagent le marché mondial de l'automobile, les effets de réseau font en sorte que des entreprises technologiques comme Google, Facebook et Microsoft obtiennent d'énormes parts de marché (Andriole, 2018).

L'intégration des entreprises canadiennes de TIC dans les chaînes d'approvisionnement des FEO sera donc fort probablement difficile, surtout dans le contexte de la forte concurrence internationale et de l'incertitude à propos de la structure future de l'industrie. Les coûts élevés du développement et des essais des véhicules CASE ont mené à la création de nouveaux partenariats entre FEO, comme celui entre Ford, Volvo et Baidu (Shields, 2018), et celui entre GM et Honda (Welch *et al.*, 2018). La création de valeur dans le secteur est de plus en plus liée à la possession de la propriété intellectuelle (PI) et de données, deux domaines dans lesquels le Canada accuse un retard par rapport à certains pays comparables (CEPI, 2020).

Certains experts prévoient que le développement continu des véhicules CASE entraînera au cours des années 2030 une augmentation allant jusqu'à 15 % de la demande en travailleurs dans le secteur des TIC (Ticoll, 2015), particulièrement pour certains emplois (p. ex., développeurs de logiciels, analystes de bases de données et ingénieurs informatiques) (Cutean, 2017). Le comité d'experts souligne, toutefois, qu'il y aura toujours un besoin de composants matériels pour la fabrication et l'assemblage des véhicules (p. ex., vitre, caoutchouc et mousse), ainsi qu'une nécessité de soutenir ces divisions bien établies du secteur canadien de l'automobile.

3.4.2 TIC pour véhicules CASE

Les entreprises canadiennes sont actives dans le développement de technologies de véhicules CASE

Plusieurs entreprises en démarrage qui réussissent dans le secteur canadien des TIC centrent leurs efforts sur les technologies de véhicules CASE (Kobus, 2018), et plus de 200 entreprises en Ontario seulement élaborent des technologies (Gouv. de l'Ont., 2019c), comme des capteurs, du matériel de communication, des systèmes d'IA et des systèmes d'exploitation pour véhicules. Le développement de capteurs LIDAR à semi-conducteur à faible coût constitue une des activités les plus potentiellement lucratives pour l'industrie des véhicules CASE. On prévoit une croissance du marché mondial des LIDAR allant d'un peu plus d'un milliard de dollars américains en 2017 jusqu'à plus de 5,8 milliards de dollars américains en 2024, à un taux de croissance annuel composé de plus de 24 % (Report Ocean, 2019). Par exemple, au Canada, plusieurs entreprises produisent des capteurs LIDAR pour véhicules CASE, notamment LeddarTech et Phantom Intelligence au Québec, ainsi que Neptec Technologies en Ontario. LeddarTech a créé un système sur puce LIDAR 3D à semi-conducteur, une première pour l'industrie (EP&T, 2018), et a récemment ouvert le Centre d'excellence automobile à Toronto (Crane, 2018) pour se concentrer sur les divers types de technologies de véhicules CASE, comme les capteurs, l'apprentissage automatique et les logiciels, et sur les normes de sécurité (Jones, 2018).

Le matériel nécessaire pour les communications véhicule à tout (V2X) comprend les unités embarquées et les unités de bord de route, ainsi que les infrastructures de réseaux mobiles (p. ex., des émetteurs-récepteurs à petites cellules 5G) (McQuinn et Castro, 2018). Au Canada, parmi les entreprises d'équipement de communication qui développent des technologies pour les véhicules CASE, on compte par exemple mmSense, qui crée des antennes à ondes millimétriques, et Dejero, qui crée des solutions de connectivité, deux entreprises situées à Waterloo, en Ontario (Crane, 2018). Le développement d'une IA qui peut égaler ou dépasser de façon fiable la performance d'un conducteur humain demeure probablement le plus important défi technique relatif à la conduite automatisée de niveaux 4 et 5 selon l'échelle de la SAE (section 2.2). Actuellement, le Canada compte plus de 650 entreprises de développement d'IA, dont 5 centres d'expertise commerciaux principaux situés à Toronto, Vancouver, Montréal, Kitchener-Waterloo et Edmonton (FPP, 2018). Uber a récemment mis sur pied son Groupe de technologies avancées axé sur les technologies de véhicules CASE, particulièrement l'IA, à Toronto (Uber, 2019). Les professeurs de l'Université de Toronto gèrent les laboratoires de recherche en IA de Samsung et de Nvidia (Sorensen, 2018). En 2017, le gouvernement fédéral a créé la Stratégie pancanadienne en matière d'IA pour profiter des atouts du Canada relatifs à la recherche de base dans le domaine (FPP,

2018). Toutefois, le Canada connaît des difficultés en ce qui concerne la commercialisation ainsi que la formation et la rétention de talents dans l'industrie de l'IA (FPP, 2018). Le Canada continue également de tirer de l'arrière par rapport à d'autres pays (comme les États-Unis et la Chine) en ce qui a trait aux brevets d'IA (IT World Canada Team, 2018).

Des entreprises comme les FEO et les fournisseurs de pièces d'automobiles existants ainsi que des entreprises technologiques comme BlackBerry QNX, Google et Apple développent des systèmes d'exploitation (OS) pour les véhicules CASE. BlackBerry QNX, la plus importante entreprise de TIC de l'écosystème canadien de véhicules CASE, produit un système d'exploitation qui est utilisé dans divers appareils, notamment dans des téléphones mobiles et des véhicules. En 2018, on utilisait le système d'exploitation QNX dans environ 120 millions de véhicules partout dans le monde, comparativement à 60 millions en 2015 (Crane, 2018). De plus, BlackBerry QNX contribue à l'élaboration d'autres composants logiciels pour véhicules CASE, y compris ceux associés à la télématique, à l'infodivertissement et aux SAAC (QNX, s.d.), et a récemment établi son Centre d'innovation pour les véhicules autonomes et connectés à Ottawa (Crane, 2018).

La demande de services d'infodivertissement augmentera avec les véhicules CASE

L'élimination du besoin de conducteurs donne lieu à des spéculations au sujet de la croissance des services d'infodivertissement, notamment en matière de développement de matériel, de logiciels et de contenus. D'après les experts, l'infodivertissement pourrait mener à une demande accrue de véhicules CASE en créant un effet de synergie qui fait en sorte que chaque technologie accroît la demande qui est faite d'une autre (Anderson *et al.*, 2016). La croissance des services d'infodivertissement est très attendue, car la proportion de conducteurs qui doivent porter leur attention sur la route diminue par rapport au nombre de passagers qui cherchent à être divertis. Les estimations quant à la valeur du marché de l'infodivertissement varient. Dans un rapport publié en 2020, on estimait que la valeur se situait à environ 24,3 milliards de dollars américains en 2019, et on projetait qu'elle atteindrait 54,8 milliards de dollars d'ici 2027, à un taux de croissance annuel composé de 10,7 % (MarketsandMarkets, 2020). Dans un autre rapport, publié en 2017, on estimait que la valeur était d'environ 28 milliards de dollars américains en 2016 et qu'elle atteindrait 36 milliards de dollars en 2021 (FutureSource, 2017). Dans un rapport publié en 2019, on estimait la valeur de ce marché à environ 18,8 milliards de dollars américains en 2018 et à 53,3 milliards de dollars en 2026, à un taux de croissance annuel composé de 13,9 % (Reports and Data, 2019).

3.5 Marché du travail

Le développement et l'utilisation accrus de l'automatisation et de l'IA nécessiteront la formation et l'éducation d'une forte proportion de la main-d'œuvre canadienne

Les effets des véhicules CASE sur le marché de travail seront probablement ressentis davantage dans les secteurs suivants : le secteur de la fabrication (SCIAN 31-33), les secteurs du transport et de l'entreposage (SCIAN 48-49), et l'industrie de l'information et l'industrie culturelle (SCIAN 51) (Cutean, 2017). Il est probable que les véhicules CASE entraîneront une transition importante des travailleurs de l'automobile des domaines des matériaux, de la mécanique et de la fabrication vers le développement de matériel informatique, le développement de logiciels et les services TIC (Gingras, 2016). Plusieurs emplois en fabrication seront éliminés en raison de l'automatisation, donc il deviendra nécessaire de recycler la main-d'œuvre pour la préparer à des emplois dans le développement de logiciels et l'ingénierie et la planification des transports, ainsi que de soutenir les travailleurs pour qui le recyclage sera impossible. Actuellement, seulement 5 % de la main-d'œuvre canadienne occupe des postes en TIC qui sont susceptibles d'être touchés par les véhicules CASE (Cutean, 2017). Toutefois, d'autres industries rivalisent pour embaucher des travailleurs qualifiés en TIC, et on s'inquiète du fait que le nombre futur de travailleurs puisse être insuffisant pour satisfaire la demande continuellement croissante (FPP, 2018). Les personnes de métier, comme les mécaniciens, devront être formées pour acquérir les compétences nécessaires à l'entretien de véhicules CASE. Les investissements dans l'éducation, la formation professionnelle et les programmes d'apprentissage continu relatifs aux véhicules CASE (p. ex., les sciences informatiques, le génie électrique, les TIC) aideront à assurer que la main-d'œuvre canadienne demeure précieuse pour les entreprises de partout dans le monde et que la transition des travailleurs actuels vers de nouvelles occasions d'emploi se fait sans heurts à mesure qu'elles se présentent.

Les chauffeurs, plus précisément les chauffeurs de camions, de taxis, de véhicules de voiturage et de camions de livraison, seront fort probablement le groupe le plus touché par les effets des technologies de véhicules CASE, car les professions nécessitant un conducteur humain seront progressivement éliminés (Cutean, 2017). L'émergence des services de voiturage comme Uber et Lyft a déjà une incidence majeure sur la nature du travail dans le secteur du transport, ainsi que sur la situation démographique de la main-d'œuvre (Ticoll, 2015; Cutean, 2017). Le remplacement des conducteurs humains par des véhicules autonomes pourrait entraîner une réduction de 50 à 90 % des emplois au sein des services de voiturage (Ticoll, 2015). Toutefois, il est peu probable que ces effets se produisent au cours des 10 prochaines années, car le développement des technologies de véhicules

CASE est toujours en cours, et ces technologies ne sont pas accessibles partout au Canada pour utilisation commerciale. On s'attend également à une pénurie de 34 000 camionneurs d'ici 2024 (Cutean, 2017), donc les répercussions des technologies de véhicules CASE sur l'industrie du transport routier pourraient aussi être limitées, car la demande de camionneurs au Canada dépassera probablement l'offre pour les dix prochaines années.

3.6 Résumé

Les véhicules CASE représentent des technologies à la fois standards et perturbatrices pour l'industrie de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces. Bien que les véhicules aient toujours besoin de composants venant de fournisseurs établis (p. ex., des pneus, des pare-brise et des châssis), de nouveaux acteurs (entreprises de TIC) feront partie de la chaîne d'approvisionnement automobile pour intégrer les logiciels et le matériel nécessaires à la connectivité et à la conduite automatisée. Les entreprises de TIC fonctionnent dans le contexte de la netéconomie, et leur réussite est souvent liée aux avantages du premier arrivé (c.-à-d. qui offre la première, et donc la seule, technologie sur le marché pendant un certain temps) et à la normalisation plutôt qu'aux améliorations de la productivité ou du coût. Cela signifie qu'une entreprise qui devient le principal fournisseur de systèmes d'exploitation, de capteurs ou d'IA pour véhicules CASE peut accaparer le marché par effet de saturation plutôt qu'en offrant le meilleur produit, ou le produit le moins cher ou le plus efficace. La course des entreprises pour devenir la norme en matière de technologies de véhicules CASE a lieu actuellement à l'échelle mondiale, et le nombre d'acteurs de l'industrie qui occuperont le marché des véhicules CASE reste à déterminer. Les véhicules CASE créent des occasions de R-D dans les secteurs de l'automobile et des TIC, mais il est difficile de savoir si le Canada sera en mesure d'attirer et de maintenir des engagements à la fois d'entreprises internationales et nationales sans l'aide de politiques publiques de soutien durables et coordonnées.

4

Assurance et responsabilité

4.1 Véhicules CASE et détermination de responsabilité et de faute

4.2 Répercussions des véhicules CASE sur la demande et les coûts des assurances automobiles

4.3 Nouveaux modèles d'affaires pour l'industrie des assurances automobiles

4.4 Répercussions des données des véhicules CASE sur les assurances

4.5 Résumé

Constatations du chapitre

- Au cours des 10 prochaines années, le développement des technologies de véhicules CASE se fera plus rapidement que celui des lois et règlements en matière de responsabilité du fait du produit et d'assurance. Il est possible que le système actuel de droit de la responsabilité délictuelle du Canada puisse faire face aux défis posés par les véhicules de niveau d'automatisation 3 ou d'un niveau inférieur selon l'échelle du SAE, mais de nouvelles lois ou des lois modifiées seront probablement nécessaires pour traiter des nouveaux enjeux relatifs à la responsabilité que susciteront les véhicules de niveaux 4 et 5.
- Les véhicules CASE pourraient entraîner la fusion de compagnies d'assurance. Grâce à l'avantage de l'accès direct aux données des véhicules CASE, de nouveaux compétiteurs non conventionnels pourraient intégrer et perturber l'industrie.
- Les véhicules CASE réduiront probablement la demande d'assurances automobiles personnelles en raison de la diminution de la possession de véhicules personnels, et augmenteront la demande d'assurances automobiles commerciales à mesure que les services de voiturage et d'autopartage deviendront plus répandus. Les compagnies d'assurance pourraient également offrir un éventail de nouveaux services et produits adaptés aux véhicules CASE.
- Les assurances basées sur l'usage deviendront probablement plus répandues, car on utilisera des données télématiques pour différencier la responsabilité du conducteur de la responsabilité du véhicule. Les conducteurs pourraient s'exposer à de nouveaux risques liés à la responsabilité s'ils ne respectent pas les protocoles appropriés relatifs à un niveau donné d'automatisation ou s'ils ne mettent pas à jour les logiciels du véhicule.

Au Canada, les assurances automobiles sont fournies par environ 108 sociétés privées d'assurances multirisques (BAC, 2018b) et par des compagnies d'assurance appartenant aux gouvernements provinciaux en olombie-Britannique, en Saskatchewan, au Manitoba et au Québec. Les plus importants assureurs de dommages dominent le marché des assurances; les six assureurs les plus importants représentent plus de 50 % de l'industrie, comme en témoignent les primes directes souscrites (Deloitte, 2018b). L'assurance automobile constitue le plus important secteur d'activité pour les assureurs de dommages; elle génère environ la moitié des encaissements de primes (IAC, 2016).

En 2017, les assureurs automobiles du Canada ont émis des polices pour 20,3 milliards de dollars en primes nettes souscrites[6], ce qui représentait près de 43 % des primes nettes souscrites dans l'ensemble de l'industrie des assurances (BAC, 2018b). Les assureurs automobiles canadiens ont versé 14,9 milliards de dollars en sinistres encourus nets en 2017, ce qui représente une baisse par rapport à 2016 (15,2 milliards de dollars), mais aussi une augmentation de 28 % depuis 2007 (BAC, 2018b). Le coût des sinistres automobiles a fortement augmenté dans les dernières décennies (IAC, 2016); en tenant compte de l'inflation, il a doublé au Canada au cours des 30 dernières années (IAC, 2016).

Les assurances automobiles sont réglementées par les provinces et les territoires au Canada, et l'assurance est obligatoire dans toutes les provinces et tous les territoires. L'assurance obligatoire comprend l'assurance individuelle, peu importe qui est responsable de la collision, c'est-à-dire « l'assurance sans égard à la responsabilité » (sauf à Terre-Neuve-et-Labrador); l'assurance responsabilité civile (c.-à-d. la protection du conducteur en cas de dommages matériels ou en cas de blessures ou de décès de personnes en raison de la négligence du conducteur); et la garantie non-assurance des tiers (c.-à-d. la protection en cas de blessure causée par un conducteur non assuré ou non identifié) (BAC, 2018b). Les lois provinciales et territoriales influent sur plusieurs aspects de l'industrie des assurances, notamment le processus de traitement des réclamations, la gestion des plaintes et les tarifs d'assurance, ce qui impose des limites aux produits et aux tarifs que les assureurs peuvent offrir à leurs clients (BAC, 2018b). Cela signifie également que les tarifs et les types d'assurances automobiles varient d'une province ou d'un territoire à l'autre, et que toute modification apportée à la fourniture d'assurances au Canada nécessitera des amendements aux lois de chaque province et de chaque territoire. Par conséquent, les répercussions de l'arrivée des véhicules CASE sur l'industrie des assurances varieront selon la province ou le territoire.

4.1 Véhicules CASE et détermination de responsabilité et de faute

La question de la responsabilité dans les cas de collisions impliquant des véhicules CASE est d'une importance primordiale non seulement pour les assureurs, mais également pour les concepteurs et les constructeurs de véhicules CASE, les fournisseurs de logiciels, et les gestionnaires d'infrastructures, ainsi que pour les fournisseurs de services de mobilité partagée et les utilisateurs finaux des véhicules

6 Les primes nettes souscrites représentent « le montant des primes directes souscrites (le montant total des primes reçues par un assureur de dommages au cours d'une année) plus le montant des primes acceptées en réassurance souscrite, déduction faite des primes cédées en réassurance » [traduction libre] (Deloitte, 2018b). Les données présentées ne tiennent pas compte des assurances automobiles offertes par un gouvernement.

CASE, qui courent le risque de se blesser lors d'une collision (Smith, 2017). Divers défis en matière de détermination de la responsabilité et de la faute se présenteront à mesure que les véhicules CASE de différents niveaux d'automatisation seront déployés : (i) les véhicules de niveaux d'automatisation 2 et 3, selon l'échelle du SAE, qui partageront les routes avec les véhicules conventionnels; (ii) les véhicules de niveaux 4 et 5 qui partageront les routes avec les véhicules conventionnels; et (iii) les véhicules de niveaux 4 et 5 qui domineront les routes (Deloitte, 2018b).

Distinguer la responsabilité du conducteur humain de la responsabilité de la technologie sera de plus en plus difficile avec l'arrivée des véhicules de niveaux 2 ou 3

Dans la première phase de déploiement des véhicules CASE, les défis seront de distinguer la responsabilité du conducteur et la responsabilité du véhicule, c'est-à-dire de déterminer si une collision a été provoquée par un humain ou par les composants automatisés du véhicule (en raison d'une défaillance ou d'une erreur technique) (IAC, 2016; Munich RE, 2016; Deloitte, 2018b) (Encadré 4.1). Les conducteurs humains s'exposent à des risques liés à la responsabilité s'ils ne respectent pas les protocoles appropriés relatifs à un niveau donné d'automatisation (p. ex., en ne portant pas attention à la route ou en n'intervenant pas à temps à bord de véhicules de niveaux d'automatisation 2 et 3) ou s'ils omettent d'entretenir correctement le véhicule (BLG, 2016). Cette première phase de déploiement sera particulièrement difficile et complexe en matière de détermination de la responsabilité, car elle touchera de nombreux acteurs et intervenants (p. ex., les conducteurs, les constructeurs automobiles, les fournisseurs de services de mobilité, les entreprises technologiques et les fabricants de logiciels), et traitera de questions relatives à la vigilance et au réengagement des conducteurs (IAC, 2016; Deloitte, 2018b). L'analyse de données télématiques pourrait permettre l'élaboration de profils de risque partagé, où la performance sur route est évaluée et attribuée au conducteur humain ou au système de conduite automatisée (Ryan *et al.*, 2018). On ne sait pas encore comment la responsabilité et la faute (et par conséquent les coûts) seront réparties lors des situations dans lesquelles le conducteur et la technologie du véhicule contribuent tous les deux à une collision (IAC, 2016).

La responsabilité des constructeurs de véhicules et des fournisseurs de technologies augmentera proportionnellement au niveau d'automatisation

Dans les phases subséquentes du déploiement, la responsabilité passera de plus en plus du conducteur aux fournisseurs de technologies, ce qui pourrait partiellement simplifier la détermination de la responsabilité et de la faute lors des cas de collisions (IAC, 2016; Deloitte, 2018b). En général, plus le niveau d'automatisation est élevé, plus les constructeurs d'automobiles et les fournisseurs de technologies deviennent responsables (KPMG, 2015; Munich RE, 2016). Cette transition fera probablement en sorte que la demande de nouveaux produits d'assurance augmentera de façon importante (KPMG, 2015; Deloitte, 2018b; BAC, 2018a). Le Service de recherche du Parlement européen a énuméré quatre sources principales de risques liés à la responsabilité qui s'appliquent principalement aux véhicules CASE : (i) les défaillances logicielles; (ii) les défaillances de réseau; (iii) le piratage et les cyberattaques; et (iv) les algorithmes de prise de décisions (Evas, 2018). De plus, il est possible que les constructeurs de véhicules CASE soient tenus responsables d'avoir omis d'éduquer adéquatement les conducteurs quant à l'utilisation sécuritaire et aux limites des systèmes de conduite automatisée, d'avoir présenté de manière inexacte les capacités des systèmes, ou de ne pas avoir tenu compte de certains aspects des interactions entre les humains et les machines (Smart *et al.*, 2017; Smith, 2017). La responsabilité pourrait également être attribuée aux autorités routières qui ont pour rôle d'approuver l'utilisation des véhicules CASE sur les voies publiques, ainsi qu'à celles qui s'occupent de l'entretien des voies publiques. Par exemple, si les marques routières que les véhicules CASE suivent pour le maintien dans la voie ne sont pas clairement visibles en raison d'un manque d'entretien, les autorités routières qui s'en occupent pourraient être tenues responsables (Bennett, 2019; Vellinga, 2019). Les détails varient selon la province, mais dans certains cas, les autorités routières du Canada (y compris les autorités municipales et provinciales) peuvent être tenues responsables si elles n'effectuent pas l'entretien adéquat des routes (Groulx et Casey, 2003; Howard-Duke, 2013).

Des questions ont également été soulevées concernant les critères de négligence qui s'appliquent aux véhicules CASE. Si l'on présente les véhicules CASE comme étant plus sécuritaires que les conducteurs humains, on pourrait s'attendre à ce que leur capacité d'éviter des situations dangereuses soit plus élevée. Des situations pourraient survenir dans lesquelles on considère que le véhicule CASE a fait preuve de négligence dans l'évitement d'une collision, alors que ce ne serait pas le cas pour un conducteur humain dans la même situation (Smith, 2017).

Encadré 4.1 Qui pourrait être responsable des collisions impliquant les véhicules CASE?

- **Les constructeurs automobiles et les fabricants de pièces** s'exposent à être tenus responsables des défaillances de composants. Ces défaillances sont actuellement responsables d'environ 2 % des collisions, mais ce chiffre pourrait s'élever à 80 ou même 100 % après l'arrivée des véhicules CASE (Deloitte, 2018b). Plusieurs constructeurs automobiles ont déjà affirmé publiquement qu'ils accepteront la responsabilité pour les collisions provoquées par leurs véhicules en mode de conduite autonome (IAC, 2016; Deloitte, 2018b).
- **Les développeurs de logiciels** s'exposent à être tenus responsables des bogues ou des défaillances de logiciels, ainsi que des vulnérabilités relatives à la cybersécurité. La responsabilité liée à ces problèmes augmentera probablement à mesure que les véhicules deviendront plus autonomes (p. ex., avec les véhicules de niveaux d'automatisation 4 et 5 selon l'échelle de la SAE) (Deloitte, 2018b).
- **Les propriétaires et les utilisateurs de véhicules autonomes** s'exposent à être tenus responsables des collisions qui se produisent lorsqu'ils ont le contrôle manuel direct du véhicule. Ils peuvent également être tenus responsables s'ils modifient les composants matériels ou logiciels du véhicule, ou omettent d'entretenir le véhicule correctement (BLG, 2016; Deloitte, 2018b).
- **Les fournisseurs de services de mobilité** (comme Uber et Lyft) s'exposent à être tenus responsables dans des cas semblables à ceux des autres propriétaires et utilisateurs de véhicules autonomes (Deloitte, 2018b).
- **Les développeurs et exploitants d'infrastructures** qui gèrent les infrastructures adaptées aux communications V2I pourraient être tenus responsables des collisions provoquées par un défaut de communication avec les véhicules, y compris des messages incorrects et des défaillances. Ils pourraient exiger la création de nouveaux produits et services d'assurance spécialisés, ainsi que l'établissement de nouvelles normes et de nouveaux règlements en matière de responsabilité (Deloitte, 2018b).
- **Les tiers fournisseurs de services**, comme les services de positionnement GPS ou les services météorologiques, pourraient être tenus responsables de dommages ou de blessures provoqués en raison de l'utilisation de leurs services, s'ils ont « l'obligation de diligence » (BLG, 2016).

La prévalence accrue des véhicules CASE nécessitera des révisions et des mises à jour des lois et règlements portant sur la détermination de la responsabilité et de la faute dans le cas des collisions automobiles (KPMG, 2015; BLG, 2016; Deloitte, 2018b; BAC, 2018a). En Ontario, pour les véhicules autonomes autorisés à circuler sur les routes dans le cadre de projets pilotes, il faut posséder une assurance responsabilité qui assure une couverture d'au moins 5 millions de dollars dans les cas de blessures ou de décès d'une personne, de dommage matériel ou de perte; ce chiffre s'élève à 8 millions de dollars pour les véhicules pouvant accueillir huit personnes ou plus (Gouv. de l'Ont., 2019a). Au Québec, afin de garantir l'indemnisation du préjudice matériel causé par les véhicules autonomes, on exige une assurance responsabilité d'un minimum de 1 million de dollars, en plus de l'assurance standard sans égard à la responsabilité exigée en vertu de la *Loi sur l'assurance automobile* (Gouv. du Qc, 2018).

On ne sait pas comment les lois actuelles sur la responsabilité s'appliqueront aux véhicules de l'avenir (Munich RE, 2016). Des enjeux particuliers pourraient se présenter, car plusieurs des juridictions canadiennes suivent les principes de la common law, et la responsabilité est définie par la jurisprudence plutôt que par la loi (BLG, 2016). Toutefois, puisque les enjeux relatifs aux véhicules CASE sont nouveaux, cela pourrait signifier qu'il n'existe aucun précédent jurisprudentiel clair auquel se référer (IAC, 2016).

Les options d'assurance pour les véhicules CASE incluent l'assurance responsabilité du fait du produit, la police d'assurance unique et l'assurance sans égard à la responsabilité

Le fait que la responsabilité passera des conducteurs humains aux technologies de véhicules CASE pourrait signifier que les personnes blessées dans des collisions entre des véhicules automobiles et des véhicules CASE devront demander à être indemnisées en recourant au litige en matière de responsabilité du fait du produit (Smith, 2017), qui est habituellement un processus beaucoup plus long (de plusieurs années dans certains cas) et complexe que le litige en matière de responsabilité automobile traditionnel (BAC, 2018a). Cette transition pourrait également forcer les personnes blessées à intenter directement des poursuites coûteuses contre de grandes entreprises riches en ressources, comme des constructeurs automobiles ou des fabricants de technologies (Deloitte, 2018b; BAC, 2018a). Ce type d'assurance responsabilité du fait du produit s'applique souvent à d'autres types de véhicules hautement autonomes, comme des aéronefs, des trains et des bateaux (IAC, 2016) et, d'après certains, il sera probablement compatible avec les futurs véhicules CASE (Smith, 2017). Toutefois, il existe plusieurs défis liés à la responsabilité du fait du produit pour les véhicules CASE. Par exemple, les tarifs d'assurance pour ces autres types de véhicules hautement autonomes ne

font habituellement pas l'objet d'une approbation réglementaire (IAC, 2016). La responsabilité du fait du produit est également régie principalement par la common law, et non la loi (BLG, 2016), ce qui rend plus difficile son application dans le contexte des collisions automobiles en raison d'un manque de précédents. De plus, le développement du droit de la responsabilité du fait des produits se fera probablement moins rapidement que le développement de nouvelles technologies, et offrira donc peu de références pour les nouvelles situations (BLG, 2016). Par exemple, aux fins des lois sur la responsabilité, les algorithmes logiciels qui contrôlent les véhicules CASE pourraient ne pas être considérés comme étant des « produits » (Smith, 2017). La responsabilité du fait du produit pourrait s'appliquer aux véhicules autonomes personnels, mais les véhicules CASE pourraient présenter de nouvelles complications qui ne seront pas couvertes par les cadres traditionnels d'assurance responsabilité du fait du produit (Calo, 2019). Au bout du compte, la responsabilité du fait du produit pourrait perturber le paradigme économique des véhicules autonomes par rapport aux véhicules conventionnels : si les constructeurs s'exposent à un risque plus grand en matière de responsabilité avec les véhicules autonomes qu'avec les véhicules conventionnels, le coût des véhicules autonomes augmentera probablement conséquemment (Smith, 2017).

L'approche des polices d'assurance uniques et l'approche des assurances sans égard à la responsabilité sont deux solutions de rechange suggérées à l'approche de la responsabilité du fait du produit. Dans le cadre de la première approche, recommandée par le Bureau d'assurance du Canada et mise en œuvre au Royaume-Uni en 2018 (Gouv. du R.-U., 2018), « l'assureur du véhicule automatisé indemniserait les personnes blessées si le véhicule automatisé causait une collision, peu importe si le conducteur ou la technologie automatisée était aux commandes » (BAC, 2018a). Cela alignerait le processus de réclamation en responsabilité civile délictuelle liée aux véhicules CASE sur celui des réclamations impliquant des véhicules conventionnels, et permettrait toujours aux personnes blessées de présenter directement des réclamations contre un constructeur de véhicules ou un fournisseur de logiciels (BAC, 2018a).

L'approche des assurances sans égard à la responsabilité ne dépend pas de l'identification de la partie responsable d'une collision (Anderson *et al*., 2016; BAC, 2018a). Selon certaines sources, les assurances sans égard à la responsabilité pour les véhicules CASE ne pourraient pas coexister avec les contrats mixtes sans égard à la responsabilité et les contrats de responsabilité délictuelle actuels au Canada, et des modifications majeures aux polices provinciales et territoriales seraient nécessaires (BAC, 2018a); toutefois, d'autres avancent qu'on pourrait continuer à se servir des assurances sans égard à la responsabilité sans modifications pour les véhicules CASE (BLG, 2016). En outre, les assurances sans égard à la responsabilité sont plus vulnérables à la fraude et sont plus coûteuses (BAC, 2018a). Les polices

d'assurances sans égard à la responsabilité comportent souvent des exceptions en cas de collisions entraînant des blessures graves (BLG, 2016), qui devraient alors être traitées autrement. Le système actuel de droit de la responsabilité délictuelle au Canada permet probablement de régler les problèmes posés par les véhicules de niveau d'automatisation 3 ou de niveau inférieur; cependant, de nouvelles lois seront nécessaires pour traiter des nouveaux enjeux relatifs à la responsabilité suscités par l'arrivée des véhicules de niveaux 4 et 5 (BLG, 2016).

4.2 Répercussions des véhicules CASE sur la demande et les coûts des assurances automobiles

Les véhicules CASE diminueront probablement le nombre et la fréquence des réclamations en raison de la sécurité accrue offerte par les systèmes de conduite automatisée (Matley *et al*., 2016). Ils pourraient également diminuer la demande d'assurances automobiles personnelles à mesure que plus de personnes utiliseront des services de mobilité partagée, ainsi que potentiellement réduire le nombre de véhicules assurés, car il y aura moins de véhicules sur les routes en général (IAC, 2016; Matley *et al*., 2016; Deloitte, 2018b).

Selon certaines estimations, les répercussions des véhicules CASE sur l'industrie des assurances automobiles seront probablement relativement faibles avant le milieu des années 2020, mais elles entraîneront des bouleversements majeurs au cours des prochaines décennies (IAC, 2016). On prévoit que les répercussions des véhicules CASE sur les primes d'assurance deviendront importantes d'ici 2026 et pourraient représenter une perte de 25 milliards de dollars pour les assureurs américains au cours des 15 prochaines années (Cusano et Costonis, 2017). Matley *et al*. (2016) prévoient une baisse de 30 % des besoins totaux en primes d'assurance automobile, provoquée par la transition vers les véhicules CASE. KPMG (2015) estime que les véhicules CASE pourraient provoquer un déclin de 40 % du marché total des assurances automobiles d'ici 2040 et prévoit que la demande d'assurances automobiles personnelles diminuera de 60 %, mais que la demande d'assurances automobiles commerciales augmentera. D'ici 2040, on envisage que les réclamations en matière d'assurance automobile commerciale représenteront 28 % du total des versements, comparativement à 13 % en 2013 (KPMG, 2015), en raison de la demande accrue de la part des entreprises de voiturage et d'autopartage, ainsi qu'en raison du transfert de la responsabilité du conducteur aux constructeurs de véhicules CASE et aux fournisseurs de technologies. Lors d'un sondage auprès des membres de l'Institut d'assurance du Canada, 73 % des répondants ont convenu que l'émergence des véhicules CASE posera des défis pour l'industrie des assurances et 46 % ont reconnu que l'industrie n'est pas suffisamment préparée en vue de la baisse anticipée de la fréquence et de la sévérité des collisions automobiles (IAC, 2016).

Les primes d'assurance pourraient augmenter au cours des 10 prochaines années et diminuer à plus long terme

Alors que la conduite automatisée pourrait, finalement, résulter en une réduction des primes d'assurance à long terme (plus de 20 ans), certains experts prévoient une augmentation des primes à moyen terme (10 à 20 ans). Le coût par réclamation pourrait augmenter en raison du coût élevé de remplacement des composants technologiques endommagés, comme les capteurs et les systèmes informatiques (KPMG, 2015; IAC, 2016; Matley *et al*., 2016; Munich RE, 2016; Deloitte, 2018b). Dans une étude publiée par Deloitte (2017), on a déterminé que le fait de remplacer les composants endommagés des véhicules CASE, comme les capteurs, était cinq fois plus coûteux que de remplacer des pièces conventionnelles, et dans une étude publiée par KPMG (2017a), il est estimé que les composants des technologies de véhicules CASE entraîneront une augmentation des coûts de réparation de 10 % d'ici 2030 et de 20 % d'ici 2040. De plus, les capteurs sont souvent situés sur une partie du véhicule qui est susceptible d'être endommagée lors d'une collision automobile, comme les pare-chocs avant et arrière (IAC, 2016; Deloitte, 2018b). La réduction de la fréquence des collisions pourrait compenser le coût accru par réclamation; toutefois, on estime que 25 à 50 % des véhicules sur les routes auraient besoin de systèmes de prévention des collisions frontales pour que cette réduction ait lieu (Deloitte, 2018b).

Les primes d'assurance pourraient également augmenter à moyen terme en raison des risques accrus de collisions associés aux véhicules de niveaux d'automatisation 2 et 3 selon l'échelle de la SAE et attribuables aux pépins techniques des nouvelles technologies, aux conducteurs qui se fient excessivement et de façon inappropriée aux systèmes de conduite automatisée, aux conducteurs qui ne portent pas suffisamment attention à la route lors de la conduite partagée, et à la combinaison des véhicules autonomes et conventionnels sur les routes (Deloitte, 2018b).

À long terme, les primes d'assurance automobile sont susceptibles de diminuer à mesure que les véhicules CASE deviendront plus répandus et que la fréquence des collisions diminuera. Cela aura une incidence positive pour les consommateurs en réduisant les coûts associés à la possession d'un véhicule. Toutefois, les compagnies d'assurance devront se préparer en vue d'une diminution des encaissements de primes et ajuster leurs modèles d'affaires en conséquence (KPMG, 2015; IAC, 2016; Deloitte, 2018b). La diminution des encaissements de primes à long terme pourrait laisser une très faible marge d'erreur en matière de souscription pour l'industrie. L'industrie américaine d'assurance n'a pas réalisé de profits à partir des souscriptions d'assurance automobile commerciale depuis 2010 ni à partir des souscriptions d'assurance automobile personnelle depuis 2008 (KPMG, 2015). L'émergence des véhicules CASE perturbera possiblement l'industrie davantage, ce qui aura pour effet de réduire

considérablement les marges de profits des assureurs et de provoquer « de grands bouleversements » (KPMG, 2015).

Les véhicules CASE réduiront probablement le nombre de réclamations d'assurance automobile à long terme

Plusieurs sources prévoient une importante réduction — allant potentiellement jusqu'à 80 % — du nombre et de la fréquence des réclamations d'assurance automobile d'ici 2040 (KPMG, 2015; IAC, 2016; Matley *et al*., 2016). On s'attend à ce que plusieurs facteurs contribuent à cette réduction, comme la diminution de la demande d'assurances automobiles personnelles découlant de la réduction de la possession de véhicules personnels, de même que la réduction du nombre de collisions en raison de la sécurité accrue des véhicules CASE. En effet, les véhicules qui sont actuellement munis de systèmes de protection contre les collisions frontales réduisent la fréquence des réclamations d'assurance de 7 à 15 % (KPMG, 2015). La diminution du nombre de réclamations est censée refléter le taux d'adoption des véhicules CASE dans une région donnée (Matley *et al*., 2016). L'Institut d'assurance du Canada (2016), à partir d'une analyse menée par KPMG (2015), prévoit d'ici 2025 une réduction de 10 % du coût moyen par véhicule payé par les assureurs pour fournir des assurances automobiles, en raison des répercussions combinées de la réduction du nombre de réclamations d'assurance et de l'augmentation du coût moyen par réclamation.

La responsabilité et les algorithmes de prise de décisions des véhicules CASE exerceront un effet sur les taux des primes

Une des plus importantes préoccupations éthiques associées aux véhicules autonomes porte sur la prise de décisions préprogrammées menant à une collision (p. ex., foncer dans un mur pour éviter de happer un piéton). Les compagnies d'assurance se baseront probablement sur les algorithmes qui déterminent les actions du véhicule pour identifier les risques liés à la responsabilité (Deloitte, 2018b). Par exemple, les profils de risque et la responsabilité associés à un véhicule CASE programmé pour favoriser la sécurité de ses occupants plutôt que celle des piétons peuvent être différents de ceux associés à un véhicule qui est programmé pour faire l'inverse. Ainsi, différents taux de primes d'assurance pourraient être établis selon les divers types d'algorithmes et leurs implications en matière de responsabilité. Les responsables de la réglementation, les législateurs, les avocats, les éthiciens, des membres du public et d'autres parties prenantes devront tenir des conversations sociales à grande échelle afin de déterminer la meilleure suite d'actions à entreprendre par les véhicules autonomes dans des situations difficiles du point de vue éthique (p. ex., des situations inspirées du « dilemme du

tramway[7] »). C'est pourquoi il est probablement important que l'industrie des assurances participe à ces discussions portant sur la programmation des véhicules CASE en tant qu'intervenant pertinent.

4.3 Nouveaux modèles d'affaires pour l'industrie des assurances automobiles

Les véhicules CASE auront une incidence sur les modèles d'affaires dans l'industrie des assurances, entraînant l'émergence de nouveaux fournisseurs d'assurance, de nouveaux produits et de nouveaux systèmes de réglementation et de gouvernance. Les véhicules CASE pourraient menacer les modèles d'affaires des assureurs qui offrent principalement des assurances automobiles personnelles, car ce sont ces assureurs qui seront les plus durement touchés par les technologies de véhicules CASE (KPMG, 2015). La demande de produits et services traditionnels d'assurance automobile (comme l'assurance automobile personnelle) diminuera probablement; toutefois, la demande d'assurances en général pourrait augmenter, car les entreprises chercheront à faire assurer leurs parcs de véhicules (Deloitte, 2018b). Les compagnies d'assurance pourraient également offrir une panoplie de nouveaux produits et services adaptés aux véhicules CASE (encadré 4.2). De plus, on pourrait voir une demande accrue d'assurances qui offrent une protection en cas de dommages physiques occasionnés au véhicule ou à ces composants, car les coûts de réparation ou de remplacement des technologies de véhicules CASE, comme les capteurs et les systèmes informatiques, seront plus élevés (KPMG, 2015; BAC, 2018a).

Les véhicules CASE pourraient mener à la consolidation de compagnies d'assurance dans l'ensemble de l'industrie, de même qu'à la création de nouveaux compétiteurs et partenariats non conventionnels

Certains experts s'attendent à une consolidation de compagnies d'assurance dans l'ensemble de l'industrie (KPMG, 2015; Deloitte, 2018b), particulièrement parce que les plus petits assureurs pourraient être incapables d'offrir des assurances aux entreprises qui gèrent de grands parcs de véhicules (comme Uber et Lyft) et ne possèdent pas l'expertise nécessaire pour traiter les données relatives aux véhicules CASE. Les compagnies d'assurance riches en ressources sont mieux équipées pour offrir des assurances aux clients commerciaux importants grâce à leurs importantes réserves financières (Deloitte, 2018b). Les recettes

7 L'utilité des situations inspirées du « dilemme du tramway » comme modèles pour la programmation des véhicules autonomes et les politiques connexes fait l'objet de débats, car elles présentent de simples choix binaires qui visent à répondre à des questions éthiques plutôt qu'à offrir un plan d'action pratique (Freitas *et al.*, 2020). On utilise ce terme ici pour désigner des contextes dans lesquels les algorithmes de prise de décisions des véhicules CASE doivent traiter de situations dangereuses et complexes du point de vue éthique qui mettront inévitablement des vies en danger.

supplémentaires venant de ces clients pourraient aider à compenser la réduction attendue des encaissements relatifs aux assurances automobiles personnelles pour ces assureurs (Deloitte, 2018b). D'après certaines analyses, les assureurs pourraient vouloir diminuer les prix des primes sous le seuil de la rentabilité pour demeurer concurrentiels et capturer une plus grande part du marché; cette action pourrait déstabiliser l'ensemble de l'industrie des assurances (KPMG, 2015).

De nouveaux compétiteurs non conventionnels, notamment des constructeurs automobiles, des entreprises technologiques et des entreprises de voiturage et d'autopartage, pourraient intégrer et perturber l'industrie des assurances (Deloitte, 2018b). Ces entreprises pourraient offrir leurs propres produits et services d'assurance afin de s'emparer d'une part du marché. D'ailleurs, l'autoassurance pourrait devenir le modèle dominant pour les exploitants de grands parcs de véhicules CASE (Matley *et al.*, 2016). Ces entreprises auront également l'avantage, contrairement aux assureurs traditionnels, d'avoir un accès direct aux données relatives aux véhicules CASE (Deloitte, 2018b). On ne sait pas encore comment les compagnies d'assurance traditionnelles pourraient convaincre ces entreprises de partager leurs données (Deloitte, 2018b).

Certains assureurs pourraient établir des partenariats avec des intervenants d'autres secteurs (comme des entreprises de TIC ou des constructeurs automobiles du secteur privé, ou des entités gouvernementales du secteur public) afin d'élaborer conjointement des produits et des services d'assurance (Matley *et al.*, 2016). De tels partenariats voient déjà le jour; au Canada, Tesla a établi des partenariats avec Aviva afin d'offrir des produits d'assurance uniques basés sur la technologie de pilotage automatique (Tesla, 2019), et avec d'autres entreprises aux États-Unis et en Asie (Muoio, 2017). De plus, les assureurs peuvent travailler de concert avec des fournisseurs de services de mobilité partagée (comme Uber et Lyft) ou des constructeurs automobiles dans le but d'offrir des produits « regroupés » comportant des abonnements mensuels ou annuels à des véhicules assurés (Deloitte, 2018b).

Les véhicules CASE nécessiteront divers types de produits et services d'assurance

Il y aura probablement une augmentation des assurances basées sur l'usage (ABU), qui consistent à effectuer le suivi des comportements du conducteur à l'aide de systèmes télématiques, souvent en temps réel, afin de pouvoir offrir des tarifs de primes personnalisés (NAIC, 2020). Utilisés pour la première fois au Canada en 2013, les modèles d'ABU permettent aux assureurs d'évaluer les niveaux de risque individuels de façon plus précise et d'établir les primes en conséquence, ce qui peut rendre les assurances plus abordables pour les consommateurs (InsuranceHotline.com, 2019). Les modèles d'ABU peuvent également encourager les conducteurs à réduire le nombre de kilomètres parcourus et à adopter des habitudes de conduite plus sécuritaires, car les coûts des primes sont directement liés à ces deux facteurs (Deloitte, 2018b; NAIC, 2020). Ce changement pourrait améliorer la sécurité, réduire les coûts des primes, et même entraîner des effets positifs pour l'environnement (Deloitte, 2018b).

Les défis potentiels relatifs à l'élaboration de nouveaux produits d'assurance font en sorte que le cadre réglementaire actuel en matière d'assurance est inadapté aux véhicules CASE (Deloitte, 2018b). Les partenariats formés entre les assureurs et les constructeurs automobiles et l'intégration de protections d'assurance dans des produits regroupés pourraient soulever des questions relatives aux choix offerts aux consommateurs, à la transparence et aux pratiques anticoncurrentielles (Deloitte, 2018b). De plus, les responsables de la réglementation pourraient exiger que les nouveaux acteurs de l'industrie des assurances (comme les constructeurs automobiles et les fournisseurs de services de mobilité qui choisissent d'assurer eux-mêmes leurs véhicules) se procurent certains types de protection contre les catastrophes auprès d'assureurs établis (Matley *et al.*, 2016).

Encadré 4.2 Types de nouveaux produits et services d'assurance pour les véhicules CASE

- **Les assurances responsabilité du fait du produit autonome,** qui offrent aux constructeurs et aux exploitants une protection en cas de défaillance du matériel ou des logiciels. Selon des experts, le marché des assurances responsabilité du fait du produit croîtra énormément pour atteindre une taille comparable au marché actuel de l'assurance automobile commerciale (IAC, 2016), et la demande d'assurances responsabilité du fait du produit augmentera également (Cusano et Costonis, 2017).
- **Les produits d'assurance en matière de cybersécurité,** qui offrent aux fournisseurs de matériel et de logiciels pour véhicules CASE une protection en cas de piratage, de cybervol, de rançongiciel et d'utilisation inappropriée des renseignements des clients. Ces produits peuvent être particulièrement attrayants pour les entreprises qui gèrent de grands parcs de véhicules (Cusano et Costonis, 2017).
- **Les assurances de l'infrastructure,** qui offrent aux infrastructures axées sur les communications V2I et aux systèmes axés sur les serveurs infonuagiques une protection en cas de défaillance ou de signaux incorrects (Cusano et Costonis, 2017).
- **Les assurances responsabilité pour l'exploitation de parcs de véhicules,** pour les fournisseurs de services de mobilité partagée, comme Uber et Lyft (Deloitte, 2018b).
- **Les assurances passager,** qui protègent les personnes transportées par un véhicule CASE (Gill, 2018). Ce type d'assurance peut couvrir les dommages causés au véhicule par le passager ainsi que la perte de biens personnels ou les dommages occasionnés à ceux-ci lorsque le passager est dans le véhicule, ou fournir une assurance supplémentaire en cas de blessure.

Diverses compétences professionnelles seront requises dans la future industrie des assurances automobiles

L'industrie des assurances de dommages comptait environ 126 200 employés au Canada en 2017 (BAC, 2018b). Certains de ces emplois pourraient devenir à risque au cours des prochaines décennies si l'arrivée des véhicules CASE provoque une décroissance du marché total des assurances automobiles. Quoi qu'il en soit, à mesure que de nouvelles technologies seront introduites sur le marché de l'automobile, les souscripteurs d'assurance devront faire preuve d'expertise technologique afin de pouvoir évaluer les risques uniques associés aux nouveaux composants matériels et logiciels, ainsi que les profils de risque associés aux différents types et niveaux d'automatisation (Munich RE, 2016; Deloitte, 2018b). Ils devront également posséder de fortes compétences en analyse de données, car l'évaluation des risques reposera de plus en plus sur l'analyse des données télématiques. La demande en analyse de données fera aussi augmenter l'utilisation de l'IA dans l'industrie des assurances, qui devrait connaître une croissance importante prochainement (Deloitte, 2018c).

4.4 Répercussions des données des véhicules CASE sur les assurances

Les assureurs veulent avoir l'accès aux données télématiques des véhicules, car elles leur permettraient d'évaluer les risques, de traiter les réclamations et de déceler les fraudes de façon plus précise et efficace (IAC, 2016; Deloitte, 2018b; BAC, 2018a). Toutefois, diverses questions ont été soulevées au sujet de l'accès aux données des véhicules CASE, de leur propriété et de leur utilisation dans le contexte de l'industrie des assurances automobiles (IAC, 2016; Smith, 2017; Deloitte, 2018b). Les enjeux relatifs à l'accès aux données des véhicules CASE dans le cadre de litiges en matière de responsabilité devront possiblement être traités par les tribunaux. Des préoccupations concernant la protection de la vie privée ont aussi été exprimées relativement à l'utilisation des données des véhicules CASE dans l'industrie des assurances (Lawson *et al.*, 2015; Deloitte, 2018b); les données colligées par les assureurs peuvent révéler non seulement les comportements d'une personne sur la route, mais également ses habitudes de déplacement, ses destinations et d'autres renseignements potentiellement révélateurs (Zhou *et al.*, 2019) (chapitre 5).

Les données relatives aux véhicules CASE seront requises par les assureurs afin d'évaluer les risques

Les assureurs auront possiblement besoin d'avoir accès à de grandes banques de données renfermant divers types de données afin de quantifier les risques de collision et de déterminer les prix des primes correspondantes pour les véhicules CASE (encadré 4.3). Un des défis importants est que l'approche actuarielle pour déterminer les tarifs d'assurance est fondée sur les données de pertes historiques pour prévoir les coûts futurs (IAC, 2016). Habituellement, les grandes compagnies d'assurance peuvent compter sur un ensemble de données représentant de 100 à 150 milliards de milles parcourus pour quantifier les risques (Munich RE, 2016). Toutefois, il y aura initialement très peu de données historiques à consulter lors de la quantification des risques associés aux véhicules CASE. Par conséquent, les compagnies d'assurance pourraient décider de partager et de rassembler les données relatives aux véhicules CASE afin de présenter des analyses plus détaillées et de fournir des renseignements pertinents (Munich RE, 2016). Le Bureau d'assurance du Canada (2018a) a recommandé la mise en place d'ententes de partage de données entre les constructeurs automobiles, les propriétaires de véhicules et les compagnies d'assurance.

La création de « fiducies de données », conforme à la proposition du gouvernement fédéral pour moderniser les lois canadiennes sur la protection de la vie privée, pourrait faciliter la mise en commun des données (ISDE, 2019b). Par cette proposition, on suggère que les « tierces parties fiables gèrent l'accès des organisations aux banques de données de nature délicate à des fins de recherche et de développement, tout en protégeant les renseignements personnels et en s'assurant que les organisations utilisent les données de façon appropriée » (ISDE, 2019b). Le gouvernement du Canada souligne également que cette approche a été utilisée au Royaume-Uni et en Australie, ainsi que dans l'UE en vertu du Règlement général sur la protection des données (RGPD) (ISDE, 2019b).

Encadré 4.3 Types de données des véhicules CASE utilisées par les assureurs automobiles pour évaluer les risques

- **Nombre de kilomètres parcourus :** Plus le conducteur ou le véhicule passe de temps sur la route, plus le risque de collision augmente. Dans le cas des véhicules CASE, les assureurs peuvent faire la distinction entre les kilomètres parcourus par le véhicule autonome et les kilomètres parcourus par le conducteur humain afin d'évaluer les risques et d'établir les primes avec plus de précision.
- **Emplacement :** L'emplacement du véhicule peut indiquer des risques de collision. Le temps passé sur des routes cartographiées par rapport aux routes non cartographiées peut également être un facteur de risque. Toutefois, puisque les données de localisation peuvent être considérées comment étant de l'information sensible, l'accès à celles-ci peut être rigoureusement réglementé ou même bloqué.
- **Identité du conducteur :** Si les véhicules autonomes identifient automatiquement le conducteur, les assureurs peuvent se servir de cette information pour évaluer les niveaux de risque.
- **Moment de la journée :** Le moment de la journée lors duquel le véhicule ou le conducteur se déplace le plus souvent peut avoir un effet sur leur cote de risque, en raison des conditions de circulation ou d'autres facteurs associés à ce moment de la journée.
- **Données météorologiques :** Les données météorologiques peuvent être utiles pour déterminer la responsabilité dans les cas de collisions, ce qui peut accélérer le traitement des demandes d'indemnisation.

Munich RE (2016), Deloitte (2018b)

Le traitement des demandes d'indemnisation peut être accéléré grâce à l'accès aux données relatives aux véhicules CASE

Les compagnies pourraient colliger les données des capteurs et les données télématiques ou les surveiller à distance pour analyser les activités et la performance des véhicules CASE avant une collision (Deloitte, 2018b). Les assureurs peuvent estimer que les données télématiques sont plus fiables que les renseignements venant directement des conducteurs (Munich RE, 2016; Deloitte, 2018b). Ces données comprennent : l'emplacement et l'heure de la collision; si le véhicule était en mode de conduite automatisée, pendant combien de temps, et quels types de SAAC étaient activés; les moments auxquels le conducteur est

intervenu (p. ex., direction, freinage, accélération); les avertissements ou les notifications au conducteur; et si le siège du conducteur était occupé et la ceinture de sécurité, bouclée (BAC, 2018a). Les données obtenues à partir des véhicules environnants et des infrastructures routières pourraient fournir une aide supplémentaire aux assureurs dans leur analyse des collisions. Toutes ces données peuvent permettre aux assureurs de mieux déterminer les raisons pour lesquelles une collision a eu lieu et d'en établir la responsabilité, ce qui rend le processus de règlement plus efficace (Matley *et al.*, 2016). Ces mêmes données peuvent également être utiles dans le contexte de l'application de la loi pour déterminer la responsabilité lors des collisions automobiles (Deloitte, 2018b). Tous ces types de données seraient nécessaires pour mettre en place une approche commune de détermination de la responsabilité (BAC, 2018a).

Toutefois, la collecte et l'utilisation de données relatives aux véhicules autonomes à des fins d'assurance présentent aussi des défis (Munich RE, 2016). Certains propriétaires de véhicules pourraient être réticents à fournir ces renseignements aux compagnies d'assurance, et on ne sait pas comment les tribunaux régleront les différends entre les différentes parties prenantes au sujet de l'accès aux données relatives aux véhicules CASE (IAC, 2016).

Les données télématiques et les données des capteurs peuvent aider les assureurs à détecter les réclamations frauduleuses

Les assureurs chercheront à obtenir l'accès aux données télématiques et aux données des capteurs afin de déceler les réclamations frauduleuses de façon plus efficace. Environ 13 à 17 % des réclamations d'assurance automobile sont frauduleuses (IRC, 2015), et on estime que les réclamations d'assurance automobile frauduleuses au Canada représentent 1,6 milliard de dollars par année en coûts, mais certains assureurs estiment que ce montant s'élève à 2 milliards de dollars par année (Nadarajah, 2018). Les réclamations peuvent représenter jusqu'à 80 % du total des coûts pour une compagnie d'assurance (Deloitte, 2018b). Par conséquent, si l'accès aux données des véhicules CASE peut réduire le nombre de réclamations frauduleuses, il pourrait également compenser partiellement la baisse de revenus prévue en raison de l'arrivée des véhicules CASE (Deloitte, 2018b). Matley *et al.* (2016) estiment qu'une réduction de 10 % des réclamations frauduleuses pourrait entraîner des économies annuelles allant jusqu'à 800 millions de dollars américains dans l'ensemble de l'industrie américaine des assurances.

4.5 Résumé

Alors que les technologies de véhicules évoluent vers une plus grande automatisation, la responsabilité et la faute lors de collisions automobiles passent progressivement du conducteur aux constructeurs, propriétaires et exploitants. Il reste à voir comment cette transition se fera dans le contexte des règlements sur les assurances et du droit de la responsabilité délictuelle, mais diverses modifications de règlements sont déjà envisagées et mises en œuvre partout dans le monde. Par exemple, les réclamations en responsabilité du fait du produit faites pour des personnes blessées ou tuées dans une collision impliquant des véhicules CASE seront probablement longues, coûteuses et difficiles à porter devant les tribunaux; les polices d'assurance uniques et les assurances sans égard à la responsabilité pourraient permettre un octroi plus immédiat de fonds aux personnes qui demandent une indemnisation pour couvrir des coûts de soins de santé ou des pertes salariales. Des modifications proactives apportées aux règlements en prévision de l'arrivée des véhicules CASE peuvent aider à assurer des couvertures d'assurance universelles en temps opportun.

L'occasion d'élaborer de nouveaux produits d'assurance et modèles d'affaires pourrait compenser la réduction prévue du nombre de collisions au fil du temps, mais l'industrie perdra probablement ses plus petites compagnies d'assurance et se consolidera autour de quelques plus gros joueurs qui offrent des produits aux exploitants et aux gestionnaires de parcs de véhicules. Dans le même ordre d'idées, le nombre d'emplois offerts dans le domaine des assurances automobiles diminuera probablement, et un nouveau bagage de compétences et d'expertises sera aussi nécessaire pour évaluer les risques associés aux nouvelles technologies de véhicules CASE.

5

Données, protection de la vie privée et cybersécurité

5.1 Applications des données des véhicules CASE

5.2 Répercussions des données des véhicules CASE sur la protection de la vie privée

5.3 Lois, règlements et ententes commerciales touchant la protection des données

5.4 Cybersécurité et véhicules CASE

5.5 Résumé

Constatations du chapitre

- Les véhicules CASE génèrent d'énormes quantités de données de nouveaux types. L'utilisation de ces données peut poser des risques en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité des véhicules, mais pourrait également présenter des avantages pour le secteur public comme l'augmentation de la sécurité, de l'efficience et de l'accessibilité, ainsi que de nombreuses occasions d'affaires pour les constructeurs automobiles, les fournisseurs de MaaS, les compagnies d'assurance automobile, et d'autres entreprises du secteur privé.
- Les pratiques de partage de données sont complexes dans le cas des véhicules CASE et susceptibles d'évoluer continuellement. Divers organismes peuvent avoir accès aux données colligées par les véhicules CASE, mais des conflits concernant la propriété de ces données peuvent survenir, et il n'existe aucune façon claire de régler ces différends. Les données peuvent être stockées à l'extérieur du Canada, et des entreprises ou des gouvernements étrangers peuvent avoir accès à ces données ou les utiliser, ce qui va à l'encontre des principes transfrontaliers des lois et règlements relatifs à la protection de la vie privée et des données.
- La menace principale découlant des véhicules CASE pour la vie privée de leurs utilisateurs est l'accumulation graduelle de pratiques apparemment insignifiantes de collecte de données et d'utilisation de celles-ci par divers acteurs, et non les acteurs malveillants ou les cas individuels d'abus.
- Les lacunes dans les mesures de cybersécurité peuvent créer des risques particuliers pour la sécurité, et il est difficile de concevoir des protocoles de sécurité compatibles avec une grande diversité de véhicules et de plateformes, et applicables à l'échelle de millions de véhicules potentiellement.
- Les capacités technologiques de collecte et d'analyse de renseignements personnels évoluent trop rapidement pour les entités qui tentent d'élaborer, en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité, des normes et des règlements relatifs au consentement éclairé et à la collecte de données dans le contexte des véhicules CASE.

Les véhicules CASE fonctionnent sur la base de données. Ce sont ces données qui permettent de faire la distinction entre les véhicules CASE et les véhicules conventionnels; les systèmes de conduite automatisée, les services de véhicules connectés et les services de mobilité partagée autonome comptent sur les vastes quantités de données générées et colligées par les véhicules CASE. On prévoit que les données de véhicules CASE apporteront des contributions cruciales à la promotion des intérêts des secteurs public et privé. Toutefois, les données générées et colligées par les véhicules CASE sont également associées à des risques majeurs en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité des véhicules. En ce qui a trait à la protection de la vie privée, les véhicules CASE génèrent et colligent des quantités accrues de renseignements personnels à propos des utilisateurs (Lawson *et al.*, 2015; CSPTC, 2018). Les capacités technologiques permettant la collecte et l'analyse de renseignements personnels évoluent beaucoup trop rapidement pour les entités qui, pour protéger la vie privée, tentent d'élaborer des normes et des règlements relatifs au consentement éclairé et à la collecte de données dans le contexte des véhicules CASE (Deloitte, 2018a). Pour ce qui est de la cybersécurité, il existe de sérieux risques que les véhicules CASE soient piratés par quelqu'un qui cherche à désactiver ou à contrôler un véhicule, à compromettre la sécurité routière ou à perturber les systèmes de circulation.

5.1 Applications des données des véhicules CASE

Plusieurs secteurs et industries montrent un grand intérêt pour l'utilisation des données générées et colligées par les véhicules CASE. Dans le secteur public, les données de véhicules CASE présentent des occasions de mieux servir l'intérêt public par l'amélioration de la sécurité, de l'efficience, de l'accessibilité et de l'équité des systèmes de transport; un aménagement urbain plus intelligent et durable; une meilleure application des lois sur le transport; l'élaboration de politiques éclairées; et le financement direct de la recherche qui favorise l'innovation et la croissance économique (Deloitte, 2018a). Dans le secteur privé, ces données offrent des occasions d'affaires à une grande variété d'industries, par exemple aux constructeurs automobiles et aux fabricants de pièces, aux compagnies d'assurance automobile, aux exploitants de parcs de véhicules de mobilité partagée comme les services de voiturage et les services d'autopartage (y compris les véhicules de location), aux tiers fournisseurs de services d'infodivertissement et aux tiers développeurs d'applications. La monétisation directe des données de véhicules CASE est également possible par le biais d'ententes pour la vente et le courtage de données (Deloitte, 2018a). On prévoit une augmentation des débouchés mondiaux liés à la monétisation des données de véhicules connectés allant jusqu'à 33 milliards de dollars américains d'ici 2025 (Frost & Sullivan, 2017; cité dans Singh, 2017).

5.1.1 Conduite et sécurité

La conduite automatisée est basée sur les données des véhicules CASE

Les données qui servent aux fonctions de conduite automatisée comprennent les données générées par les capteurs du véhicule, les données colligées à partir des communications V2V et V2I, et les données cartographiques. De plus, les algorithmes d'apprentissage automatique qui servent à développer les capacités de conduite automatisée nécessitent d'énormes quantités de données des capteurs. Ces données sont enregistrées à partir de véhicules conduits par un conducteur, de véhicules conduits par l'IA et de simulations. On les utilise ensuite pour « entraîner » les algorithmes intelligents qui apprennent à reconnaître des caractéristiques, des objets et des comportements en cernant des tendances dans ces ensembles de données. Puisque ce type d'apprentissage automatique nécessite l'accès à de grandes quantités de données de formation — habituellement beaucoup plus de données que ce qu'un simple groupe de recherche ou un constructeur automobile peut produire —, il existe une variété d'ensembles de données mis à la disposition des chercheurs et des constructeurs automobiles dans le but d'entraîner les algorithmes d'IA des véhicules CASE (Janai *et al.*, 2017; Yin et Berger, 2017). De plus, certaines sociétés de véhicules autonomes, comme Waymo, Argo et Aptiv, ont commencé à rendre publics leurs ensembles de données et à les mettre à la disposition des autres chercheurs (Abuelsamid, 2019). Cependant, le stockage et la gestion de ces vastes quantités de données de détection et de contrôle générées par les véhicules CASE présentent des défis, et le partage d'ensembles de données de formation peut être entravé par des questions portant sur les droits de propriété des chercheurs et des constructeurs automobiles dans le cas de propriétés intellectuelles de potentielle grande valeur. En effet, le marché de l'IA automobile était évalué à 783 millions de dollars américains en 2017 et devrait atteindre 11 milliards de dollars américains d'ici 2025 (MarketsandMarkets, 2017).

Les données des véhicules CASE peuvent être utilisées pour améliorer la sécurité, mais des enjeux de confidentialité sont soulevés par la surveillance qui est faite du conducteur

Les données tirées des véhicules CASE peuvent aider à rendre les routes plus sécuritaires en réduisant le nombre de collisions provoquées par l'erreur humaine (section 7.2). De plus, ces données pourraient offrir de nouvelles façons d'améliorer la sécurité qui ne sont pas directement liées au recours à la fonction de conduite automatisée. Par exemple, les données d'un véhicule CASE impliqué dans une collision pourraient être transmises aux premiers intervenants et fournir des renseignements précis au sujet de l'emplacement de la collision et des renseignements biométriques au sujet des occupants du véhicule (Deloitte, 2018a).

Les données des véhicules CASE pourraient également servir à repérer les dangers de la route et à communiquer ces renseignements aux autorités responsables et aux autres véhicules (Anderson *et al.*, 2016; Deloitte, 2018a).

En 2019, la Commission européenne a annoncé l'installation obligatoire de plusieurs dispositifs de sécurité dans les véhicules connectés d'ici 2022, notamment des enregistreurs électroniques de données et des limiteurs de vitesse (CE, 2019). Ces limiteurs de vitesse déterminent si le véhicule dépasse la vitesse permise à un endroit donné grâce aux données tirées des appareils GPS et des caméras. S'il y a excès de vitesse, le véhicule émettra une alerte sonore et ralentira automatiquement, mais le conducteur peut contourner le système en appuyant sur l'accélérateur (Topham, 2019). De plus, l'enregistreur électronique de données du véhicule enregistre tous les cas de dépassement de la limite de vitesse, ce qui soulève des questions quant à savoir qui a accès à ces données et quelles en sont les conditions d'accès. Les États membres de l'UE et le Parlement européen n'ont pas encore approuvé ces nouveaux règlements. Cela dit, les données tirées des véhicules CASE peuvent résoudre certaines préoccupations au sujet de la sécurité qui sont propres aux véhicules des niveaux d'automatisation 2 et 3 selon l'échelle de la SAE. Puisque les véhicules de niveaux 2 et 3 nécessitent que le conducteur porte attention à la route et soit capable d'intervenir en quelques secondes, les constructeurs automobiles commencent à augmenter le nombre de capteurs intégrés pour surveiller le conducteur, notamment des capteurs tactiles sur le volant, des caméras intérieures, des logiciels de reconnaissance faciale et des capteurs de suivi des mouvements des yeux et de la tête qui déterminent si le conducteur porte attention à la route (Kerr et Millar, s.d.). Si le conducteur n'est pas suffisamment attentif ou s'il lâche le volant, le véhicule émet des avertissements et finit par désactiver le SAAC.

Certains avancent toutefois que les capteurs internes sont un moyen de détourner la responsabilité légale des fabricants de systèmes de conduite automatisée vers les conducteurs humains (Kerr et Millar, s.d.). Les capteurs de surveillance du conducteur améliorent la sécurité, mais ils créent également des risques particuliers pour la protection de la vie privée. Alors que les capteurs externes (p. ex., les caméras, les LIDAR, les radars et les appareils de géolocalisation) ne tentent généralement pas d'identifier des personnes précises ou de recueillir des

renseignements sur celles-ci[8], les capteurs internes augmenteront sans aucun doute la quantité de renseignements personnels que les véhicules CASE colligent, ce qui pourrait « porter atteinte à la nature et à la qualité de la vie privée des gens à l'intérieur de leur véhicule » [traduction libre] (Kerr et Millar, s.d.). Les données tirées des capteurs internes pourraient servir à identifier des personnes précises et à déterminer leur origine ethnique ou d'autres caractéristiques identifiables. On pourrait également les utiliser pour déterminer si le conducteur était en état d'ébriété ou fatigué lors d'une collision, ce qui aurait rendu celui-ci incapable de porter attention à la route et d'intervenir au besoin. Un autre risque lié à la protection de la vie privée est le « détournement de fonction »; les capteurs internes pourraient être utilisés pour une autre raison que la surveillance de l'attention du conducteur, créant ainsi une nouvelle menace pour la protection de la vie privée, car les capteurs pourraient recueillir des renseignements personnels à l'insu des utilisateurs et sans leur consentement (Kerr et Millar, s.d.).

La surveillance interne du conducteur soulève une panoplie de questions d'ordres éthique et politique au sujet des types et des quantités de renseignements colligés, de la propriété des données, de l'accès aux renseignements, du caractère légal du contournement des capteurs internes conçus pour surveiller le conducteur, et du lien entre la sécurité publique et la protection des renseignements personnels (Kerr et Millar, s.d.). Il est important de souligner que Kerr et Millar (s.d.) soutiennent qu'il n'est pas nécessaire que la sécurité et la protection de la vie privée se contredisent dans le cadre de l'approche de « confidentialité programmée » (ou la protection de la vie privée dès la conception ou Privacy by Design) (section 5.4). Par exemple, on pourrait stocker ou partager des données conformément à des règlements stricts qui seraient clairs pour le conducteur, et l'accès à ces données serait limité à la consultation par des organismes d'enquête lors des enquêtes judiciaires. De plus, ces systèmes pourraient être conçus de façon que les données puissent être stockées temporairement et qu'elles ne soient jamais transmises à l'extérieur du véhicule. On pourrait également concevoir des capteurs capables de surveiller l'attention du conducteur sans que l'identité de celui-ci soit révélée. Toutefois, ce type d'approche nécessiterait probablement l'élaboration de règlements ou de lois concernant l'accès aux données générées par les capteurs internes de surveillance du conducteur et l'utilisation de celles-ci (Kerr et Millar, s.d.).

8 Le ministère fédéral des Transports et des Infrastructures numériques de l'Allemagne a « spéculé à propos des répercussions des capteurs de prochaine génération qui pourraient faire la distinction entre les personnes et les objets, peut-être même à un point tel qu'ils pourraient déterminer la catégorie ou le groupe auquel les personnes appartiennent » [traduction libre] (Kerr et Millar, s.d.). Toutefois, ce type d'analyse n'est pas encore possible avec la technologie actuelle.

5.1.2 Gestion des systèmes de transport

Les données des véhicules CASE peuvent être utilisées pour améliorer les systèmes de transport par le biais d'ententes de partage de données avec des fournisseurs de services de mobilité partagée

Bien que les autorités de transport du secteur public aient depuis longtemps accès aux renseignements en temps réel sur les véhicules de transport en commun comme les trains et les autobus, les véhicules CASE offrent la possibilité d'accéder aux données en temps réel relatives aux déplacements d'une plus grande variété de véhicules (FEM, 2018b). Cet accès aux données ouvre la voie à une gestion plus efficace de la circulation routière grâce aux données colligées par les véhicules CASE à propos de la congestion routière, et des conditions routières et météorologiques. Il permet aussi de mettre en œuvre des politiques comme la tarification dynamique basée sur l'usage et le péage intelligent en analysant les données relatives à la circulation et aux comportements des véhicules (Deloitte, 2018a). Toutefois, tous ces avantages dépendent de l'élaboration d'ententes portant sur la propriété et le partage acceptable des données ainsi que sur l'accès à celles-ci. La croissance du marché des véhicules connectés est susceptible d'entraîner des changements fondamentaux en matière de génération, de collecte et de propriété des données relatives au transport qui diminueront la part des gouvernements et augmenteront celle du secteur privé (Ticoll, 2015). À l'heure actuelle, les pratiques de partage de données entre les secteurs public et privé sont complexes et susceptibles d'évoluer continuellement.

Plusieurs autorités canadiennes (notamment celles des villes de Toronto, de Winnipeg et de Montréal ainsi que celles de l'Alberta, de l'Ontario et du Québec) ont établi un partenariat mutuellement avantageux avec Waze, une application de navigation appartenant à Google, pour le partage de données (Jackson, 2018). En vertu de ces ententes, Waze fournit aux villes des données anonymes venant d'utilisateurs locaux de ses services; en échange, les villes offrent à Waze l'accès à leurs données de transport en temps réel, comme les fermetures de route, les conditions de circulation, l'emplacement des collisions et l'emplacement des zones de construction (Rider, 2017). Le programme *Waze for City Data* (programme de données urbaines de Waze) ne nécessite aucun échange financier et est basé sur le partage libre de données. De plus, le Québec a récemment adopté une loi qui exige que les solutions de géolocalisation dans les automobiles (y compris celles utilisées dans les taxis et les voitures de location, et les téléphones intelligents utilisés dans les voitures des services de mobilité partagée comme Uber) transmettent des données d'emplacement en temps réel aux municipalités locales, aux sociétés municipales de transport en commun et aux services de transport désignés par le gouvernement (Gouv. du Qc, 2019).

Le département des Transports de Los Angeles (Los Angeles Department of Transportation, ou LADOT) a élaboré une interface de programmation d'applications (API), connue sous le nom de *Mobility Data Specification* (MDS), qui permet de recueillir des données en temps réel sur les véhicules auprès de fournisseurs de services de mobilité partagée (Pyzyk, 2019). L'interface MDS surveille certains véhicules partagés, comme les scooters, les vélos, les taxis et les autobus; cette liste pourrait un jour inclure les services de voiturage ou d'autopartage. Le LADOT exige que les entreprises fournissent des renseignements en temps réel sur le nombre de véhicules qui circulent à des moments précis ainsi que sur leur emplacement et leur condition. Il a également mis MDS à la disposition du public en tant que programme libre qui peut être adopté par d'autres entités (LADOT, 2018). Jusqu'à maintenant, 50 villes américaines et 12 villes à l'étranger ont adopté MDS (Hawkins, 2019c). Même si le LADOT affirme que MDS ne collige aucun renseignement personnel (LADOT, 2019), cette dernière a fait l'objet de critiques en raison de lacunes quant à la protection de la vie privée ainsi que de violations présumées de la loi californienne sur la protection de la vie privée (EFF et OTI, 2019). De plus, Uber a menacé de poursuivre la Ville de Los Angeles pour l'utilisation de ce programme, sous prétexte que les exigences du programme relatives au partage des données ne répondent pas aux attentes des clients en matière de sécurité et de protection de la vie privée (Hawkins, 2019a).

Les données des véhicules CASE pourraient être utilisées pour améliorer l'équité et l'accessibilité en matière de transport

Les données des véhicules CASE pourraient améliorer l'équité et l'accessibilité en matière de transport pour les personnes qui habitent dans des régions rurales, éloignées ou mal desservies; les aînés et les enfants; et les personnes souffrant d'incapacités limitant la mobilité (section 6.3). Les véhicules de niveaux d'automatisation plus élevés (c.-à-d. les véhicules des niveaux 4 et 5 selon l'échelle de la SAE) auront une plus grande incidence sur l'accessibilité et l'équité, mais les données des véhicules CASE relatives à des personnes précises pourraient servir à programmer les véhicules pour les adapter aux divers niveaux de capacité de ces conducteurs (Deloitte, 2018a). Toutefois, les véhicules CASE devront être conçus de façon à assurer l'inclusion afin de profiter de ces avantages.

Les entités gouvernementales auront un rôle important à jouer dans l'utilisation des données des véhicules CASE pour améliorer l'équité et l'accessibilité en matière de transport, surtout parce qu'il est peu probable que les fournisseurs de services de mobilité à but lucratif du secteur privé atteignent ces objectifs sans aide gouvernementale (FEM, 2018b). Par exemple, l'utilisation des parcs de véhicules CASE pour potentiellement offrir des services de mobilité à faible coût et ainsi résoudre les problèmes d'accessibilité et d'équité liés à l'aménagement

et à la conception des municipalités est prometteuse. Les ententes de partage de données entre les fournisseurs de services de mobilité privés et d'infrastructures intelligentes et les administrations municipales pourraient aider à fournir aux urbanistes l'information nécessaire pour évaluer les besoins de la collectivité, résoudre les défis relatifs au transport et cerner les points à améliorer en ce qui concerne l'accessibilité dans les villes intelligentes. Cette information pourrait ensuite servir à créer des plans de transport en commun qui prennent en compte les régions qu'on prévoit être mal desservies dans un futur proche (p. ex. Mayaud *et al.*, 2019). Toutefois, même si les véhicules CASE améliorent l'équité et l'accessibilité du transport en offrant des options de mobilité aux personnes qui n'ont pas accès à des modes de transport alternatifs, le manque de protection robuste de la vie privée pourrait forcer les utilisateurs à choisir entre un service de mobilité qui suit leurs déplacements et collige leurs renseignements personnels, ou aucun service du tout (Collingwood, 2017).

5.1.3 Autres applications des données des véhicules CASE

Les FEO pourraient utiliser les données des véhicules CASE à diverses fins

Les constructeurs automobiles ont accès à un grand éventail de données fournies par les véhicules CASE, y compris les renseignements sur le compte du client; les données sur l'état du véhicule, les comportements du conducteur, l'emplacement du véhicule et les activités dans le véhicule; et toute donnée biométrique ou donnée sur la santé colligée par le véhicule (encadré 5.1). De plus, les FEO qui produisent des solutions télématiques et des systèmes d'infodivertissement ont accès à toutes les données qui passent dans ces systèmes, y compris les données issues de tous les téléphones intelligents connectés et affichés dans le système d'infodivertissement du véhicule (Lawson *et al.*, 2015).

Les constructeurs automobiles peuvent utiliser ces données à diverses fins, notamment pour surveiller l'état du véhicule, effectuer des diagnostics à distance à des fins d'entretien préventif, et offrir l'actualisation des logiciels en liaison radio, réduisant ainsi les coûts associés aux rappels et aux garanties (Lawson *et al.*, 2015; Deloitte, 2018a). De plus, les constructeurs automobiles mettent l'accent sur l'utilisation des données recueillies à partir des véhicules CASE afin d'offrir des expériences de conduite personnalisées ainsi que pour gérer des parcs de véhicules partagés (Deloitte, 2018a). Ils peuvent également monnayer directement les données des véhicules CASE grâce aux ententes de partage et de courtage des données. Par exemple, Otonomo, une plateforme de marché et de services liés aux données de véhicules connectés, recueille les données fournies par les constructeurs automobiles et les exploitants de parcs de véhicules. Otonomo regroupe et normalise ensuite les données et les rend anonymes avant

de les vendre à de nombreux organismes, comme des constructeurs automobiles, des assureurs, des autorités responsables de l'aménagement urbain et des institutions financières, parmi d'autres (Deloitte, 2018a). Cette entente permet aux constructeurs automobiles de commercialiser leurs données de véhicules connectés (Gogolek, 2019).

La British Columbia Freedom of Information and Privacy Association (BCFIPA) a soulevé des préoccupations au sujet des politiques de confidentialité des constructeurs automobiles qui vendent des véhicules connectés au Canada. D'après un rapport publié par la BCFIPA en 2015, les fournisseurs de services de véhicules connectés « ne respectaient pas les normes établies par le droit canadien en matière de transparence, de responsabilité, d'accès individuel et de limites à la collecte, à la rétention, à l'utilisation et à la divulgation des données des clients », et l'industrie « violait les lois canadiennes sur la protection des données » [traduction libre] (Lawson *et al.*, 2015). La BCFIPA a mis à jour cette étude en 2019, affirmant que, même si la situation s'était nettement améliorée depuis 2015, la plupart des politiques de confidentialité des FEO « demeuraient inadéquates en regard des plus importants principes et exigences définis par les lois canadiennes sur la protection des données » [traduction libre] (Gogolek, 2019).

Les fournisseurs de pièces de rechange et de services auront besoin d'un accès aux données des véhicules CASE

Les fournisseurs de pièces de rechange et de services automobiles s'intéressent aux possibilités que présentent les données des véhicules CASE pour l'innovation dans les domaines de la fabrication, de la distribution et de la réparation. Par exemple, ces fournisseurs pourraient utiliser les données sur l'état du véhicule et les résultats des diagnostics à distance pour améliorer l'efficience et l'efficacité des services d'entretien et de réparation des véhicules en commandant les pièces nécessaires à l'avance et en se préparant à effectuer des réparations avant l'arrivée du client au centre de services (AIA Canada, 2017; McKinsey, 2018a). Les innovations relatives aux diagnostics pourraient s'avérer particulièrement utiles dans les collectivités rurales où les ateliers d'entretien ont besoin de plus de temps pour obtenir les pièces nécessaires. L'analyse de données massives présente également d'importantes possibilités de créer de nouvelles sources de revenus et d'optimiser les chaînes de valeurs dans l'industrie du marché des pièces de rechange (McKinsey, 2018a). Toutefois, il est difficile pour les fournisseurs de pièces de rechange et de services d'obtenir un accès aux données générées et colligées par les véhicules CASE, qui sont souvent contrôlées par les constructeurs automobiles et peu partagées. L'accès aux données de véhicules connectés est une source de tension entre les FEO et les fournisseurs indépendants de pièces de rechange et de services automobiles au Canada (AIA Canada, 2017). Après avoir

publié un document de discussion et tenu des consultations avec divers intervenants de l'industrie, le gouvernement de l'Australie a récemment annoncé l'adoption d'une loi exigeant le partage des données d'entretien et de réparation des véhicules automobiles (AAAA, 2019; Gouv. de l'Australie, 2019). AIA Canada a avancé qu'une loi semblable serait avantageuse pour l'industrie canadienne du marché des pièces de rechange (J.-F. Champagne, communication personnelle, 2019). L'*Entente relative à la norme canadienne visant les renseignements sur l'entretien des véhicules automobiles* traite de l'accès aux données à partir des ordinateurs intégrés, mais pas de la connectivité en tant que telle (CASIS, 2009).

Le succès des futurs services de mobilité partagée dépendra de l'accès aux données provenant des véhicules CASE

Les services de mobilité partagée dépendent des données, non seulement pour le hélage, la réservation et le paiement, mais aussi pour une gestion efficace des parcs de véhicules. L'analyse des données des véhicules CASE pourrait révéler des lacunes et des occasions de répondre aux besoins des utilisateurs (MA, 2018), et aider les fournisseurs de services à réduire la distance parcourue « à vide » (c.-à-d. lorsque le véhicule est inoccupé) en observant les habitudes d'utilisation (Deloitte, 2018a). Le développement de la MaaS comporte des obstacles liés aux données, comme les données de piètre qualité et les lacunes dans la normalisation des données, l'interopérabilité des systèmes et la portabilité des données des clients, ainsi que des stimulants économiques ayant pour but de rendre les données plus accessibles (MA, 2018). Des litiges portant sur la propriété et l'accessibilité des données dans le contexte de la mobilité partagée sont en cours; par exemple, certaines compagnies de location de voitures avancent que le fait d'être propriétaire d'un véhicule devrait donner le droit d'accéder aux données qu'il génère (CSPTC, 2017a). Elles croient que, puisque plusieurs constructeurs d'automobiles et de véhicules CASE veulent posséder et gérer leur propre parc de véhicules tout en vendant des véhicules à d'autres exploitants de parcs, ces constructeurs pourraient restreindre l'accès des tierces parties aux données des parcs, ce qui leur conférerait un avantage concurrentiel (CSPTC, 2017a). En effet, la propriété et l'accessibilité des données pourraient déterminer quels acteurs seront dominants sur le marché au sein de l'écosystème des véhicules CASE (MA, 2017).

On soulève également des préoccupations par rapport à la capacité des clients d'effacer leurs données personnelles des véhicules de location et des véhicules partagés. Ces données peuvent comprendre une grande variété de renseignements

personnels, comme les communications personnelles, les contacts, les données de navigation sur le Web, les préférences en matière d'infodivertissement, et toute donnée stockée dans le téléphone intelligent du conducteur qui pourrait être affichée par le système d'infodivertissement. Dans le cadre d'un rapport publié en 2017, on a déterminé que toutes les compagnies de location de voitures et d'autopartage, sans exception, avancent que la responsabilité revient aux utilisateurs d'effacer leurs propres données avant de ramener le véhicule à la société d'origine ainsi que d'informer leurs passagers que le véhicule collige et enregistre leurs renseignements. Toutefois, les sociétés n'informaient habituellement pas leurs clients que leurs données personnelles seraient colligées et stockées de cette façon (PI, 2017).

Les données des véhicules CASE constituent des débouchés économiques importants pour les fournisseurs d'infodivertissement

L'infodivertissement représente l'une des possibilités les plus lucratives de monétisation des données de véhicules CASE, autant pour les FEO établis que pour les nouveaux acteurs dans l'industrie. Les systèmes d'infodivertissement génèrent des données sur les préférences des utilisateurs du véhicule en matière d'information et de divertissement, comme la diffusion audio et vidéo en continu, la navigation sur le Web, les nouvelles, les communications (y compris les communications par téléphone, par courriel et par messagerie, les médias sociaux et les contacts), et l'utilisation d'applications (Lawson *et al.*, 2015). De nouvelles occasions d'affaires se présentent, telles que l'ajout de fonctions complémentaires au véhicule (comme des applications intégrées) (Deloitte, 2018a) ainsi que des stratégies de marketing et des publicités personnalisées basées sur les données d'infodivertissement (Deloitte, 2019). L'infodivertissement dans le véhicule représente aussi des possibilités pour les fournisseurs de contenu audio et vidéo en continu; ailleurs que dans le contexte du transport aérien, il existe peu d'occasions pour les fournisseurs de contenu d'avoir un auditoire captif, potentiellement pour plusieurs heures à la fois. Dans un rapport publié en 2019, on estimait que la valeur du marché de l'infodivertissement automobile était d'environ 18,8 milliards de dollars américains en 2018 et qu'elle atteindrait 53,3 milliards de dollars en 2026 (Reports and Data, 2019). D'après les experts, l'infodivertissement pourrait mener à une demande accrue de véhicules CASE en créant un effet de synergie qui fait en sorte que chaque technologie accroît la demande qui est faite d'une autre (Anderson *et al.*, 2016).

5.2 Répercussions des données des véhicules CASE sur la protection de la vie privée

Les énormes quantités et les nouveaux types de données générées et colligées par les véhicules CASE peuvent menacer la vie privée. Les données recueillies peuvent contenir des renseignements personnels de nature délicate qui pourraient être utilisés pour catégoriser, prévoir et manipuler les comportements des utilisateurs de véhicules CASE (Collingwood, 2017). De plus, les pratiques actuelles adoptées dans le contexte de l'écosystème des véhicules CASE peuvent empêcher les utilisateurs de conserver le contrôle sur leurs données personnelles. Il est important de noter que les risques pour la vie privée découlant des véhicules CASE ne viennent pas seulement des acteurs malveillants et des cas individuels d'abus; la menace principale est plutôt l'accumulation graduelle de pratiques apparemment insignifiantes de collecte de données et d'utilisation de celles-ci par divers acteurs (Lawson *et al.*, 2015).

5.2.1 Nouveaux volumes et types de données

Les véhicules CASE génèrent à la fois d'énormes quantités et de nouveaux types de données. Selon une étude, on prévoit que les véhicules connectés pourront transmettre environ 8 Go de données par jour d'ici 2023 (Obstfeld, 2019). À titre de comparaison, on estime que, pour chaque téléphone intelligent, le trafic de données mobiles atteindra une moyenne de 1,6 Go par jour en 2024, ce qui veut dire que chaque véhicule connecté pourrait générer au moins cinq fois plus de données qu'un téléphone intelligent (Obstfeld, 2019).

Les véhicules CASE produisent et collectent de nouveaux types de données au sujet du véhicule et des passagers

En plus des données du véhicule (comme le type, la marque et le modèle) et des données télématiques (p. ex., la vitesse, l'emplacement et le rendement du véhicule, et les données diagnostiques), les véhicules CASE pourraient également produire et colliger des données personnelles sur les passagers. Cela pourrait comprendre des données comportementales, des données biométriques et des données sur la santé, des communications personnelles (messages vocaux, messagerie texte, courriels et médias sociaux), des contacts, des données de navigation sur le Web, des préférences en matière d'infodivertissement (p. ex., la diffusion audio et vidéo en continu, l'utilisation d'applications), et plus encore (Lawson *et al.*, 2015; Deloitte, 2018a). De plus, les technologies de communication V2X permettent la transmission de ces renseignements à d'autres véhicules, à des infrastructures et à une grande variété d'organisations (Toral, 2018).

Certaines technologies existantes, comme les téléphones intelligents, peuvent également générer et colliger des données personnelles semblables à propos de leur propriétaire. Par conséquent, certains experts et décideurs politiques suggèrent que l'on traite les véhicules CASE de manière semblable en ce qui a trait au consentement et à la collecte et l'utilisation des données (Deloitte, 2018a). D'autres experts sont en désaccord et affirment que « l'étendue et la profondeur des renseignements personnels qui peuvent être tirés des véhicules connectés sont immenses et dépassent largement les capacités actuelles des appareils mobiles en matière de qualité et de quantité » [traduction libre] (Lawson *et al.*, 2015). Par exemple, les véhicules CASE sont munis d'un plus grand nombre et d'une plus grande variété de capteurs, y compris des capteurs internes qui peuvent surveiller les passagers; pour cette raison, ils peuvent présenter des risques particuliers pour la vie privée, qui ne sont pas associés à l'utilisation d'un téléphone intelligent. Néanmoins, même si les véhicules CASE produisent plus de nouveaux types et de grandes quantités de données que les appareils existants et présentent de nouveaux risques technologiques pour la protection de la vie privée, les questions juridiques, éthiques et sociales sous-jacentes demeurent largement les mêmes. Les risques technologiques pour la protection de la vie privée ne sont pas propres aux véhicules CASE, mais ceux-ci peuvent augmenter ces risques.

Les véhicules CASE colligent des données personnelles et non personnelles hautement révélatrices

Les véhicules CASE génèrent et colligent des données personnelles et non personnelles. Les *données personnelles* sont associées à une personne identifiée ou identifiable, tandis que les *données non personnelles* ne sont pas liées à une personne précise (Lawson *et al.*, 2015; McMillan, 2016; Deloitte, 2018a). Dans le contexte des véhicules CASE, les données non personnelles peuvent comprendre les données des capteurs ainsi que des renseignements au sujet de la circulation routière, de l'état des routes et des conditions météorologiques (Deloitte, 2018a). Toutefois, même des données qui ne semblent pas être de nature personnelle, comme des données de détection ou de géolocalisation, peuvent être liées à l'identité d'une personne précise, devenant ainsi des données personnelles (McMillan, 2016; Lee, 2017). Les données sur l'emplacement peuvent susciter de sérieuses préoccupations au sujet de la confidentialité, ainsi qu'avoir des incidences sur la surveillance et les vols, car elles pourraient servir à faire le suivi des habitudes de déplacement des utilisateurs, et à prévoir ou même à manipuler leurs comportements futurs (Collingwood, 2017; Parkinson *et al.*, 2017).

Les techniques d'analyse de données massives — c'est-à-dire la collecte à grande échelle, le groupage, le traitement et l'analyse d'énormes quantités de données venant d'une grande diversité de sources — deviennent courantes dans

l'écosystème des véhicules connectés, car les intervenants de l'industrie considèrent ces données comme étant des sources de revenus clés (Lawson *et al.*, 2015). Certaines utilisations des données massives sont directement liées à l'amélioration de la sécurité et de l'efficience des véhicules CASE (OCDE/FIT, 2018). Toutefois, la BCFIPA a fait remarquer ce qui suit (Lawson *et al.*, 2015) :

> *Individuellement, chaque donnée sur l'utilisation que fait une personne d'un véhicule, sur ses itinéraires et ses destinations, ou sur son utilisation des services de communication ou d'infodivertissement intégrés au véhicule révèle quelque chose à propos de cette personne. Même si chaque donnée prise isolément semble anodine, la combinaison ou l'accumulation de ces données deviennent hautement révélatrices. Elles peuvent révéler l'identité d'une personne non identifiée ainsi que ses habitudes, ses routines et son réseau social. Elles peuvent également servir à déterminer ses associations religieuses et politiques. Elles peuvent indiquer les moments où la personne dévie de sa routine, développe un problème de santé ou participe à des activités qui pourraient nuire à sa réputation si celles-ci devenaient connues. [traduction libre]*

De plus, c'est une pratique commune pour les constructeurs de véhicules connectés et les fournisseurs de services de traiter les données agrégées comme des renseignements non personnels, et dès lors de les soustraire aux lois sur la protection de la vie privée; la BCFIPA considère que cette pratique est « trompeuse et douteuse d'un point de vue juridique, dans le meilleur des cas » [traduction libre] (Lawson *et al.*, 2015).

5.2.2 Collecte, accessibilité et propriété des données

La résolution des enjeux liés à la collecte et à la propriété des données ainsi qu'à l'accès à celles-ci est toujours en cours (Faisal *et al.*, 2019). Les gouvernements et les organismes de normalisation devront collaborer avec les intervenants de l'industrie, notamment les constructeurs automobiles, les fournisseurs de services de mobilité, les assureurs et les développeurs de logiciels, dans le but d'élaborer des cadres de travail pour traiter ces enjeux. Comme il a été mentionné précédemment, les véhicules CASE peuvent recueillir d'énormes quantités de données personnelles. De plus, la collecte de données personnelles pour des utilisations secondaires (c.-à-d. pour des utilisations qui ne sont pas directement reliées aux fins convenues de la collecte) constitue un des modèles d'affaires principaux des services de véhicules connectés (Lawson *et al.*, 2015). La collecte de données pour des utilisations secondaires est illégale en vertu du droit fédéral du Canada (GC, 2000), mais lors d'une étude menée en 2019 des politiques de confidentialité de FEO qui vendent des véhicules connectés au Canada, on a constaté que la plupart des FEO ne fournissaient que de vagues descriptions des

fins de la collecte et de l'utilisation des renseignements personnels, et n'offraient habituellement pas l'option de refuser la collecte (Gogolek, 2019). Le Government Accountability Office des États-Unis est arrivé à des conclusions semblables dans son rapport de 2017 : les politiques de confidentialité de FEO qui vendent des véhicules connectés aux États-Unis étaient régulièrement floues et vagues; dans presque toutes les politiques, on avait omis d'indiquer les fins auxquelles les données seraient recueillies ainsi que d'expliquer comment ces données seraient partagées avec de tierces parties; et la plupart de ces politiques n'offraient pas l'option de refuser la collecte de données (USGAO, 2017).

Il y a une incertitude quant à la propriété des données générées et colligées par les véhicules CASE

Plusieurs entités — y compris des entreprises du secteur privé, des agences gouvernementales et des membres du public — peuvent posséder des données de véhicules CASE, et chacune de ces entités peut en revendiquer la propriété, mais il n'existe aucune façon claire de régler les différends (Collingwood, 2017; Deloitte, 2018a). De plus, la mobilité partagée rend les enjeux liés à la propriété des données plus complexes, car divers acteurs peuvent avoir un intérêt particulier dans les données générées et colligées par un véhicule CASE, notamment les exploitants de parcs de véhicules, les propriétaires de véhicules et les utilisateurs de véhicules (Deloitte, 2018a). La situation se complique davantage lorsque l'on considère les enjeux juridictionnels liés aux données stockées dans différents pays, qui peuvent être sujettes à des lois et règlements différents en matière de propriété légale (ACTI, 2018). Selon Kerr *et al.* (s.d.), savoir qui est le propriétaire des données du véhicule CASE est souvent moins utile que de savoir qui détient ou contrôle les données, ou qui a légalement accès aux données.

Une grande variété d'entités et d'organismes peuvent avoir accès aux différents types de données générées et colligées par les véhicules CASE (figure 5.1). De plus, n'importe laquelle de ces entités peut conclure des ententes de partage de données avec un certain nombre d'autres; par exemple, les constructeurs automobiles peuvent partager leurs données sur les clients avec des fournisseurs de services de réseau et des développeurs d'applications d'infodivertissement, et des assureurs peuvent travailler de concert avec les fournisseurs de services télématiques dans le but d'offrir des tarifs d'assurance basés sur l'usage (Lawson *et al.*, 2015).

Les FEO peuvent avoir accès à un grand éventail de données colligées par le véhicule, notamment des renseignements sur le compte du client, des données sur l'état du véhicule, les comportements du conducteur et l'emplacement du véhicule, ainsi que toute donnée biométrique ou donnée sur la santé recueillie par le véhicule. Ils ont aussi accès aux données tirées des systèmes télématiques et des systèmes d'infodivertissement, y compris les données venant des téléphones intelligents connectés.

Les concessionnaires automobiles obtiennent des données directement du client. Ils peuvent également avoir accès à des renseignements personnels supplémentaires que les constructeurs automobiles leur divulguent. De plus, ils peuvent se servir des systèmes télématiques du marché des pièces de rechange afin d'obtenir davantage de données sur leurs clients.

Les services de location et de partage de véhicules peuvent effectuer le suivi des données sur l'emplacement du véhicule, l'état du véhicule et les habitudes de conduite du conducteur. Ils peuvent également recueillir des données supplémentaires sur le client s'ils offrent des services d'infodivertissement dans leurs véhicules.

Les exploitants de réseaux mobiles ont accès à toutes les métadonnées sur leurs clients par l'intermédiaire des téléphones intelligents, du véhicule connecté et des contacts de l'utilisateur.

Les centres d'appels qui offrent des services d'assistance routière et d'infodivertissement peuvent enregistrer les appels des clients et les partager avec de tierces parties.

Figure 5.1 Qui a accès aux divers types de données?

Lawson *et al.* (2015), Deloitte (2018a), Gogolek (2019)

Les prêteurs et les services de financement peuvent avoir accès à certaines données sur les comportements du conducteur et l'emplacement du véhicule par l'intermédiaire de dispositifs télématiques.

Les agences gouvernementales peuvent avoir accès aux données télématiques et aux données sur l'emplacement, historiques et en temps réel, par l'entremise d'ententes de partage de données avec des fournisseurs de services de mobilité. De plus, des gouvernements étrangers peuvent détenir certaines données de véhicules CASE.

Les assureurs peuvent avoir accès aux données sur les comportements du conducteur et l'emplacement du véhicule par l'intermédiaire de dispositifs télématiques afin d'évaluer les risques et d'offrir des tarifs personnalisés.

Les fournisseurs de services de télématique du marché des pièces de rechange peuvent avoir accès aux données sur les comportements du véhicule et du conducteur et sur l'emplacement du véhicule. Ils ont également accès aux données sur l'utilisation que font les clients des services qu'ils offrent (p. ex., assistance routière, service de conciergerie).

Les fournisseurs de systèmes de dispositifs mobiles (p. ex., Google Android, Apple iOS) ont accès à toutes les données contenues dans les dispositifs mobiles du conducteur, à certaines données sur les comportements du véhicule et du conducteur générées par les applications mobiles connectées au véhicule, et aux données d'infodivertissement associées aux dispositifs mobiles.

Les tiers fournisseurs d'applications ont accès aux données recueillies ou générées par l'intermédiaire de leurs applications. De plus, ils recueillent couramment des données personnelles supplémentaires venant directement des utilisateurs ou venant des sites de réseaux sociaux auxquels leurs services sont liés.

Le public est inquiet des risques que présentent les véhicules CASE pour la protection de la vie privée

Le public canadien semble se méfier des risques que présentent les véhicules CASE pour la protection de la vie privée, dans la mesure où il est conscient de ces risques. Dans le cadre d'un sondage mené par la CAA (2017), on a constaté que moins de la moitié des répondants étaient conscients de l'étendue des données que les véhicules connectés peuvent recueillir, mais que plus de 80 % des répondants se préoccupaient des risques associés à cette technologie en ce qui a trait à la protection de la vie privée et avançaient que les consommateurs devraient avoir les droits exclusifs sur le contrôle de leurs données et l'accès à celles-ci. De plus, près de 90 % des répondants estimaient que les consommateurs devraient pouvoir décider avec qui ils peuvent partager leurs données. Les répondants étaient plus ouverts à l'idée de permettre aux mécaniciens indépendants et aux fournisseurs d'assistance routière d'avoir accès à certaines données du véhicule, et ils étaient moins réceptifs à l'idée de donner un tel accès aux détaillants et aux spécialistes du marketing (CAA, 2017). Les préoccupations des Canadiens à propos de la protection des données et de la sécurité des véhicules CASE ont également été révélées par une étude menée en 2019 par Environics Research pour Transports Canada; 73 % des répondants étaient fortement ou partiellement d'accord avec l'idée que « plus le niveau d'automatisation des véhicules devient élevé, plus la sécurité du système et la protection des données deviendront des préoccupations importantes » (TC, 2019b). Toutefois, on ne sait pas si les préoccupations du public au sujet de la protection de la vie privée nuiront à l'adoption des véhicules CASE; par exemple, les préoccupations au sujet de la protection de la vie privée associées aux téléphones intelligents et à Internet ont eu un effet très faible sur l'adoption de ces technologies par les consommateurs (Collingwood, 2017).

5.3 Lois, règlements et ententes commerciales touchant la protection des données

Les risques pour la protection de la vie privée associés aux données des véhicules CASE pourraient faire en sorte qu'il soit nécessaire d'établir rapidement de nouvelles normes concernant la transmission, le stockage et l'utilisation des données; des flux transfrontaliers de données; et des pratiques exemplaires pour se conformer aux lois sur la protection de la vie privée dans différents pays (Deloitte, 2018a). La propriété, l'accessibilité et le contrôle des données devront être clairement définis, soit par des normes adoptées volontairement par l'industrie, ou par des lois et règlements imposés par le gouvernement. Les lois actuelles sur la protection de la vie privée peuvent être inadéquates pour traiter les nouveaux problèmes suscités par les véhicules CASE (Lee, 2017). Le manque de

normes robustes et fiables en matière de protection des données et de sécurité est un obstacle potentiel au déploiement des véhicules CASE.

5.3.1 Lois et règlements actuels

Le gouvernement fédéral et certaines administrations provinciales et territoriales ont adopté des lois sur la protection des données, mais il n'existe pas de lois ou de règlements au Canada qui traitent précisément de la collecte et de l'utilisation de renseignements personnels générés, colligés ou transmis par les véhicules CASE (Lawson *et al*., 2015; Deloitte, 2018a). Il existe deux lois fédérales principales qui concernent la protection des données (CPVPC, 2018) : la *Loi sur la protection des renseignements personnels*, qui s'applique aux renseignements personnels traités par le gouvernement fédéral (GC, 1985), et la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE), qui règlemente la façon dont les organismes du secteur privé traitent les renseignements personnels (GC, 2000). De plus, le Conseil canadien des normes a approuvé l'élaboration d'une série de nouvelles normes sur la gouvernance des données qui établissent les exigences minimales pour la collecte, l'accessibilité et l'utilisation des données, ainsi que les pratiques de partage des données entre les organismes, la protection des données, la cybersécurité, et plus encore (CCN, 2019). Ces normes s'appliqueraient aux données générées et colligées par les véhicules CASE.

Contrairement au Canada, les États-Unis n'ont aucune loi fédérale sur la protection des données, et les lois sur la protection de la vie privée varient d'un État à l'autre (Lawson *et al*., 2015; USGAO, 2017). Les lois fédérales sur la protection de la vie privée (p. ex., la *Driver's Privacy Protection Act (Loi sur la protection des renseignements personnels des conducteurs)*, la *Electronic Communications Privacy Act (Loi sur la protection des communications électroniques)* et la *Federal Communications Act (Loi fédérale sur les communications)* ne s'appliquent généralement pas aux véhicules CASE (DPR, 2017). Toutefois, plusieurs États américains ont adopté des lois relatives à certains enjeux de la protection des données provenant des enregistreurs de données routières qui enregistrent les données des capteurs et les données diagnostiques avant les collisions (Toral, 2018). La Federal Trade Commission (FTC) applique les lois fédérales américaines qui exigent que les entreprises respectent les politiques sur la protection de la vie privée qu'elles ont établies, mais il n'existe pas de lois ou de règlements fédéraux pour normaliser ces politiques. La FTC pourrait user de son autorité quant aux questions de protection et de sécurité des données de véhicules CASE afin d'intenter des poursuites contre les constructeurs automobiles pour utilisation des renseignements personnels des clients sans consentement ou pour non-respect des politiques sur la protection de la vie privée qu'ils ont établies, mais en date de 2016, la FTC n'a entrepris aucune

procédure de la sorte contre des fabricants de véhicules CASE ou les tierces parties qui y sont associées (Lee, 2017; USGAO, 2017).

Dans l'UE, le *Règlement général sur la protection des données* (RGPD), entré en vigueur en 2018, protège les renseignements personnels (UE, 2016). Si le RGPD ne renferme aucune disposition qui traite précisément des véhicules CASE, la Commission nationale de l'informatique et des libertés, l'autorité française chargée de la protection des données, a publié en 2017 un guide sur le traitement des renseignements personnels dans les véhicules connectés qui indique quelles sont les pratiques exemplaires pour être conforme au RGPD et aux lois françaises sur la protection des données (CNIL, 2017).

Les pratiques exemplaires volontaires pourraient être insuffisantes pour assurer la protection des renseignements personnels dans les véhicules CASE

Dans son rapport publié en 2018, le Comité sénatorial permanent des transports et des communications du Canada a avancé que l'industrie des véhicules CASE était à un stade de développement trop précoce pour déterminer s'il était nécessaire d'adopter des règlements sur la protection des données propres aux véhicules CASE ou si les lignes directrices volontaires suffiraient pour protéger les renseignements personnels (CSPTC, 2018). En réponse à cette observation, le gouvernement canadien s'est engagé à travailler sur « l'élaboration d'un code de pratiques exemplaires propre à l'industrie pour la protection des renseignements personnels » plutôt que sur un ensemble de règlements, afin de fournir flexibilité et adaptabilité au développement de futures technologies (GC, 2018b). De plus, dans un rapport publié en 2019 par le groupe de travail du du Comité de soutien de la politique et de la planification sur les véhicules automatisés et connectés présenté au Conseil des ministres responsables des transports et de la sécurité routière au Canada, on invite les gouvernements à travailler avec les intervenants pour élaborer un code de pratiques exemplaires propre à l'industrie pour la collecte et l'utilisation de renseignements personnels dans le contexte des véhicules CASE (CSPP, 2019).

Toutefois, comme le souligne le gouvernement fédéral dans sa plus récente proposition pour moderniser la LPRPDE, sans surveillance appropriée, les codes de pratiques exemplaires propres à l'industrie « peuvent être, au mieux, sans intérêt, et au pire, trompeurs » (ISDE, 2019b). En effet, dans un rapport présenté par le Government Accountability Office des États-Unis et intitulé *Consumer Privacy Protection Principles: Privacy Principles for Vehicle Technologies and Services* (Principes de protection des renseignements personnels des clients : principes de protection concernant les technologies et les services), dans lequel on étudiait un cadre d'autoréglementation en matière de protection des données dans les

véhicules élaboré en 2016 par des constructeurs automobiles américains, on a constaté que ces principes ne fournissaient pas suffisamment de directives aux constructeurs automobiles et ne protégeaient pas suffisamment la vie privée des clients (USGAO, 2017). De plus, un sondage mené par la CAA (2017) a révélé que les Canadiens appuyaient massivement (à 81 %) l'élaboration de règlements clairs et applicables pour protéger les renseignements personnels générés et colligés par les véhicules CASE. La vaste majorité des répondants était d'avis que l'engagement volontaire de l'industrie envers la protection de la vie privée serait insuffisant, seulement 11 % des répondants étant de l'avis contraire (CAA, 2017). Ainsi, il est possible que des mesures réglementaires soient nécessaires afin d'assurer la protection des données dans le contexte des véhicules CASE.

5.3.2 Répercussions des accords commerciaux

Les véhicules CASE suscitent des préoccupations au sujet de la souveraineté des données et des flux transfrontaliers de données

Compte tenu du caractère intégré de l'industrie nord-américaine de l'automobile, un effort concerté a été fait pour harmoniser les normes en matière de sécurité et d'émissions des véhicules (Lawson *et al.*, 2015). Toutefois, on n'a pas encore vu d'effort comparable déployé pour harmoniser les normes et les règlements en matière de protection des données (Lawson *et al.*, 2015). Cela présente un défi, car on peut utiliser les véhicules CASE pour franchir les frontières nationales et entrer dans des pays ayant des exigences différentes relativement à la protection des données et de la vie privée. C'est pourquoi les fabricants et les promoteurs de véhicules CASE devront possiblement élaborer des pratiques de collecte et de gestion des données qui tiendront compte des lois sur la protection de la vie privée dans différents pays (McMillan, 2016; TRBOT, 2020).

Des questions liées à la souveraineté des données seront sans doute soulevées dans le contexte des véhicules CASE, car un grand nombre d'entreprises qui font partie de l'écosystème canadien des véhicules CASE sont situées aux États-Unis, et l'industrie automobile canado-américaine est hautement intégrée. Les renseignements personnels recueillis par les véhicules CASE au Canada peuvent être stockés à l'extérieur du pays, et dès lors sujets à différentes lois sur la protection des données et de la vie privée (Gogolek, 2019). Les tribunaux canadiens ont statué sur certaines de ces questions dans le cas d'autres technologies; par exemple, la Cour suprême du Canada a déterminé, dans la cause *Douez c. Facebook* (2017), que les dispositions figurant dans les contrats d'utilisation en ligne et exigeant que les utilisateurs règlent tout différend devant un tribunal international, peu importe leur situation géographique, sont inapplicables (Kerr et Millar, s.d.).

De plus, le Canada est signataire de plusieurs accords commerciaux internationaux qui traitent explicitement de questions relatives aux données, à la vie privée et à la cybersécurité, comme l'*Accord Canada–États-Unis–Mexique* (ACEUM) et l'*Accord de partenariat transpacifique global et progressiste* (PTPGP). Ces deux accords renferment des dispositions pertinentes pour les données de véhicules CASE, notamment celles sur la protection des renseignements personnels et la cybersécurité, le transfert transfrontalier des données, la souveraineté des données, et la transparence en matière de code source et d'algorithmes (GC, 2016, 2018a). Toutefois, dans le cas de l'ACEUM, ces dispositions figurent parmi les aspects les plus critiqués de l'accord (Balsillie, 2020; de Beer, 2020).

L'ACEUM et le PTPGP exigent que les pays ne limitent pas le transfert transfrontalier d'informations, y compris les renseignements personnels, sauf si une telle restriction « est nécessaire pour réaliser un objectif légitime de politique publique », si elle ne constitue pas « un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable, ou une restriction déguisée au commerce », ou si elle n'est pas plus importante que celles qui sont nécessaires pour atteindre l'objectif (GC, 2016, 2018a). Toutefois, on ne sait pas si les organismes canadiens doivent obtenir le consentement d'une personne avant de transmettre ses renseignements personnels à un organisme à l'extérieur du pays (Leblond, 2019). Les deux accords interdisent aux entités nationales d'exiger que les données soient stockées à l'intérieur de leur pays en échange de l'accès au marché. Toutefois, le PTPGP contient une exception à cette disposition pour un « objectif légitime de politique publique », contrairement à l'ACEUM. La définition d'un « objectif légitime de politique publique » est floue dans ce contexte, mais certains experts de la protection de la vie privée avancent que cet objectif ne touche peut-être pas la protection des renseignements personnels (Leblond, 2019).

Les gouvernements pourraient vouloir avoir accès au code source et aux algorithmes qui servent à contrôler les véhicules CASE afin de confirmer que les véhicules sont conformes à leurs normes réglementaires (Ticoll, 2015). Il est probable que toute procédure future de litige dans les cas de collisions impliquant les véhicules CASE nécessitera une compréhension des algorithmes de prise de décisions des véhicules afin de déterminer la responsabilité (Scassa, 2018). En plus des défis techniques importants liés à l'évaluation du code source et des algorithmes extrêmement complexes des véhicules CASE, il existe aussi des défis associés aux accords commerciaux impliquant le Canada. L'ACEUM et le PTPGP stipulent que les entités nationales ne peuvent pas exiger l'accès au code source des logiciels comme condition à leur importation, à leur distribution ou à leur utilisation (Leblond, 2019). Toutefois, le PTPGP permet à ces entités de demander la modification du code source afin d'assurer la conformité aux lois et aux règlements

du pays. L'ACEUM ne contient pas de disposition semblable permettant une demande de modification du code source, ce qui veut dire, en principe, qu'une demande de modification d'un algorithme d'un logiciel de véhicule CASE de la part d'une entité canadienne dans le but d'assurer la conformité aux lois ou aux règlements canadiens « pourrait être contestée en vertu de l'ACEUM en tant que mesure protectionniste discriminatoire contre le producteur américain ou mexicain du logiciel ou de l'application » [traduction libre] (Leblond, 2019). Toutefois, l'ACEUM permet à « un organisme de réglementation ou à une autorité judiciaire » d'ordonner aux entreprises de donner accès au code source en vue « d'une enquête, d'une inspection, d'un examen, d'une action coercitive ou d'une procédure judiciaire spécifique, sous réserve des protections contre la divulgation non autorisée » (GC, 2018a). De plus, les logiciels visés par cette disposition du PTPGP sont exclusivement « des logiciels de grande consommation ou des produits dans lesquels ces logiciels sont incorporés », et ne comprennent pas les logiciels associés aux « infrastructures essentielles », alors qu'on ne fait pas cette distinction dans l'ACEUM (GC, 2016). Il n'est pas clair si les infrastructures adaptées aux communications V2I seraient incluses dans cette distinction, ni quelles seraient ces infrastructures.

5.3.3 Modèles de protection de la vie privée pour les données des véhicules CASE

Le modèle du consentement en matière de protection de la vie privée est actuellement utilisé pour les véhicules connectés

Certains disent qu'il est souvent difficile de déterminer si les utilisateurs sont réellement en mesure de donner leur consentement véritable et éclairé à la collecte de données par leur véhicule connecté, car ces personnes doivent avoir une compréhension de base de la façon dont leurs renseignements personnels seront colligés, utilisés et partagés (Lawson *et al.*, 2015). Par exemple, compte tenu de la multitude de longues et complexes ententes de modalités d'utilisation requises afin de posséder ou d'utiliser un véhicule connecté, on ne sait pas avec certitude si les utilisateurs sont en mesure de s'informer adéquatement au sujet des conditions en vertu desquelles leurs renseignements seront recueillis et utilisés. Comme le soulignent Lawson *et al.* (2015), lorsqu'une personne achète un véhicule connecté, elle doit accepter les politiques de confidentialité de diverses entités, comme les FEO, les concessionnaires, les tiers fabricants de systèmes d'infodivertissement ou de télématique, les tiers développeurs d'applications pour véhicules connectés, les fournisseurs de services de mobilité, les fournisseurs d'appareils mobiles (si le véhicule peut être connecté au téléphone intelligent de l'utilisateur), les services de financement et les compagnies d'assurance. On s'attend à ce que les utilisateurs soient pleinement conscients des diverses façons

dont leurs renseignements personnels pourraient être recueillis, utilisés et partagés par une ou l'ensemble de ces entités, conformément à leurs politiques de confidentialité respectives. Par conséquent, les utilisateurs pourraient ne pas toujours comprendre qui collige et utilise leurs données personnelles, qui peut accéder à celles-ci, ni quelles sont les conditions et les objectifs de la collecte et de l'utilisation de ces données (Lawson *et al*., 2015). D'ailleurs, dans la *Charte numérique du Canada en action*, on reconnaît explicitement ces lacunes : « Les modèles actuels basés sur le consentement selon des politiques de confidentialité complexes et longues ne sont pas adaptés et ne favorisent pas la confiance » (ISDE, 2019a).

Plutôt que de demander expressément aux clients d'accepter la collecte de données, la plupart des FEO qui vendent des véhicules connectés au Canada comptent sur une forme de consentement tacite; on présume que les acheteurs accordent leur consentement lorsqu'ils utilisent le service en question et on ne leur offre pas toujours l'option de refuser (Gogolek, 2019). Cette situation soulève d'importantes questions d'ordre éthique et politique au sujet de la légitimité, dans les contrats, de l'acceptation par défaut de la collecte de données, par exemple quant à savoir si ces ententes offrent des choix aux consommateurs et si elles ont un effet sur le droit à la protection de la vie privée en général.

La confidentialité programmée offre un cadre prometteur pour répondre aux enjeux de confidentialité dans le contexte des véhicules CASE

Un grand nombre de chercheurs universitaires, d'entreprises du secteur privé, de gouvernements et d'autres intervenants ont prôné l'adoption d'un cadre de confidentialité programmée afin de relever de façon proactive les défis relatifs à la protection de la vie privée dans le contexte des véhicules CASE (Ticoll, 2015; McMillan, 2016; Deloitte, 2018a). Le concept de la confidentialité programmée (Cavoukian, 2011) découle de l'idée que « l'on ne peut pas assurer la confidentialité seulement par la conformité aux cadres législatif et réglementaire; l'assurance de la confidentialité doit plutôt faire partie intégrante du mode de fonctionnement par défaut d'un organisme » [traduction libre] (CIPVP, 2013).

Au Canada, le Comité permanent de l'accès à l'information, de la protection des renseignements personnels et de l'éthique a recommandé l'apport d'un amendement à la LPRPDE afin d'incorporer la confidentialité programmée comme un des principes centraux (Zimmer, 2018). Dans la *Charte numérique du Canada en action*, on reconnaît également tacitement la confidentialité programmée : « Un engagement au respect de la vie privée et au maintien de la confiance [...] doit être intégré à la conception des systèmes numériques dès

le début. » (ISDE, 2019a). En Europe, le RGPD intègre les principes de la confidentialité programmée (article 25) (CE, 2016), et aux États-Unis, la Federal Trade Commission a recommandé aux organismes qui recueillent des données d'adopter le cadre de la confidentialité programmée (FTC, 2012). Les autorités fédérales et étatiques chargées de la protection des données en Allemagne ont demandé aux constructeurs automobiles de respecter les principes de la confidentialité programmée lors du développement de nouveaux véhicules et services (Lawson *et al.*, 2015). En 2017, dans le cadre de la 39e International Conference of Data Protection and Privacy Commissioners (Conférence internationale des commissaires à la protection des données et de la vie privée), à laquelle 119 autorités responsables de la protection de la vie privée et des données venant de partout dans le monde ont participé, on a adopté la non contraignante *Résolution sur la protection des données dans les véhicules automatisés et connectés* (ICDPPC, 2017). La résolution presse les entités de normalisation, les autorités publiques, les fabricants de véhicules et d'équipements, les services de transport individuel et les fournisseurs de véhicules de location, de même que les fournisseurs de services pour véhicules CASE axés sur les données à adopter le cadre de la confidentialité programmée (ainsi que les 16 principes additionnels traitant de la protection des données et de la sécurité) lors du développement des technologies de véhicules CASE.

5.4 Cybersécurité et véhicules CASE

En matière de cybersécurité, des considérations, des défis et des risques uniques sont associés aux véhicules CASE (McMillan, 2016). Il a été estimé que les véhicules non autonomes actuels présentent plus de 50 points d'attaque que les pirates informatiques peuvent exploiter; dans le cas des véhicules CASE, ce nombre est beaucoup plus élevé (Saed *et al.*, 2019). De plus, les conséquences découlant du piratage des véhicules CASE peuvent être beaucoup plus graves que pour les véhicules conventionnels. Selon un rapport publié en 2015, 16 constructeurs automobiles majeurs n'avaient pas tenu compte de la possibilité que des pirates puissent accéder aux systèmes de leurs véhicules connectés; presque tous les véhicules connectés étaient donc vulnérables à au moins un point d'accès sans fil (et dans nombre de cas à plusieurs) (Markey, 2015). Chacun de ces constructeurs adoptait également des approches incohérentes et désordonnées relativement à la cybersécurité; certains d'entre eux n'avaient aucune mesure de sécurité en place (Markey, 2015). Or, plus le niveau d'automatisation des véhicules augmente, plus les risques associés aux cyberattaques augmentent également.

5.4.1 Vulnérabilités des véhicules CASE

Les véhicules CASE peuvent être vulnérables aux attaques en raison des communications V2X et des connexions physiques

Tout appareil branché à un réseau de communication est potentiellement vulnérable aux cyberattaques. Les véhicules CASE ne sont pas seulement connectés aux réseaux sans fil (p. ex., communications V2N), mais ils peuvent aussi être connectés aux autres véhicules sur la route (communications V2V), aux infrastructures routières (communications V2I), et aux appareils mobiles à l'intérieur (Bluetooth) et à l'extérieur du véhicule (communications V2P). Cette connectivité expose les véhicules CASE à la possibilité de subir des cyberattaques à grande échelle et fortement nuisibles (Parkinson *et al.*, 2017). De plus, lorsque plusieurs appareils sont connectés de cette façon, un point vulnérable dans un des appareils peut être exploité pour attaquer tous les autres (McMillan, 2016; Kennedy, 2017). D'autres possibilités de cyberattaques se présentent parce que les véhicules CASE sont essentiellement conçus pour les déplacements, et pour recueillir et partager des renseignements tirés d'une grande diversité de sources à mesure qu'ils se déplacent (McMillan, 2016). Les communications V2X ne constituent pas le seul point d'accès pour le piratage de véhicules CASE; les personnes malveillantes peuvent accéder aux systèmes des véhicules CASE par le moyen d'une connexion physique, comme une interface USB ou le port de diagnostic embarqué du véhicule (Parkinson *et al.*, 2017; Saed *et al.*, 2019). Des logiciels malveillants peuvent également être introduits par inadvertance dans le véhicule lors d'une connexion physique effectuée chez le concessionnaire ou le mécanicien (Lee, 2017; Saed *et al.*, 2019).

Sans mesures de sécurité robustes, les véhicules CASE risquent d'être contrôlés ou désactivés par des cyberattaques

Des mesures de cybersécurité insuffisantes peuvent créer des risques de sécurité uniques pour les véhicules CASE, surtout lorsque les pirates informatiques sont capables d'interagir avec les systèmes de commande du véhicule (Ticoll, 2015; Lee, 2017). Il a été démontré que de tierces parties ont parfois été capables de contrôler à distance certaines fonctions de conduite des voitures conventionnelles dotées d'une connexion Internet, comme l'accélération, le freinage et le virage, et ce, à n'importe quelle vitesse de conduite (p. ex., Valasek et Miller, 2015; Greenberg, 2016). Lorsqu'une telle situation se présente, le conducteur ou les passagers du véhicule peuvent se retrouver incapables d'intervenir (Lee, 2017; Taeihagh et Lim, 2019). On a donc suggéré qu'il pourrait être nécessaire d'intégrer aux véhicules un

mécanisme pour outrepasser les mesures de sécurité intégrée, permettant aux occupants de maintenir un certain degré de contrôle du véhicule (Kennedy, 2017). Les réactions comportementales des utilisateurs de véhicules CASE lors d'une cyberattaque font l'objet de recherches continues. Alors qu'un seul véhicule CASE contrôlé à distance par un pirate informatique malveillant peut déjà être très dangereux, les communications V2V pourraient étendre la portée des pirates et permettre à ceux-ci de contrôler plusieurs véhicules à la fois, créant ainsi un « réseau de zombies automobiles » (Saed *et al.*, 2019).

Les véhicules CASE peuvent également faire l'objet de cyberattaques qui visent à désactiver les capteurs ou le véhicule même, ou à provoquer des défaillances. Par exemple, une attaque à l'aide d'un brouilleur de signaux ou une attaque par déni de service pourrait perturber les signaux de GPS ou de communications V2X et empêcher le véhicule de recevoir des messages importants (Petit et Shladover, 2014; Parkinson *et al.*, 2017; Saed *et al.*, 2019). Les pirates peuvent également transmettre de faux signaux GPS ou de faux messages de sécurité V2X (mystification) dans le but de duper le véhicule ou de perturber la circulation routière (Petit et Shladover, 2014; Parkinson *et al.*, 2017; Saed *et al.*, 2019; Taeihagh et Lim, 2019). De plus, des formes de piratage à basse technologie peuvent désactiver les véhicules CASE ou perturber leurs capteurs, comme pointer une lumière vers une des caméras du véhicule ou un laser vers son système LIDAR (Petit et Shladover, 2014; Parkinson *et al.*, 2017). Il est toutefois possible de tromper intentionnellement les capteurs des véhicules CASE en appliquant certains types de marques simples aux routes ou aux panneaux de signalisation (Eykholt *et al.*, 2018; TKSL, 2019). Il est toutefois possible de mitiger les effets des attaques contre les capteurs des véhicules en utilisant plusieurs formes de télédétection (p. ex., les caméras, les LIDARS et les radars) et en effectuant la fusion des données des capteurs (Cui *et al.*, 2019).

Beaucoup des données générées et colligées par les véhicules CASE pourraient servir au vol d'identité, à la surveillance, au chantage ou à d'autres formes de préjudice (Lawson *et al.*, 2015). Les véhicules CASE sont également exposés à des attaques par rançongiciels, des logiciels malveillants qui empêchent les utilisateurs autorisés d'accéder à leurs données jusqu'à ce qu'ils paient une rançon (CSPTC, 2018). Des préoccupations ont été soulevées au sujet de la façon dont les divers types de données des véhicules CASE sont stockés, des endroits où les données sont stockées, de la durée du stockage et de la nature des mesures de cybersécurité utilisées pour protéger les données (Lee, 2017).

Prévenir les cyberattaques contre les véhicules CASE présente plusieurs défis

De nombreux chercheurs ont publié des études détaillées traitant des vulnérabilités connues des véhicules CASE en matière de cybersécurité, des techniques de mitigation potentielles et des efforts de recherche en cours (Petit et Shladover, 2014; Parkinson *et al.*, 2017; Saed *et al.*, 2019). Toutefois, il est difficile de prévoir les vulnérabilités spécifiques aux véhicules CASE en matière de cybersécurité, car les technologies sont nouvelles (Lee, 2017) ainsi que complexes (Parkinson *et al.*, 2017).

Le facteur principal qui fait en sorte que les véhicules CASE sont vulnérables aux cyberattaques actuellement est que la technologie en est toujours à ses premiers stades de développement, et que les normes et les protocoles de sécurité sont toujours en cours d'élaboration. Les technologies émergentes comme la chaîne de blocs et l'infrastructure à clés publiques pourraient réduire les risques relatifs à la cybersécurité (CSPTC, 2018). La « segmentation » constitue une autre mesure suggérée pour améliorer la cybersécurité des véhicules; il s'agit d'un processus qui consiste à séparer les systèmes internes le plus possible pour faire en sorte que l'atteinte d'un système ne touche pas tous les systèmes à la fois (Kennedy, 2017). Par exemple, il pourrait être nécessaire de séparer les systèmes importants liés à la sécurité et aux fonctions de conduite des systèmes d'infodivertissement ou de navigation (Lee, 2017). De nouvelles techniques de cryptage et d'authentification seront probablement nécessaires pour assurer la cybersécurité des véhicules (Saed *et al.*, 2019). Certains constructeurs automobiles travaillent déjà en collaboration avec des « pirates éthiques » (des experts en sécurité informatique qui mettent à l'essai les mesures de sécurité des systèmes TIC d'une compagnie en essayant de les désactiver) afin de déceler et de corriger les vulnérabilités potentielles (CSPTC, 2018).

Toutefois, les chercheurs indépendants ne peuvent pas examiner de près les mesures de cybersécurité existantes. Aux États-Unis, la *Digital Millennium Copyright Act* protège les titulaires du droit d'auteur des logiciels des véhicules contre la divulgation de renseignements, ce qui empêche les chercheurs d'étudier les vulnérabilités potentielles en matière de sécurité (Ticoll, 2015). Certaines entités ont présenté des propositions visant à exempter les logiciels des véhicules de ces

protections à des fins de recherche sur la cybersécurité (Brachmann, 2015). En 2015, le U.S. Copyright Office (Bureau du droit d'auteur des États-Unis) a accordé une exemption partielle pour certains logiciels de véhicules permettant aux propriétaires autorisés des véhicules de contourner les protections du droit d'auteur « afin de pouvoir effectuer le diagnostic, la réparation ou la modification légitime des fonctions du véhicule » [traduction libre]; cette exemption ne s'appliquait pas aux systèmes de télématique ni aux systèmes d'infodivertissement (Brachmann, 2015). De plus, certains accords commerciaux internationaux, notamment l'ACEUM et le PTPGP, pourraient empêcher l'étude des algorithmes utilisés dans les systèmes des véhicules CASE.

Certaines pratiques exemplaires et lignes directrices en matière de cybersécurité des véhicules CASE ont été élaborées par des organismes internationaux. Par exemple, le guide de la Society of Automotive Engineers intitulé *Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems* fournit les lignes directrices et les pratiques exemplaires relatives à la cybersécurité des véhicules (SAE, 2016). En 2017, l'Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) a également publié des lignes directrices pour la cybersécurité des véhicules CASE, mettant l'accent sur le besoin d'une approche de « cybersécurité dès la conception » basée sur six principes : (i) entretenir une culture de la cybersécurité; (ii) adopter une logique de cycle produit pour la cybersécurité des véhicules; (iii) procéder à des tests d'évaluation des fonctions de sécurité; (iv) conduire une politique de mise à jour de la sécurité; (v) fournir des solutions et des correctifs après les incidents; et (vi) améliorer le partage d'information parmi les acteurs de l'industrie (ACEA, 2017). Ce document comprend des recommandations et des pratiques exemplaires précises pour la mise en œuvre de ces principes lors de la conception de mesures de cybersécurité pour les véhicules CASE. Ultimement, les protocoles de cybersécurité des véhicules CASE devront être compatibles avec divers véhicules et plateformes, et les solutions devront être applicables à l'échelle de millions de voitures potentiellement. De plus, les gouvernements, les FEO, les fournisseurs de services de véhicules CASE et d'autres intervenants devront travailler ensemble afin de cerner les risques relatifs à la cybersécurité des véhicules CASE et de déterminer des stratégies de migration (TRBOT, 2020).

5.4.2 Lois et règlements en matière de cybersécurité

Il existe un nombre limité de lois et de règlements portant sur la cybersécurité des véhicules CASE au Canada et ailleurs dans le monde

Transports Canada est en train d'élaborer des principes et des pratiques exemplaires en matière de cybersécurité des véhicules CASE (TC, 2019f). De plus, le gouvernement fédéral du Canada a fourni des lignes directrices générales traitant des questions de cybersécurité dans le document intitulé *Stratégie nationale de cybersécurité* (SP, 2018); toutefois, cette stratégie ne traite pas précisément de la cybersécurité des véhicules CASE ou dans les systèmes de transport. Deux des accords commerciaux internationaux signés par le Canada, soit le PTPGP et l'ACEUM, exigent que l'on reconnaisse dans chaque pays l'importance d'améliorer les capacités de cybersécurité et de renforcer la collaboration et la coopération pour déceler et réduire les menaces à la cybersécurité. Toutefois, aucun de ces deux accords n'impose des exigences précises (GC, 2016, 2018a).

En 2015, des constructeurs automobiles, des fournisseurs de véhicules et des exploitants de parcs de véhicules commerciaux aux États-Unis ont établi l'Automotive Information Sharing and Analysis Center (Auto-ISAC), une communauté guidée par l'industrie conçue pour partager de l'information au sujet des menaces, des vulnérabilités et des pratiques exemplaires relatives à la cybersécurité des véhicules (Auto-ISAC, 2019). Le modèle de l'Auto-ISAC est calqué sur celui de l'Aviation Information Sharing and Analysis Center (A-ISAC), qui joue avec succès un rôle semblable, soit celui de traiter les menaces relatives à la cybersécurité touchant l'industrie de l'aviation (Kennedy, 2017). En 2016, la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) des États-Unis a publié un document d'orientation intitulé *Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles* (Pratiques exemplaires en matière de cybersécurité pour les véhicules modernes). Dans ce document, on recommande la mise en place de processus systématiques pour cerner les risques et analyser les menaces, on préconise « l'étude explicite des risques liés à la confidentialité et à la cybersécurité pendant le cycle de vie entier du véhicule » [traduction libre], et on fournit quelques recommandations techniques (NHTSA, 2016b). La NHTSA a signalé qu'elle demandera aux fabricants de véhicules CASE de fournir des rapports confirmant la conformité à ces lignes directrices, mais ceux-ci ne seront pas obligatoires (NHTSA, 2016a). En 2017, le Congrès américain a déposé la *Security and Privacy in Your Car Study Act*. Cette loi exigerait de la NHTSA qu'elle mette en place des règlements en matière de

cybersécurité et de confidentialité (USC, 2017). Si elle est adoptée, cette loi imposera la séparation des systèmes critiques et non critiques des véhicules CASE, établira des exigences de sécurité relatives à la transmission et au stockage des données, exigera des tests d'intrusion de la part des fabricants de véhicules CASE, énoncera des exigences quant au signalement des tentatives de piratage, et plus encore (Lim et Taeihagh, 2018; Taeihagh et Lim, 2019). Plusieurs États ont déjà adopté des lois liées à la cybersécurité des véhicules CASE, notamment la Californie, le Massachusetts et la Pennsylvanie (Lim et Taeihagh, 2018).

5.5 Résumé

Les technologies de véhicules CASE génèrent et colligent d'énormes quantités et variétés de données qui pourraient présenter d'importants avantages pour le Canada et améliorer la sécurité, l'efficience et l'accessibilité des systèmes de transport. Les données des véhicules CASE peuvent également créer de nouvelles possibilités pour le secteur privé, comme l'offre de nouveaux services, l'élaboration de nouveaux modèles d'affaires et la détermination de nouvelles ou de meilleures sources de revenus. Toutefois, les données générées et colligées par les véhicules CASE sont liées à de sérieux risques pour la protection de la vie privée. Les lois et les règlements actuels ne progressent pas au même rythme que les progrès technologiques en matière de collecte et d'analyse des données, et il reste encore des problèmes majeurs à résoudre concernant la propriété des données ainsi que l'accès à celles-ci, qui peut être accordé à une grande variété d'acteurs, incluant des sociétés multinationales et des gouvernements étrangers. Les véhicules CASE comportent également des risques uniques relatifs à la cybersécurité; les cyberattaques effectuées dans le but de contrôler ou de désactiver les véhicules pourraient menacer la sécurité du public ou entraîner des perturbations majeures de la circulation routière et des systèmes de transport. Il sera nécessaire pour les divers ordres de gouvernement des différents pays et pour les intervenants clés de l'écosystème des véhicules CASE de travailler ensemble afin de régler ces problèmes complexes. Il faudra également établir des normes techniques et juridiques sur l'utilisation, le stockage et la transmission des données de véhicules CASE afin de pouvoir profiter des avantages et des possibilités qui y sont associés. De plus, la coordination internationale s'avérera utile pour résoudre les défis concernant les flux transfrontaliers de données et la compatibilité entre les différentes lois sur la protection des données et de la vie privée de chaque pays.

6

Planification de la mobilité

6.1 Mobilité personnelle

6.2 Politiques de transport et urbanisme

6.3 Accessibilité et équité des transports

6.4 Circulation et transport urbain des marchandises

6.5 Sommaire

Constatations du chapitre

- L'arrivée des véhicules CASE pourrait perturber les choix de mobilité existants, réduisant potentiellement le besoin de posséder un véhicule personnel et complétant ou concurrençant le transport en commun et le transport actif (c.-à-d. la marche, le vélo). Les véhicules CASE sont également susceptibles de jouer un rôle de premier plan dans la circulation des marchandises, à la fois pour le transport longue distance et transfrontalier de marchandises et pour les services de livraison dans les régions urbaines.
- L'émergence des véhicules CASE est susceptible d'avoir des répercussions à long terme sur l'urbanisme, le contrôle de la circulation ainsi que les recettes et dépenses des municipalités. Les politiques d'aujourd'hui en matière de transport et d'aménagement du territoire détermineront l'incidence future des véhicules CASE sur l'étalement urbain, la congestion routière, le stationnement et l'infrastructure de transport.
- Une approche proactive et coordonnée de la planification et de l'élaboration de politiques par divers ordres de gouvernement sera nécessaire afin de tirer parti des avantages potentiels des véhicules CASE en matière de mobilité.
- L'adoption des véhicules CASE nécessitera probablement des investissements importants en vue de mettre à jour l'infrastructure de transport existante pour la communication V2I. On ignore qui serait responsable de cette infrastructure et en assumerait les coûts.
- Les véhicules CASE pourraient rendre le transport personnel plus accessible et équitable, et bénéficier aux aînés, aux enfants et aux jeunes, aux personnes ayant une incapacité et à celles au faible statut socioéconomique. Cependant, les véhicules CASE pourraient également réduire l'équité en matière de transport pour ces groupes s'ils ne sont pas accessibles financièrement ou s'ils réduisent les services de transport en commun.

Le transport, la mobilité et l'aménagement du territoire sont étroitement liés (Heinrichs, 2016; Fraedrich *et al.*, 2019). L'essor de la voiture automobile privée dans la seconde moitié du 20e siècle a influencé les choix des gens en matière de mobilité et de transport; par conséquent, l'urbanisme a donné la priorité aux routes et aux déplacements automobiles, favorisant ainsi l'utilisation des véhicules personnels (Glaeser, 2011). On s'attend à ce que les véhicules CASE modifient les choix de la population canadienne en matière de mobilité et de

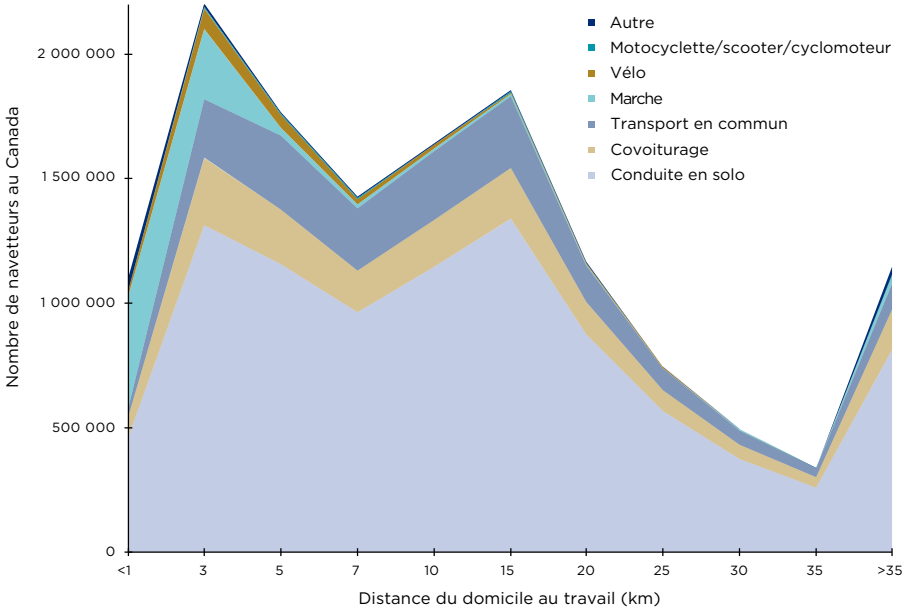
transport, ainsi que l'aménagement urbain et l'infrastructure de transport, en suscitant une interaction entre l'urbanisme et la planification des transports et la façon dont les gens choisissent de vivre, de travailler et de se déplacer. Ce chapitre examine les incidences potentielles des véhicules CASE sur les modes de transport utilisés, les politiques en matière de transport et l'urbanisme, ainsi que les enjeux connexes de l'accessibilité et de l'équité.

6.1 Mobilité personnelle

L'introduction des véhicules CASE comme option de transport pourrait bouleverser les tendances actuelles en matière de mobilité au Canada. Les véhicules personnels sont le principal moyen de transport pour la grande majorité de la population canadienne aujourd'hui. Dans de nombreuses villes, le transport en commun et le transport actif (la marche et le vélo) jouent un rôle important dans la mobilité personnelle. La montée en puissance des services de mobilité partagée — tels que les services de voiturage et la micromobilité — a perturbé le secteur des transports et permis d'offrir un plus grand choix en matière de mobilité à certaines personnes au Canada (section 2.3). Les options de mobilité partagée devraient gagner en nombre et en importance à mesure que les véhicules CASE deviennent plus répandus et avancés d'un point de vue technologique. Dans l'avenir, les solutions de mobilité intégrée pourraient relier les véhicules CASE, le transport en commun et le transport actif en les regroupant en un seul service d'abonnement (c.-à-d. la MaaS).

La mobilité au Canada repose en grande partie sur les véhicules personnels

En 2017, les Canadiens ont effectué près de 300 millions de déplacements à l'aide d'une voiture ou d'un camion personnel ou loué, comparativement à environ 5,5 millions de déplacements en autobus et à 4,1 millions de déplacements en train (StatCan, s.d.). En 2016, la majorité des Canadiens (80 %) utilisaient un véhicule personnel pour se rendre au travail et en revenir, quelle que soit la distance (figure 6.1). Parmi ces navetteurs, 73,5 % vivaient dans une région métropolitaine de recensement (c.-à-d. une région ayant une population totale d'au moins 100 000 habitants et dont le noyau comptait au moins 50 000 habitants) (StatCan, 2017c). Au-delà des déplacements entre le domicile et le travail, la grande majorité des voyages effectués au Canada pour rendre visite à des amis et à de la famille, ou pour l'agrément ou les vacances, sont effectués au moyen d'un véhicule personnel ou loué (StatCan, s.d.).



Source des données : StatCan (2019a)

Figure 6.1 Les principaux modes de transport pour la navette selon la distance du domicile au travail au Canada

Les Canadiens se rendent au travail et en reviennent principalement en conduisant seuls dans un véhicule personnel, quelle que soit la distance, bien qu'environ la moitié des navetteurs qui vivent à moins d'un kilomètre du travail utilisent régulièrement le transport actif (p. ex., la marche et le vélo).

NB : Le recensement suppose que le point de départ du navettage est le lieu habituel de résidence, mais ce n'est peut-être pas toujours le cas. Quelquefois, les répondants peuvent être en voyage d'affaires, et il se peut qu'ils aient indiqué un lieu de travail ou un principal mode de transport pour la navette en fonction du lieu de travail où ils se trouvaient pendant leur voyage. Certaines personnes maintiennent un lieu de séjour près de leur travail et retournent à leur domicile principal les fins de semaine. Souvent, les étudiants travaillent après les heures de classe à un endroit situé près de l'école. Cela a pour résultat que les données peuvent présenter des parcours inhabituels ou des principaux modes de transport inhabituels pour la navette (StatCan, 2019a).

La dépendance à l'égard de la possession d'un véhicule personnel au Canada reflète les avantages en matière de flexibilité et d'indépendance des véhicules personnels, qui offrent une mobilité autonome et la liberté d'accéder à davantage d'occasions sociales et économiques que celles offertes par d'autres modes de transport (Olateju *et al.*, 2019). Des décennies d'aménagement du territoire en fonction de l'automobile (p. ex., les banlieues et les routes à accès limité) contribuent également au besoin d'un véhicule personnel, ce qui, à son tour, peut entraîner un manque, ou une insuffisance, d'infrastructures soutenant les modes de transport alternatifs, tels que le transport en commun, la marche et le vélo (Anowar *et al.*, 2016). Pour de nombreuses personnes vivant dans des régions suburbaines, rurales et éloignées, un véhicule personnel est souvent nécessaire pour satisfaire leurs besoins essentiels et leur donner accès aux épiceries, aux soins de santé, à l'éducation et à l'emploi, ce qui entraîne une proportion plus élevée de ménages possédant un véhicule dans les régions rurales (95 %) par rapport aux régions urbaines (79 %) (StatCan, 2018b).

6.1.1 Incidences des véhicules CASE sur la mobilité personnelle

L'accès à des véhicules CASE abordables et disponibles sur demande pourrait réduire le taux de possession de véhicules personnels

En 2017, 84 % des ménages au Canada possédaient ou louaient un véhicule (StatCan, 2018b). Cependant, environ la moitié des Canadiens choisiraient de ne pas posséder de voiture s'ils le pouvaient (Vision Mobility, 2019). Ce sentiment est beaucoup plus élevé dans les régions urbaines (~ 55 %) que dans les régions rurales (~ 35 %) (Vision Mobility, 2019). Bien que les taux de possession d'une automobile dans les grandes villes des États-Unis aient continué d'augmenter depuis l'apparition des services de voiturage (Schaller, 2018), des études ont révélé une corrélation entre la réduction de la possession d'un véhicule personnel et l'utilisation des services d'autopartage (Martin *et al.*, 2010) et de voiturage (Clewlow et Mishra, 2017a; Vision Mobility, 2019; Ward *et al.*, 2019; Sabouri *et al.*, 2020). Des études modélisant l'exploitation de parcs de véhicules CASE ont démontré que chaque véhicule autonome partagé pouvait remplacer entre 4 et 11 véhicules personnels conventionnels (p. ex., Fagnant et Kockelman, 2014; Boesch *et al.*, 2016; Gurumurthy et Kockelman, 2018). Cependant, les prévisions en ce qui concerne la réduction attribuable aux véhicules CASE du taux de possession d'un véhicule pourraient être trop optimistes; par exemple, dans certains pays du moins, les services de voiturage et la micromobilité ont tendance à remplacer le transport en commun plus que les voitures personnelles (Vision Mobility, 2019). En outre, l'utilisation actuelle des services de mobilité partagée ne permet

peut-être pas de bien prédire leur utilisation future, car de nombreux modèles d'affaires actuels du secteur ne sont pas rentables et dépendent du soutien des investisseurs pour financer les coûts du service (Olateju *et al.*, 2019).

Même avec l'arrivée au Canada de véhicules de niveaux 4 et 5 selon l'échelle de la SAE, les services de mobilité partagée autonome seront probablement limités aux centres de population ayant une densité suffisante pour les soutenir (c.-à-d. plus de 400 personnes par kilomètre carré; voir la section 2.3). La possession d'un véhicule personnel pourrait demeurer la norme dans les régions rurales et moins densément peuplées, l'accès aux véhicules autonomes se trouvant réservé à ceux qui ont les moyens d'en posséder un personnellement et limité par des coûts d'achat élevés, du moins au début de leur disponibilité. De plus, même si les services de mobilité partagée se développent dans les régions urbaines, toute tendance à la baisse de la possession individuelle prendra probablement plusieurs décennies, en partie en raison du taux de rotation relativement bas de la possession de véhicules (environ 20 ans pour remplacer 90 % des véhicules actuellement en circulation aux États-Unis (Keith *et al.*, 2019)).

Les véhicules CASE ont des implications contrastées pour le transport actif

Le transport actif désigne principalement la marche et le vélo comme modes de transport (Stappers *et al.*, 2018), bien qu'il puisse inclure tout moyen qui « consiste à utiliser sa propre énergie pour se rendre d'un endroit à un autre », y compris les fauteuils roulants (GC, 2014). En 2016, environ 7 % des navetteurs au Canada ont marché ou fait du vélo pour se rendre au travail et en revenir (StatCan, 2017c). Bien que l'incidence des véhicules CASE sur le transport actif soit source d'incertitude, la plupart des études disponibles suggèrent que les véhicules CASE réduiront les niveaux de transport actif (Spence *et al.*, 2020). Si les véhicules CASE deviennent une option de transport pratique et abordable, les gens choisiront peut-être de les utiliser au lieu de marcher ou de faire du vélo (Cavoli *et al.*, 2017). En remplaçant l'infrastructure de transport existante et le tracé traditionnel des rues par des trottoirs et des bandes cyclables plus larges dans un effort pour adapter l'urbanisme aux véhicules CASE, les villes pourraient devenir plus conviviales pour les piétons et les cyclistes, et le niveau de transport actif pourrait augmenter (Schwartz, 2018). Cependant, les décisions d'investir dans l'infrastructure pour soutenir le transport actif sont largement indépendantes du fait que les véhicules sont de type CASE ou conventionnel (Botello *et al.*, 2018).

Les véhicules CASE élargiront l'offre de services de mobilité partagée

Les formes traditionnelles de mobilité partagée telles que les taxis et les voitures de location ont reculé au cours des dernières années, tandis que l'utilisation des services de voiturage a considérablement augmenté (Vision Mobility, 2019). On s'attend généralement à ce que l'utilisation des nouveaux services de mobilité partagée continue de croître (à la fois en nombre d'utilisateurs et en distance parcourue) et à ce que les véhicules CASE offrent aux particuliers encore plus d'options de mobilité partagée, telles que les taxis sans chauffeur et les navettes autonomes (Botello *et al.*, 2018). L'arrivée des véhicules CASE pourrait accélérer la tendance des services de mobilité partagée, transformant ainsi le marché de la mobilité personnelle fondé sur l'achat de véhicules en un marché fondé sur l'achat de déplacements. Cependant, à l'instar des options actuelles de services de mobilité partagée, les taxis sans chauffeur et les navettes autonomes seront probablement limités géographiquement aux zones urbaines denses et à des communautés exclusives, et ne seront pas disponibles dans la plupart des petites villes, villages et régions rurales du Canada.

En outre, on craint qu'en dépit de leur popularité et de leur part de marché croissantes, certains secteurs importants de l'industrie actuelle des services de mobilité partagée (comme les services de voiturage) dévient de leur trajectoire en raison d'une dépendance insoutenable envers les investisseurs pour assurer leur viabilité à court terme, comme en témoigne l'incapacité de plusieurs de ces entreprises à réaliser des profits (Sherman, 2017). Il est difficile de savoir comment les tarifs pourraient être affectés si les investisseurs dans ces entreprises exigeaient finalement un meilleur rendement du capital investi (Schaller, 2018). Cela représente une source d'incertitude pour qui essaie de prévoir l'adoption et la durabilité à long terme des modèles de mobilité partagée actuels et futurs basés sur les véhicules CASE. Cette incertitude crée également un risque pour les commissions de transport municipales qui pourraient chercher à établir des partenariats avec des fournisseurs de services de mobilité partagée dans le cadre de systèmes de mobilité intégrée (Olateju *et al.*, 2019).

Les véhicules CASE pourraient avoir une incidence sur la valeur du temps de transport économisé

Un facteur dans la prise de décisions concernant les modes de transport est le coût en temps de transport, connu sous le nom de *valeur du temps de transport économisé* (VTTÉ ; des VTTÉ plus élevées correspondent à des coûts en temps de transport plus élevés (Wadud et Huda, 2019). Étant donné que les véhicules entièrement autonomes permettront aux utilisateurs de se livrer à des activités autres que la conduite, on s'attend généralement à ce qu'ils réduisent la VTTÉ (Steck *et al.*, 2018;

Wadud et Huda, 2019). Cependant, les données probantes sur la perception de la VTTÉ pour les véhicules CASE sont partagées. Steck *et al.* (2018) ont constaté que, par rapport à la conduite manuelle, la VTTÉ était perçue comme étant plus faible à la fois pour les véhicules autonomes personnels (-31 %) et les véhicules autonomes partagés (-10 %). D'autres études ont démontré que la VTTÉ pour les véhicules CASE était perçue comme étant plus élevée que pour la conduite manuelle et les services de voiturage traditionnels (Gao *et al.*, 2019). Ce résultat contre-intuitif est peut-être dû au manque de connaissance des répondants au sujet des véhicules sans conducteur et à leur hésitation face à une technologie non éprouvée, car la VTTÉ pour les véhicules CASE était nettement inférieure à celle de la conduite manuelle et des services de voiturage traditionnels lorsque les questionneurs ont explicitement mentionné la capacité d'effectuer plusieurs tâches à la fois comme un avantage potentiel (Gao *et al.*, 2019). En outre, les perceptions de la VTTÉ dépendent des activités effectuées à bord du véhicule. Par exemple, la VTTÉ pour les véhicules CASE est perçue comme étant inférieure à celle des véhicules conventionnels si les gens travaillent au lieu de conduire, mais plus élevée que les véhicules conventionnels si les gens se livrent à des activités de loisir au lieu de conduire (de Looff *et al.*, 2018; Correia *et al.*, 2019). Ces résultats pourraient suggérer que les véhicules CASE sont peut-être plus susceptibles de remplacer d'autres modes de transport (p. ex., la conduite manuelle, le transport en commun) pour les déplacements liés au travail plutôt que pour les activités de loisirs. Cependant, il est à noter que ces études sont spéculatives, recensant les perceptions à propos d'un produit qui n'est pas encore disponible. Ainsi, l'incidence des véhicules CASE sur la VTTÉ est actuellement source d'incertitude et pourrait changer à mesure que les consommateurs s'habituent à se déplacer dans des véhicules sans conducteur.

6.1.2 Incidences des véhicules CASE sur le transport en commun

Les réseaux de transport en commun au Canada ont transporté environ 2,1 milliards de passagers en 2017, une augmentation de 2,5 % par rapport à l'année précédente (TC, 2019a). En raison de l'accroissement de la population dans les villes, et d'une plus grande efficacité du transport en commun, de services élargis et d'horaires prolongés, l'utilisation globale du transport en commun au Canada a augmenté au cours des dernières décennies. Environ 12 % des navetteurs au Canada utilisent régulièrement le transport en commun, la proportion la plus élevée étant à Toronto (24 %), à Montréal (22 %) et à Vancouver (20 %) (StatCan, 2017c).

Les décisions d'aujourd'hui en matière de politiques et d'investissement détermineront l'incidence future des véhicules CASE sur le transport en commun

La pleine incidence des véhicules CASE sur le transport en commun n'est pas encore claire. Ils pourraient rivaliser avec les transports en commun s'ils offrent une option plus efficace, plus pratique et plus rentable pour les navetteurs, bien qu'une augmentation du nombre de fournisseurs de services de mobilité partagée puisse également faire augmenter le nombre de véhicules sur la route et aggraver la congestion routière (Ticoll, 2015; Olateju *et al*., 2019). Les véhicules CASE pourraient par ailleurs complémenter ou améliorer les systèmes de transport en commun, en augmentant leur flexibilité et leur niveau de service (Ticoll, 2015; UITP, 2017; NACTO, 2019). Par exemple, des navettes autonomes partagées pourraient aider à résoudre le problème du premier et du dernier segment, en amenant les gens de chez eux à l'arrêt le plus proche d'un système de transport en commun rapide (un système léger sur rail, un métro ou une ligne d'autobus) et des stations de transport en commun à leur destination (UITP, 2017). Cela pourrait s'avérer particulièrement utile pour donner accès au transport en commun aux personnes vivant dans les régions suburbaines et rurales qui ne sont pas situées à proximité de stations de transport en commun, stimulant ainsi l'achalandage du transport en commun (UITP, 2017). Cependant, si l'introduction des véhicules CASE accroît l'étalement urbain, le problème du premier et du dernier segment pourrait être exacerbé, car les maisons seraient encore plus éloignées des stations de transport en commun, ce qui amènerait les navetteurs à utiliser exclusivement les véhicules CASE et à contourner entièrement le transport en commun.

Certaines études suggèrent qu'un parc de véhicules CASE pourrait remplacer entièrement le transport en commun conventionnel dans certaines villes de petite et de moyenne taille (OCDE/FIT, 2015). En 2017, la ville d'Innisfil, en Ontario, a conclu un partenariat avec Uber dans le cadre duquel elle a subventionné le coût d'utilisation du service de voiturage au lieu de mettre en œuvre un système de transport en commun conventionnel (Town of Innisfil, 2019). Cependant, les coûts sont devenus plus élevés que prévu, en raison de niveaux d'achalandage supérieurs aux attentes (Town of Innisfil, 2019). En revanche, alors que les coûts fixes du transport en commun conventionnel sont plus élevés, les coûts nets diminuent généralement à mesure que l'achalandage augmente (McGrath, 2019).

Les données probantes concernant l'incidence des services de mobilité partagée tels que l'autopartage et les services de voiturage sur l'utilisation des transports en commun sont contradictoires. L'incidence semble être relativement faible et très variable selon des facteurs comme la taille de la ville, les caractéristiques démographiques et le type de transport en commun. Certaines études ont démontré que l'introduction de services de mobilité partagée pourrait légèrement

augmenter l'achalandage du transport en commun (p. ex., Hall *et al.*, 2018), tandis que d'autres ont démontré qu'elle pourrait légèrement diminuer son achalandage (p. ex., Clewlow et Mishra, 2017b). Et pourtant, d'autres études encore n'ont trouvé aucun lien notable entre la mobilité partagée et l'achalandage du transport en commun (p. ex., Boisjoly *et al.*, 2018; Feigon et Murphy, 2018). Les services de mobilité partagée sont plus susceptibles d'avoir un effet complémentaire sur le transport en commun dans les régions à plus forte densité de population et plus accessibles à pied, et une incidence négative sur l'utilisation du transport en commun dans les régions à plus faible densité de population et moins accessibles à pied (Olateju *et al.*, 2019). De plus, l'incidence limitée des services de voiturage sur l'utilisation du transport en commun pourrait être due au fait que les services de voiturage ont tendance à être davantage utilisés de façon ponctuelle, alors que le transport en commun est davantage utilisé pour les déplacements quotidiens (Feigon et Murphy, 2018).

La technologie des véhicules CASE offre également la possibilité d'automatiser le transport en commun lui-même, ce qui pourrait accroître l'abordabilité, l'efficacité et la fiabilité de ces systèmes. L'automatisation pourrait réduire les coûts d'exploitation en éliminant les coûts de main-d'œuvre associés aux chauffeurs (ACTU, 2017; Tirachini et Antoniou, 2020); cependant, ces pertes d'emplois potentielles pourraient ralentir la tendance à l'automatisation (Olateju *et al.*, 2019). Pour que l'automatisation des transports en commun réduise les tarifs, les coûts d'exploitation devraient être réduits de plus de 50 % (Tirachini et Antoniou, 2020). L'automatisation des transports en commun pourrait également mener à un service plus fréquent (OCDE/FIT, 2015; Olateju *et al.*, 2019), ce qui pourrait permettre l'utilisation de véhicules plus petits, déployés de manière à maintenir environ la même capacité totale de transport (Tirachini et Antoniou, 2020). Cependant, les transports en commun pourraient bénéficier de l'automatisation uniquement si on leur accorde la priorité, si on encourage leur utilisation et s'ils sont soutenus financièrement par plusieurs ordres de gouvernement, car les investissements sont actuellement moins importants dans l'automatisation des transports en commun que dans l'automatisation des véhicules personnels et des services de mobilité partagée (Sim *et al.*, 2019).

Les véhicules CASE créent des possibilités pour les systèmes de mobilité intégrée

La montée en puissance des services de mobilité partagée et l'émergence de la technologie des véhicules CASE offrent aux commissions de transport l'occasion de développer des systèmes de mobilité intégrée se basant sur les véhicules CASE (Kamargianni *et al.*, 2016; UITP, 2017; PM, 2018; Olateju *et al.*, 2019). Les systèmes de mobilité intégrée relient plusieurs options de mobilité différentes (y compris

les transports en commun et les services de mobilité partagée), de sorte que les individus peuvent choisir les combinaisons d'options de transport qui répondent le mieux à leurs besoins (ACTU, 2017; UITP, 2017). Les systèmes de mobilité sont considérés comme intégrés dans la mesure où : (i) un billet ou une carte à puce peuvent être utilisés pour accéder à une grande variété de services de mobilité, (ii) un portail d'accès unique est utilisé pour tous les modes de transport et (iii) ils permettent aux utilisateurs de combiner différents modes et services de mobilité (Kamargianni *et al.*, 2016).

Les systèmes de mobilité intégrée sont également appelés « mobilité en tant que service ». Ils relient de nombreuses options de mobilité (p. ex., le transport en commun, le transport actif et les services de mobilité partagée) en un seul système.

Des systèmes de mobilité intégrée impliquant des véhicules CASE pourraient être nécessaires afin de fournir une solution de rechange pratique à la possession d'un véhicule personnel (UITP, 2017). Des options de mobilité intégrée sont offertes par l'entremise de partenariats entre les sociétés de transport en commun et les fournisseurs de services de mobilité du secteur privé, et offrent aux sociétés de transport la possibilité d'assumer des rôles de gestion dans un écosystème de mobilité plus vaste (ACTU, 2017; UITP, 2017; Olateju *et al.*, 2019). Plusieurs difficultés se posent lors de la mise en place de la MaaS. Par exemple, dans certaines parties du Canada du moins, les responsables gouvernementaux des transports estiment que les services de mobilité partagée ne viendront pas compléter leurs systèmes de transport en commun (Olateju *et al.*, 2019). De plus, « la population dispersée du Canada, le cadre réglementaire non homogène et les formules variées de financement des transports en commun posent des difficultés » [traduction libre] pour l'adoption de systèmes de mobilité intégrée à travers le pays (Olateju *et al.*, 2019). Le partage de données entre les fournisseurs de services de mobilité partagée et les commissions de transport constitue également un défi (chapitre 5).

Les objectifs et motivations potentiellement contradictoires des fournisseurs de services de mobilité partagée du secteur privé et des commissions de transport du secteur public pourraient présenter des difficultés supplémentaires. Alors qu'ils visent tous deux à réduire la dépendance à l'utilisation des véhicules personnels, l'objectif des fournisseurs de services de mobilité partagée est de réaliser des profits et de maximiser la valeur actionnariale, tandis que celui des fournisseurs de services de transport en commun est de rendre les services de mobilité aussi accessibles que possible, les coûts financiers étant compensés par les avantages économiques et sociaux plus larges offerts par le service (Olateju *et al.*, 2019). Ces

motivations différentes sont susceptibles de créer des sources de tension. Par exemple, les fournisseurs de services de transport en commun cherchent généralement à augmenter les taux d'occupation de leurs véhicules afin de réduire les tarifs, la congestion routière et les émissions; en revanche, des taux d'occupation plus élevés des véhicules de mobilité partagée entraînent généralement une diminution du nombre de déplacements et une réduction des revenus pour les fournisseurs (Olateju *et al.*, 2019). De plus, les sociétés de transport en commun pourraient être incitées à ne pas coopérer avec d'autres types de fournisseurs de transport parce que leur financement est souvent lié au nombre d'usagers (Moore, 2017).

6.2 Politiques de transport et urbanisme

Par leur incidence sur la mobilité et les transports, les véhicules CASE pourraient avoir des répercussions à long terme sur l'environnement bâti. Cependant, de tels changements ne se feront probablement pas sentir tant que l'adoption de la mobilité partagée et de la technologie des véhicules autonomes ne sera pas substantielle et généralisée. L'apparition probable de navettes autonomes et de taxis sans chauffeur sur les routes urbaines au cours des prochaines décennies aura des répercussions plus immédiates en matière de politiques et de planification du transport. Les mesures prises aujourd'hui pour résoudre les questions relatives à l'urbanisme comme la congestion routière, la gestion des bordures de trottoir, le tracé des rues et le stationnement auront une incidence sur l'intégration des véhicules CASE dans les rues des villes. La planification de la modernisation de l'infrastructure devra tenir compte de la demande que ces véhicules imposeront à des éléments tels que la connectivité et l'entretien des routes. À plus long terme, la disponibilité des véhicules CASE et leur incidence sur les options de mobilité s'offrant à la population canadienne pourraient influencer le lieu où les gens choisissent de vivre et de travailler ainsi que leur mode de vie. Même si de tels changements ne seront probablement pas visibles au cours des dix prochaines années, les décisions et les politiques en matière de planification municipale formulées aujourd'hui seront essentielles pour déterminer comment les véhicules CASE apparaîtront pour la première fois dans différentes communautés et comment ils seront intégrés aux systèmes de transport existants (Faisal *et al.*, 2019; Overtoom *et al.*, 2020).

La planification entourant les véhicules CASE nécessite une coordination entre plusieurs ordres de gouvernement

Les véhicules autonomes pourraient être un « catalyseur de la transformation urbaine » (Duarte et Ratti, 2018), et de nombreux experts ont plaidé pour une approche proactive de la planification des transports, de l'aménagement urbain

et de l'infrastructure relatifs aux véhicules autonomes (p. ex., Ticoll, 2015; UITP, 2017; NACTO, 2019). Puisque les horizons de la planification urbaine sont similaires à ceux de l'industrie de la construction — environ deux décennies —, il est utile de commencer à examiner les incidences des véhicules CASE sur l'urbanisme et la planification des transports. Cependant, les urbanistes ne ressentent peut-être pas le besoin immédiat de préparer les villes aux véhicules CASE. La Fédération canadienne des municipalités a indiqué qu'à l'extérieur des plus grandes villes du Canada, la planification entourant les véhicules CASE est actuellement une priorité relativement faible pour la plupart des municipalités (J. Lawson, communication personnelle, 2019). Un sondage mené en 2019 auprès des responsables des transports et de la planification travaillant dans des villes de taille moyenne et grande en Allemagne a révélé que les urbanistes estiment que des questions telles que le contrôle de la circulation, l'infrastructure et l'urbanisme pour les véhicules autonomes deviendront plus importantes au cours des 3 à 10 prochaines années (Fraedrich *et al.*, 2019). Un manque d'impératifs réglementaires ou politiques pour stimuler l'urbanisme pour les véhicules CASE pourrait contribuer à ce peu d'empressement sur la question.

Les véhicules CASE sont peut-être moins prioritaires pour les urbanistes, car on ne sait pas encore comment la technologie se développera et quand (ou si) elle deviendra suffisamment mature pour justifier une attention sérieuse (Fraedrich *et al.*, 2019). Par exemple, en 2017, la Toronto Transit Commission a publié un rapport soulignant que les incertitudes à l'égard de la technologie, les coûts et le calendrier les empêchaient d'élaborer un plan stratégique portant sur les véhicules CASE (TTC, 2017). Les urbanistes se montrent peut-être également sceptiques quant à la capacité des véhicules CASE de venir complémenter leurs objectifs de transport et d'urbanisme existants. Par exemple, certains urbanistes ont indiqué que les véhicules autonomes personnels ne profiteraient pas à leurs objectifs et pourraient en fait entrer en conflit avec eux (p. ex., en aggravant les problèmes existants tels que l'étalement urbain et la congestion routière) (Fraedrich *et al.*, 2019).

Des conflits pourraient survenir entre différents ordres de gouvernement au sujet de l'objectif et des priorités concernant la planification de l'arrivée des véhicules CASE. Les planificateurs municipaux sont plus susceptibles de s'intéresser à l'utilisation des véhicules CASE pour complémenter le transport en commun et le transport actif, tandis que les autorités fédérales pourraient être davantage intéressées par la sécurité des véhicules, l'efficacité énergétique et le soutien de la compétitivité du secteur (Fraedrich *et al.*, 2019). Des sondages auprès d'urbanistes aux États-Unis et en Allemagne ont fait état de préoccupations selon lesquelles les priorités en matière d'urbanisme ne seront pas compatibles avec les politiques et réglementations fédérales et étatiques pour les véhicules autonomes (Fraedrich

et al., 2019; NACTO, 2019). Par exemple, les gouvernements des États pourraient réserver des voies spéciales uniquement pour les véhicules autonomes, ce qui pourrait inciter à l'utilisation personnelle au détriment de la priorisation du transport en commun et du transport actif (NACTO, 2019). Des urbanistes aux États-Unis ont exprimé des inquiétudes quant au fait que les États puissent interdire aux municipalités de réglementer les entreprises de mobilité privées ou d'introduire une gestion des bordures de trottoir ou une tarification de la congestion routière, et d'autres ordres de gouvernement pourraient établir des règlements, tels que des exigences d'infrastructure uniformes, qui déplaceraient l'accent mis sur les gens dans la planification des villes pour l'orienter vers les capacités technologiques (NACTO, 2019).

6.2.1 Véhicules CASE et congestion routière

L'incidence des véhicules CASE sur la congestion routière est une source d'incertitude. Bien que les véhicules CASE puissent diminuer la congestion routière en réduisant l'utilisation des véhicules personnels et en augmentant l'utilisation des services de mobilité partagée, ils pourraient également augmenter considérablement le nombre total de déplacements et de kilomètres véhicules parcourus (KVP), limitant ainsi les avantages attendus en termes de réduction de la congestion routière (OCDE/FIT, 2015; Litman, 2019). Il a été constaté que l'utilisation des services de voiturage a augmenté les KVP (et donc la congestion routière) à Toronto (Ville de Toronto, 2019b). Cependant, les véhicules CASE pourraient également contribuer à réduire la congestion routière grâce à une amélioration du contrôle de la circulation; les communications V2V et V2I avec d'autres véhicules et infrastructures pourraient permettre un comportement de conduite coordonné, une accélération et un freinage plus en douceur, des distances plus rapprochées entre les véhicules, une canalisation directionnelle des véhicules plus efficace et une réduction des collisions, ce qui mènerait à des débits de circulation plus efficients (Anderson *et al.*, 2016; Narayanan *et al.*, 2020).

Les incidences des véhicules CASE sur la congestion routière dépendent de l'emplacement géographique

L'introduction des véhicules CASE pourrait entraîner une augmentation des niveaux de congestion routière en raison de plusieurs facteurs, notamment la demande de déplacement induite (Narayanan *et al.*, 2020); de nouveaux groupes d'utilisateurs (p. ex., les personnes à mobilité réduite ou les personnes qui ne peuvent pas obtenir de permis de conduire) (Harper *et al.*, 2016); la possibilité que des véhicules CASE roulent à vide (Fagnant et Kockelman, 2014; UITP, 2017; Narayanan *et al.*, 2020); et la possibilité que des gens choisissent de vivre plus loin du travail, créant donc un besoin de se déplacer par un moyen autre que le

transport en commun ou le transport actif (Carrese *et al.*, 2019). Les véhicules CASE pourraient également contribuer à la congestion routière en étant plus lents et plus prudents que les véhicules conduits par des humains (Mauracher et Lao, 2019), et les arrêts fréquents pour prendre en charge et déposer les passagers des véhicules CASE pourraient avoir davantage de répercussions négatives sur les débits de circulation (Overtoom *et al.*, 2020). En outre, bien que les véhicules CASE puissent augmenter la capacité routière, la congestion a tendance à rester constante ou même à augmenter avec la hausse de la capacité routière en raison de la demande de transport induite (Schneider, 2018).

Il est peu probable que l'incidence des véhicules CASE sur la congestion routière et le volume de circulation soit répartie uniformément dans une ville. Les hausses du volume de circulation dues aux véhicules CASE sont plus susceptibles de se produire sur les petits réseaux routiers locaux en raison des activités pour prendre en charge et déposer les passagers (OCDE/FIT, 2015). La congestion routière pourrait augmenter dans les centres-villes, car les déplacements à bord de véhicules CASE sont plus susceptibles de remplacer les déplacements en transport en commun dans ces zones, tandis qu'elle pourrait diminuer dans les quartiers de banlieue si le conavettage dans des véhicules CASE remplace l'utilisation de véhicules personnels (FEM, 2018a). En raison de débits de trafic plus fluides et de la réduction des goulots d'étranglement et des collisions, l'allègement de la congestion sera probablement plus important sur les autoroutes que sur les artères urbaines, car les causes de retards sur les artères (p. ex., les véhicules qui effectuent un virage et la présence de piétons et de cyclistes) seront toujours présentes avec les véhicules CASE (Fagnant et Kocklman, 2015). Cependant, Talebpour *et al.* (2017) ont constaté que, lorsque les véhicules CASE sont limités à des voies réservées sur les autoroutes avec bretelles, la congestion routière peut augmenter considérablement en raison des manœuvres de changement de voie que les véhicules CASE doivent entreprendre pour s'introduire dans la voie.

Le conavettage et le transport en commun sont importants pour réduire la congestion routière

Plusieurs études ont démontré que, si les véhicules CASE en autopartage (c.-à-d. les véhicules partagés successivement par des passagers uniques) peuvent augmenter la congestion routière, les véhicules CASE en conavettage (c.-à-d. les véhicules partagés simultanément par plusieurs passagers) peuvent réduire la congestion (examiné dans Narayanan *et al.*, 2020). Cependant, les services de conavettage peuvent également causer une hausse du trafic, car ils ont tendance à éloigner davantage les utilisateurs des modes de transport actif (c.-à-d. la marche ou le vélo) que des véhicules personnels (Schaller, 2018). Une modélisation de Naumov *et al.* (2020) a révélé que, sans interventions politiques appropriées pour

décourager l'utilisation de l'automobile (p. ex., une taxe sur les KVP), le conavettage basé sur les véhicules CASE pourrait avoir pour conséquence involontaire de nuire à l'achalandage du transport en commun, ce qui entraînerait des niveaux plus élevés de congestion routière. Cependant, la congestion routière peut être considérablement réduite lorsque les véhicules CASE sont intégrés aux systèmes de transport en commun (OCDE/FIT, 2015; Ticoll, 2015; Salazar *et al.*, 2018). Sans un fort encouragement du conavettage plutôt que des déplacements en véhicules à occupant unique, les problèmes de congestion routière ne seront probablement pas résolus, et risquent de s'aggraver, avec les véhicules autonomes (Schwartz, 2018; Sperling, 2018; Narayanan *et al.*, 2020).

6.2.2 Véhicules CASE et tracé des rues

L'arrivée des véhicules CASE aura probablement des incidences sur le tracé des rues. Les véhicules CASE pourraient augmenter la capacité routière en permettant des distances plus rapprochées entre les véhicules et une circulation plus fluide, réduisant ainsi potentiellement le nombre de voies nécessaires sur les autoroutes et dans les rues des villes (Schlossberg *et al.*, 2018). Les véhicules autonomes pourraient également nécessiter moins d'espace entre les voies pour des raisons de sécurité (Heinrichs, 2016; Schlossberg *et al.*, 2018). L'espace libéré par des voies moins nombreuses et plus étroites offre la possibilité d'introduire des bandes cyclables, des trottoirs plus larges, des voies de transport en commun, des zones pour prendre en charge et déposer les passagers des véhicules partagés et du transport en commun, ou des voies supplémentaires réservées aux véhicules, ainsi que la possibilité d'agrandir les logements, les cours d'école, les parcs ou les jardins communautaires (Schlossberg *et al.*, 2018).

Cependant, l'influence des véhicules CASE sur la capacité routière dépendra de l'utilisation de la communication V2V, du taux de pénétration des véhicules CASE et du type de rues ou de routes (Narayanan *et al.*, 2020). S'ils étaient déployés à des niveaux élevés, les véhicules CASE pourraient augmenter considérablement la capacité routière; cependant, à des taux de pénétration plus faibles, les véhicules CASE pourraient en fait réduire la capacité routière en raison de facteurs tels que les interactions entre les véhicules CASE et les véhicules conventionnels, et la probabilité que les véhicules CASE aient des profils d'accélération et de décélération plus progressifs (examiné dans Narayanan *et al.*, 2020). L'utilisation de la communication V2V pour la circulation en peloton des véhicules de transport en commun et de marchandises pourrait également augmenter la capacité routière (Faisal *et al.*, 2019).

Tout comme pour le covoiturage, des voies pourraient être réservées aux véhicules CASE le long des autoroutes achalandées ou des routes de banlieue (Fraedrich

et al., 2019; TRBOT, 2020). Cependant, les voies réservées aux véhicules CASE pourraient augmenter la capacité des autoroutes uniquement lorsque les taux de pénétration sont d'au moins 30 à 50 %, selon le type d'autoroute (Talebpour *et al.*, 2017). En outre, il a été suggéré que les voies prioritaires pourraient être mieux adaptées aux véhicules de transport en commun autonomes pour éviter que les voies réservées aux véhicules autonomes n'incitent à l'utilisation de véhicules personnels (NACTO, 2019). Des voies réservées aux navettes et aux véhicules de livraison autonomes à basse vitesse transportant des biens et des personnes dans les noyaux urbains pourraient les protéger du débit général de la circulation automobile; les voies adjacentes à la bordure de trottoir pourraient permettre de faire monter et de déposer des passagers, les voies intérieures étant réservées au trafic de transit (NACTO, 2019).

En outre, les véhicules CASE nécessiteront probablement qu'on modifie l'infrastructure routière. Les véhicules CASE dépendent actuellement de leurs capteurs pour détecter les marques routières dans le but de se placer au centre de la voie et de détecter les points d'arrêt. Cependant, les marques routières qui ne sont pas clairement visibles (en raison d'un manque d'entretien ou des conditions météorologiques) constituent un problème pour les systèmes de conduite automatisée. Parmi les solutions proposées figurent des marques routières en plastique à contraste élevé conçues pour avoir une réflectivité radar très sensible et être facilement lisibles par les machines (actuellement à l'essai sur l'autoroute 407 en Ontario), ainsi que des capteurs en bordure de route ou intégrés à la chaussée qui communiquent avec les véhicules CASE (RIVA, 2018; TRBOT, 2020).

Les véhicules CASE pourraient réduire considérablement le besoin d'infrastructures de stationnement

Les véhicules CASE pourraient nécessiter moins de places de stationnement s'ils sont en mesure de déposer des passagers, puis de repartir pour aller en chercher d'autres. Les véhicules CASE pourraient réduire la demande de stationnement de potentiellement 90 %, en fonction du taux de déplacements en covoiturage par rapport aux déplacements en véhicules à occupant unique, et de la présence ou de l'absence de transports en commun de grande capacité (OCDE/FIT, 2015; Rodier, 2018). La modélisation suggère qu'un service de taxi autonome desservant 5 % de tous les déplacements actuels à Atlanta, en Géorgie, pourrait potentiellement réduire le nombre de places de stationnement dans les zones centrales de 67 % (Zhang *et al.*, 2017). L'utilisation de services de mobilité partagée a déjà réduit la demande de stationnement. Par exemple, l'introduction des services de voiturage a entraîné une baisse de la demande de stationnement dans les aéroports d'environ 6 à 7 % à New York (Wadud, 2020). Les véhicules CASE pourraient également réduire le nombre de véhicules circulant à la recherche d'un

stationnement (Guerra et Morris, 2018), et la technologie V2I pourrait diriger les véhicules vers les places disponibles après que les passagers ont été déposés (Fagnant et Kocklman, 2015). Les véhicules CASE pourraient également rouler à vide afin d'éviter de payer pour le stationnement, ce qui augmenterait la congestion routière et les KVP (UITP, 2017; Rodier, 2018; Schwartz, 2018; Litman, 2019). Étant donné que la présence de véhicules inoccupés pourrait être encouragée involontairement si la disponibilité du stationnement est réduite de manière radicale en réponse à l'arrivée des véhicules CASE (Rodier, 2018), il sera important de développer des politiques de stationnement qui évitent de telles conséquences (Narayanan *et al.*, 2020).

Avec les véhicules CASE, de nombreux parcs et structures de stationnement existants pourraient devenir inutiles, permettant ainsi leur réaménagement (Ticoll, 2015; Henderson et Spencer, 2016). Des stationnements couverts bien situés, avec un bon accès aux principales voies de transport et une disposition flexible, pourraient être attrayants pour les exploitants de parcs automobiles pour le stationnement, la recharge et l'entretien de leurs véhicules (Henderson et Spencer, 2016). Les infrastructures de stationnement pourraient également être relocalisées dans les centres stratégiques d'une région plutôt qu'à proximité des entreprises et des maisons (Nelson\Nygaard, 2018; Rodier, 2018). Les parcs de stationnement seraient ainsi déplacés des zones urbaines denses vers les zones plus périphériques des municipalités (ACTU, 2017). Une modélisation de Zhang *et al.* (2017) a révélé que les véhicules autonomes partagés étaient plus susceptibles de se stationner dans des zones adjacentes aux noyaux urbains qu'en périphérie de la ville, probablement pour mieux rejoindre les passagers potentiels. Les zones où ils se sont stationnés étaient généralement des quartiers à faible revenu (et racialisés) où la valeur foncière était moins élevée, ce qui met en évidence des problèmes potentiels d'équité, mais pourrait également offrir à ces zones de nouvelles possibilités d'accès à des services de mobilité partagée et la possibilité de nouvelles édifications sur terrain intercalaire (Zhang *et al.*, 2017).

La gestion des bordures de trottoir est de plus en plus importante pour les véhicules CASE dans les espaces urbains

L'utilisation de l'espace en bordure du trottoir est en train de changer et fait face à des pressions croissantes provenant des services de voiturage, des livraisons d'achats en ligne et des livraisons de nourriture à la demande, qui nécessitent de l'espace en bordure du trottoir pendant quelques secondes ou minutes. Les bandes cyclables, les voies réservées aux autobus et les stationnements pour vélos et scooters utilisent également cet espace (OCDE/FIT, 2017a; Shaver, 2019). Les véhicules CASE introduiront de nouvelles considérations à l'égard de la gestion des bordures de trottoir, le besoin d'espace pour faire monter et déposer des passagers

étant susceptible d'augmenter considérablement (OCDE/FIT, 2017a), en particulier pendant les heures de pointe et dans les centres de mobilité qui sont reliés à d'autres formes de transport, comme les stations d'un système léger sur rail (Heinrichs, 2016). Cependant, les véhicules CASE nécessitent moins de stationnements sur rue (NACTO, 2019) et feront en sorte que la gestion des bordures de trottoir sera désormais axée sur la montée et la descente des passagers plutôt que sur le stationnement (OCDE/FIT, 2017a). L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a récemment accepté une proposition de nouvelle norme ISO portant sur l'utilisation des véhicules CASE et d'autres dispositifs similaires en bordure du trottoir et sur les trottoirs (ISO TR4448) (Grush, 2020). La norme définira la terminologie et les protocoles pour la priorisation, la planification et la mise en file d'attente des véhicules autonomes et des véhicules de livraison automatisés de manière dynamique, sans la nécessité d'une surveillance humaine (Grush, 2020).

Des stratégies de gestion des bordures de trottoir pour les véhicules CASE sont déjà en cours d'élaboration dans certains endroits. Washington, D.C., a mis à l'essai diverses stratégies de gestion des bordures de trottoir, y compris des capteurs de disponibilité du stationnement en temps réel, des prix en fonction de la demande, des frais d'utilisation des zones de chargement commerciales et des restrictions de stationnement à certaines heures de la journée (DC DDOT, s.d.). La Ville de Vancouver a instauré des permis nécessaires pour s'arrêter en bordure du trottoir afin de prendre en charge et de déposer des passagers pendant la journée dans la zone du centre-ville (Ville de Vancouver, s.d.). Le permis prévoit des frais de 30 cents pour chaque montée et descente de passagers, avec une réduction des frais de 50 % pour les véhicules zéro émission et aucuns frais pour les véhicules accessibles (Ville de Vancouver, s.d.). Le projet Sidewalk Labs à Toronto, maintenant annulé, proposait des « bordures de trottoir dynamiques » servant de points de montée et de descente des passagers pendant les périodes de pointe et, dans les périodes plus calmes, d'infrastructure de transport actif, d'espace communautaire ou de zones de chargement de marchandises, les prix étant déterminés pour encourager d'autres modes de transport et le conavettage (Sidewalk Labs, 2019).

Les véhicules CASE auront une influence sur l'étalement urbain et l'endroit où habitent les gens

L'évolution du choix du lieu de résidence est une tendance à long terme alimentée par une grande variété de facteurs démographiques, sociaux et économiques, et l'influence potentielle des véhicules CASE sur cette tendance est source d'incertitude. À long terme, l'adoption généralisée des véhicules CASE pourrait avoir une incidence sur l'étalement urbain en affectant l'endroit où les gens

choisiront de vivre (Faisal *et al.*, 2019). La mobilité à la demande sans la contrainte d'un conducteur pourrait mener à une plus grande décentralisation (c.-à-d. à l'étalement urbain) et à la spécialisation des quartiers (Anderson *et al.*, 2014; Milakis *et al.*, 2018; Carrese *et al.*, 2019). Le Canada pourrait connaître une augmentation du nombre de villes périphériques — où des entreprises et des points de vente au détail émergeraient dans des régions auparavant rurales ou résidentielles avec un bon accès routier et des parcelles de terre disponibles — si le coût en temps nécessaire pour se rendre à ces endroits et en revenir est réduit grâce aux véhicules CASE. Les véhicules CASE pourraient également être l'occasion pour les centres urbains de devenir des lieux de vie plus attrayants et plus rentables, avec davantage d'options de participation économique, culturelle et sociale (Duarte et Ratti, 2018). Les villes pourraient devenir plus conviviales pour les piétons et les cyclistes si l'infrastructure automobile traditionnelle — comme les parcs de stationnement, les routes spacieuses, les stations-service et les centres de services — était remplacée par des infrastructures axées sur les personnes, telles que des allées piétonnes, des jardins, des parcs et des bandes cyclables (Schwartz, 2018). Cependant, l'espace urbain doit être géré de manière proactive pour obtenir ces avantages (OCDE/FIT, 2015). En fin de compte, l'incidence des véhicules autonomes sur l'étalement urbain dépendra probablement de la possibilité que ces véhicules soient partagés ou non. Selon la modélisation de Thakur *et al.* (2016), l'introduction des véhicules autonomes personnels est susceptible de causer une réduction de la population dans les banlieues proches et intermédiaires et de causer une augmentation de la population dans les banlieues lointaines. Cependant, si les véhicules autonomes partagés deviennent le principal mode de transport, la population est susceptible d'augmenter dans les banlieues proches et intermédiaires, et de diminuer dans les banlieues lointaines (Thakur *et al.*, 2016).

Les véhicules CASE pourraient soit améliorer les aménagements axés sur le transport en commun — un développement urbain dense, à usage mixte et axé sur les piétons, spécialement conçu pour être à distance de marche des carrefours de transport en commun (Renne et Appleyard, 2019) — en prolongeant la zone de service accessible de 400–800 mètres à 2–5 kilomètres (Lu *et al.*, 2017), soit mettre un frein à ces aménagements en réduisant le besoin pour les navetteurs d'utiliser le transport en commun (Conerly, 2016). KPMG (2017b) décrit l'incidence des véhicules autonomes sur l'aménagement urbain comme créant des îlots d'autonomie, « des concentrations limitées de populations dans des endroits allant des villes universitaires aux villes à l'intérieur de villes » [traduction libre] qui sont liées aux régions environnantes sur les plans économique et social. Il y a lieu de croire que ces îlots seront les premiers endroits où les véhicules CASE émergeront et deviendront répandus, en raison de l'infrastructure technologique

locale et de la densité du réseau de transport. Les îlots présenteront une gamme de caractéristiques en fonction du ou des types d'habitudes de déplacement typiques, nécessitant différentes approches de planification et de conception urbaines. Bref, il n'y a pas de solution unique au système de transport des véhicules CASE, et les stratégies d'intégration refléteront probablement les différents besoins de transport des communautés (KPMG, 2017b).

6.2.3 Infrastructures nécessaires aux véhicules CASE

Les véhicules CASE obligeront probablement les provinces et les municipalités à faire des investissements importants dans l'infrastructure et à accroître son entretien. De nombreuses entités gouvernementales, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du Canada, commencent à investir dans la préparation de leur infrastructure pour les véhicules CASE. L'*Indice de préparation aux véhicules autonomes* de KPMG classe le Canada au 13e rang (sur 30) en matière d'infrastructure, bien derrière de nombreux pays comparables (KPMG, 2020a). Ce classement est en partie attribuable à la taille géographique du Canada, à la rareté de ses bornes de recharge pour véhicules électriques et à ses régions éloignées et rurales, où l'infrastructure technologique, la couverture réseau et la qualité des routes peuvent s'en ressentir. Ces types de problèmes d'infrastructure posent un défi à l'adoption des véhicules CASE au Canada. Cependant, le Canada arrive en tête du peloton lorsqu'il est question de partenariats industriels (KPMG, 2020a), et le gouvernement fédéral a commencé à investir dans une gamme d'infrastructures pertinentes grâce à son plan d'infrastructure *Investir dans le Canada* (GC, 2018c) et son *Défi des villes intelligentes* (IC, 2019).

Le type et l'ampleur de la V2I nécessaire aux véhicules CASE restent incertains

Dans quelle mesure une nouvelle infrastructure est nécessaire pour les véhicules CASE n'est pas encore clair (Grush et Niles, 2018). Certains experts font remarquer que les véhicules autonomes sont actuellement conçus pour fonctionner sans nouvelles exigences en matière d'infrastructure (CSPTC, 2018), tandis que d'autres soutiennent que l'infrastructure V2I rendra les véhicules CASE plus sécuritaires et leur permettra d'offrir une plus grande variété de services (RIVA, 2018). La plupart des parties prenantes conviennent que des investissements dans l'infrastructure seront nécessaires afin de maximiser les avantages potentiels des véhicules CASE (CSPTC, 2018). De plus, la question n'est pas de savoir si des investissements dans de nouvelles infrastructures auront lieu, mais plutôt quand. Certains experts soulignent que la conception et l'élaboration des projets d'infrastructure actuels devraient tenir compte des véhicules CASE, car toute infrastructure nouvellement construite pourrait rapidement devenir obsolète si elle n'est pas construite en

gardant les véhicules CASE à l'esprit (CSPTC, 2018); cependant, la planification d'une telle infrastructure sera difficile jusqu'à ce que le type de voie de développement que suivra la technologie devienne évident (Grush et Niles, 2018).

L'infrastructure permettant les communications V2I pourrait nécessiter des investissements substantiels

Le volume des investissements dans l'infrastructure V2I pour permettre le fonctionnement des véhicules CASE est difficile à estimer, car il dépend du type de technologie de communication (c.-àd. CDCD ou 5 G), de l'ampleur du déploiement (p. ex., les changements apportés à la Transcanadienne par rapport à un petit centre-ville) et de l'emplacement géographique (p. ex., les villes, les autoroutes ou les régions rurales). Néanmoins, les coûts initiaux élevés du déploiement de l'infrastructure V2I peuvent être un obstacle à sa mise en œuvre (Steadman et Huntsman, 2018). De plus, comme le démontrent les États-Unis, on ne sait pas qui serait responsable d'assumer les coûts de cette infrastructure (Anderson *et al.*, 2016; Steadman et Huntsman, 2018). Les municipalités et les administrations régionales qui ont déjà du mal à entretenir les infrastructures de transport existantes pourraient être confrontées à des coûts considérables liés à la construction ou à la modernisation des infrastructures pour les véhicules CASE (Grush et Niles, 2018). En fin de compte, le déploiement de la V2I nécessitera probablement à la fois des investissements importants du secteur public et des partenariats public-privé (Steadman et Huntsman, 2018).

Les véhicules CASE auront une incidence sur les dépenses et recettes de plusieurs ordres de gouvernement

La responsabilité de l'infrastructure, des programmes et des services de transport est partagée entre les trois ordres de gouvernement au Canada; cependant, le transport routier et le transport en commun représentaient environ 90 % de toutes les dépenses des gouvernements provinciaux et territoriaux en 2016 (TC, 2018b). Le transport routier représente la grande majorité des recettes fédérales (78 %) et provinciales et territoriales (94 %) liées au transport (TC, 2018b). Les véhicules CASE sont susceptibles de créer pour divers ordres de gouvernement de nouvelles considérations liées aux dépenses, ce qui pourrait avoir une incidence sur les services publics. Par exemple, les véhicules CASE entraîneront probablement une réduction des revenus municipaux provenant des contraventions de stationnement et des infractions à la circulation (Anderson *et al.*, 2014; Mares *et al.*, 2018). Toronto génère environ 100 millions de dollars par an en revenus nets provenant du stationnement et des infractions à la circulation, ce qui représente environ 1 % du budget total de la Ville (Ticoll, 2015). Les autres ordres de gouvernement devront faire face à la réduction de leurs recettes liées aux véhicules et provenant des taxes fédérales et provinciales sur l'essence, des ventes d'automobiles et de pièces

d'automobiles, des assurances, des services automobiles et des frais de permis de conduire et d'immatriculation et d'inspection des véhicules (Ticoll, 2015). Les véhicules CASE pourraient avoir une incidence sur les recettes et les dépenses municipales liées au transport en commun en raison de leurs effets potentiels sur l'achalandage et les coûts d'exploitation (Anderson *et al.*, 2014; ACTU, 2017; Tirachini et Antoniou, 2020). Les véhicules CASE pourraient également accroître les besoins, et donc les coûts, en matière d'entretien des routes s'ils font augmenter le nombre total de KVP (Mares *et al.*, 2018).

Cependant, les véhicules CASE pourraient également présenter des possibilités de nouvelles sources de revenus pour les villes, telles que les frais en fonction du kilométrage parcouru (c. àd. une taxe sur les KVP), la tarification de l'espace en bordure du trottoir, la tarification variable de la congestion routière et les taxes sur les véhicules sans occupants. Les véhicules CASE pourraient également réduire certains types de dépenses municipales, tels que les services de police, et l'automatisation d'autres services publics, tels que la collecte des ordures, le déneigement et le nettoyage des rues, pourrait également entraîner des économies de coûts éventuelles pour les municipalités, en supposant que ces services puissent un jour être automatisés (Ticoll, 2015). De plus, si l'automatisation du transport en commun entraîne moins de collisions, les coûts liés aux assurances pourraient être considérablement réduits (Lutin, 2018).

6.3 Accessibilité et équité des transports

La capacité des Canadiens à se déplacer d'un endroit à l'autre — y compris le mode de transport, le coût et le temps nécessaire — a une importance pour les possibilités d'emploi, la santé et la qualité de vie. En effet, l'accès équitable aux transports est une question relative aux droits de la personne. Un indicateur pour les *Objectifs de développement durable* des Nations Unies est la « proportion de la population ayant aisément accès aux transports publics, selon l'âge, le sexe et le nombre de personnes présentant un handicap » [traduction libre] (ONU, s.d.). Un meilleur accès au transport est associé à une inclusion sociale accrue (Spinney *et al.*, 2009) et à un plus grand bien-être général (Vella-Brodrick et Stanley, 2013). Les véhicules CASE offrent la possibilité d'accroître l'accessibilité et l'équité en matière de transport en offrant davantage d'options de mobilité aux individus et aux groupes y ayant un accès limité. L'utilisation des données sur la mobilité sera cruciale pour atteindre ces objectifs de politiques publiques (chapitre 5), et la concrétisation de ces avantages dépendra de la manière dont ces véhicules sont déployés et réglementés.

6.3.1 Véhicules CASE et frais de transport

En 2017, les ménages canadiens ont dépensé en moyenne 12 707 $ en transport (près de 15 % des dépenses totales des ménages), dont 90 % en transport privé (StatCan, 2018c). Les données concernant les États-Unis montrent que les familles à faible revenu consacrent une part encore plus importante (plus de 30 %) de leur revenu au transport (Cohen et Shirazi, 2017). Si les véhicules CASE fournissent des services de mobilité abordables et pratiques, les dépenses des ménages en transport pour ceux qui peuvent y avoir accès pourraient diminuer. Le Conference Board du Canada a estimé qu'un service de véhicules autonomes partagés pourrait générer des économies annuelles moyennes d'environ 2 700 $ (aux prix de 2012) pour le ménage canadien moyen (près de 4 % du budget du ménage) (Godsmark *et al.*, 2015). L'électrification pourrait entraîner des économies supplémentaires, car les frais généraux de fonctionnement des véhicules électriques sont inférieurs (CAA, 2019).

On s'attend à ce que les achats de véhicules autonomes soient limités aux personnes ayant des revenus plus élevés en raison de leur prix d'achat élevé prévu particulièrement au début de leur déploiement (par rapport aux véhicules conventionnels) (Anderson *et al.*, 2014; Fagnant et Kocklman, 2015; Milakis *et al.*, 2017). Ce coût initial élevé fait de la mobilité partagée combinée aux véhicules autonomes un scénario plus probable (Botello *et al.*, 2018; Sperling, 2018). Wadud (2017) a estimé que le coût annuel total de possession d'un véhicule autonome pourrait être de 17 à 58 % plus élevé que celui d'un véhicule conventionnel, selon la tranche de revenu. Cela dit, tenter de prédire les coûts futurs d'une technologie encore en grande partie au stade de la recherche ou du développement d'un prototype est une tâche extrêmement difficile. Les coûts de la technologie des véhicules autonomes pourraient diminuer considérablement dans la prochaine ou les deux prochaines décennies. De plus, les analyses des coûts des véhicules autonomes ne font généralement pas de distinction entre les différents types de modèles de possession, tels que la propriété à part entière ou la location. Ainsi, l'incidence précise du coût des véhicules autonomes sur les taux de possession et d'utilisation de la mobilité partagée est incertaine.

Les véhicules CASE pourraient contribuer à améliorer l'équité en matière de transport

Les véhicules CASE devraient élargir les possibilités de transport pour les groupes actuellement incapables de conduire eux-mêmes (Acheampong *et al.*, 2018). On s'attend à ce que les aînés, les enfants et les jeunes, les personnes ayant une incapacité physique ou un trouble cognitif, les personnes à faible statut socioéconomique et celles qui ne sont pas en mesure d'obtenir un permis de conduire bénéficient d'une meilleure équité en matière de transport grâce aux

véhicules CASE (Ticoll, 2015). Une meilleure mobilité pourrait accroître l'autonomie personnelle, les liens sociaux et l'accès aux services essentiels (Anderson *et al.*, 2014). Les véhicules CASE pourraient également éliminer les problèmes du premier et du dernier segment pour les personnes ayant une incapacité et les aînés (Acheampong *et al.*, 2018).

De nombreux experts soulignent que, pour que tout le monde puisse bénéficier des avantages potentiels des véhicules CASE, il faudra une certaine forme de réponse du gouvernement, par le biais de règlements, d'incitations, d'études ou de programmes et services ciblés (Cohen et Shirazi, 2017; Pakusch *et al.*, 2018; Sim *et al.*, 2019). Tout comme les gouvernements sont intervenus pour alimenter les régions rurales en électricité et rendre les téléphones plus abordables, l'accès aux véhicules CASE pourrait nécessiter des interventions similaires fondées sur l'équité pour les habitants des régions rurales, ainsi que ceux pour qui le coût est un obstacle (Cohen et Shirazi, 2017). En effet, les objectifs de rentabilité des constructeurs automobiles et des fournisseurs de services de mobilité du secteur privé pourraient ne pas concorder avec l'objectif de créer des systèmes de transport équitables, car ce qui est le plus attrayant d'un point de vue économique n'accorde pas nécessairement la priorité aux avantages sociaux (Sim *et al.*, 2019). Les commissions de transport devront travailler avec les municipalités et les fournisseurs de services de mobilité partagée pour assurer un accès équitable à la mobilité basée sur les véhicules CASE (Olateju *et al.*, 2019).

Les véhicules CASE pourraient réduire les options de mobilité des personnes vivant dans la pauvreté en faisant concurrence au transport en commun

Dans les huit plus grandes villes du Canada, 40 % des résidents à faible revenu — près d'un million de personnes au total — sont à risque de pauvreté du transport, qui se définit comme « l'incapacité exacerbée de se déplacer vers des destinations et des activités importantes » [traduction libre], ce qui comprend l'accès aux transports en commun et à l'automobile (Allen et Farber, 2019). La pauvreté du transport en commun affecte de manière disproportionnée les personnes habitant dans des quartiers de tours d'appartements densément peuplés et à faible revenu qui ne sont pas situés sur une ligne principale de transport en commun, ainsi que les populations à faible revenu vivant dans des quartiers de banlieue à faible densité de population (Allen et Farber, 2019). Les taux de pauvreté augmentent dans les banlieues plus anciennes et dans les régions à forte proportion d'immeubles de grande hauteur à l'extérieur du noyau urbain à Montréal, à Vancouver et à Toronto (Ades *et al.*, 2016). Les résidents de Toronto à faible revenu sont moins susceptibles de posséder un véhicule que les résidents à revenu élevé, ce qui limite davantage leur accès aux occasions sociales et économiques (TRBOT,

2020). De plus, les familles à faible revenu qui vivent en banlieue et qui possèdent un véhicule sont également plus sensibles à l'augmentation des coûts de possession (comme des taux d'intérêt plus élevés pour le paiement d'un prêt automobile ou des coûts de carburant plus élevés), ce qui rend cette propriété instable (Allen et Farber, 2019).

Les véhicules CASE pourraient améliorer l'équité en matière de transport pour les personnes à faible revenu s'ils réduisaient le coût du transport. Cependant, si les véhicules CASE font concurrence au transport en commun, ils pourraient réduire l'équité en matière de transport pour ces groupes. Un tel résultat pourrait être évité en subventionnant les déplacements en véhicule CASE à destination et en provenance des stations de transport en commun, ou en subventionnant l'utilisation des véhicules CASE uniquement pour les ménages vivant dans des régions peu accessibles en transport en commun. Les systèmes de mobilité intégrée qui utilisent des centres de transport multimodal pourraient améliorer l'accès au transport dans les collectivités à faible revenu; cependant, le développement de ces plateformes doit permettre aux ménages sans compte bancaire, carte de crédit ou moyen d'accéder au paiement en ligne de participer (Cohen et Shirazi, 2017).

6.3.2 Mobilité pour les personnes qui ne conduisent pas

Les aînés pourraient bénéficier de la technologie des véhicules CASE

Les personnes âgées constituent un segment croissant de la population canadienne (environ 17,2 % en 2018, avec une augmentation prévue à 23 % d'ici 2030) (StatCan, 2019b). L'accès au transport chez les aînés est associé à une meilleure qualité de vie (Spinney *et al.*, 2009); en revanche, la cessation de la conduite automobile est associée à des effets néfastes sur la santé et à des symptômes de dépression (Chihuri *et al.*, 2016). La conduite automobile est le mode de transport le plus courant et privilégié des personnes âgées (Hassan *et al.*, 2019); cependant, les aînés sont plus susceptibles d'éviter de conduire ou de limiter leur conduite par rapport aux autres groupes d'âge (Crayton et Meier, 2017). Parmi les personnes âgées de plus de 65 ans, 25 % n'ont pas de permis de conduire (Godsmark *et al.*, 2015), par rapport à moins de 10 % des adultes âgés de 35 à 44 ans (CIPMA, 2019). D'autres modes de transport (la marche, le vélo et le transport en commun) peuvent présenter des difficultés pour les personnes âgées confrontées à des problèmes de mobilité physique, et l'accès à ces modes de transport peut être limité, en particulier dans les régions rurales (Hassan *et al.*, 2019). Les conducteurs plus âgés sont également impliqués dans plus de collisions que les conducteurs plus jeunes (Reimer, 2013), ce que les véhicules CASE pourraient réduire considérablement.

L'utilisation de la technologie des SAAC (niveaux 1 et 2 selon l'échelle de la SAE) accessible au public pourrait déjà profiter aux personnes âgées en les aidant dans des conditions routières difficiles et en améliorant la confiance du conducteur (Reimer, 2013). En outre, une technologie de SAAC plus avancée (niveaux 2 et 3) pourrait être programmée pour s'adapter à divers niveaux de capacité ou d'incapacité du conducteur (Deloitte, 2018a). Cependant, les plus grands avantages pour les personnes âgées nécessitent des véhicules de niveaux 4 et 5 (Milakis *et al.*, 2017). Afin de tirer profit des avantages de la conduite automatisée pour les personnes âgées, il faut également tenir compte de l'expérience de transport au-delà du porte à porte, car elles pourraient avoir du mal à réserver des services, à négocier la bordure du trottoir et à monter à bord du véhicule, et avoir besoin d'espace pour ranger les appareils d'aide à la mobilité personnelle (les déambulateurs, les fauteuils roulants). De plus, les aînés pourraient être moins favorables aux technologies de conduite automatisée que les jeunes adultes (Hassan *et al.*, 2019).

Les enfants pourraient utiliser les véhicules CASE pour accéder à des activités scolaires, parascolaires et sociales, et à des soins de santé

Avec l'introduction de véhicules entièrement autonomes, un adolescent pourrait plus facilement prendre part de manière autonome à des activités parascolaires aux quatre coins de la ville. Les parents gagneraient également à ne plus avoir besoin de reconduire leurs enfants. Cependant, il existe une forte variation entre les parents quant à l'âge auquel ils pensent qu'un enfant devrait être autorisé à utiliser un véhicule CASE par lui-même (Tremoulet *et al.*, 2018), ainsi que des variations dans l'acceptabilité d'un enfant se déplaçant seul (Tremoulet *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020). Des recherches ont révélé que les parents seraient très réticents à permettre à leurs enfants de prendre un autobus scolaire autonome par rapport à un autobus scolaire conventionnel conduit par un humain (Anania *et al.*, 2018). Parmi les autres préoccupations des parents figurent la capacité de surveiller et de communiquer à distance avec leur enfant dans un véhicule autonome, le contrôle parental sur la destination du véhicule et la capacité de faire des arrêts, et le besoin de fonctions de sécurité telles que des exigences relatives à la ceinture de sécurité ainsi que la capacité d'empêcher les intrus d'entrer dans le véhicule (Tremoulet *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020). Une formation, et éventuellement un permis, sera nécessaire pour s'assurer que les mineurs savent comment utiliser correctement les véhicules CASE (p. ex., les dispositifs de sécurité, la transmission d'instructions sur la destination) et faire face à des circonstances imprévues.

Les véhicules CASE pourraient accroître la liberté individuelle des personnes ayant une incapacité

Une personne sur cinq au Canada présente au moins une incapacité qui limite ses activités quotidiennes (StatCan, 2018a). Parmi celles-ci, 4 sur 10 ont une incapacité « sévère » ou « très sévère », qui est associée à des taux d'emploi moins élevés, à un revenu plus faible et à une plus grande probabilité de vivre dans la pauvreté (StatCan, 2018a). Les véhicules autonomes pourraient contribuer à améliorer l'accessibilité des personnes ayant une incapacité physique ou sensorielle (Acheampong *et al.*, 2018; Milakis *et al.*, 2018), leur offrant ainsi un meilleur accès aux occasions d'emploi, aux soins de santé et aux interactions sociales, ce qui améliorerait leur bien-être tout en réduisant le fardeau des aidants naturels (Claypool *et al.*, 2017). De plus, l'utilisation des véhicules CASE pourrait améliorer les services publics de transport adapté, qui sont souvent beaucoup plus coûteux que les transports en commun conventionnels (Anderson *et al.*, 2014; Lutin, 2018). Par exemple, la collaboration avec les services de voiturage Uber et Lyft pour le transport adapté a réduit les coûts globaux à Boston de 20 %, tout en permettant aux utilisateurs d'effectuer 28 % de déplacements en plus (Bankson, 2017). Dans un sondage effectué auprès de personnes ayant une déficience intellectuelle, certains répondants ont exprimé leur inquiétude à propos de l'utilisation des véhicules CASE, en particulier en raison de la perception d'un manque de contrôle. Cependant, ils étaient également favorables à l'utilisation des véhicules CASE pour acquérir plus de liberté individuelle et ont exprimé moins d'inquiétude lorsqu'ils avaient une connaissance préalable des véhicules autonomes (Bennett *et al.*, 2019).

Il y aura des défis à surmonter pour assurer aux personnes ayant une incapacité un accès équitable aux véhicules CASE. Les entreprises offrant des services de voiturage ont du mal à fournir un service équitable, fournissant souvent des services inégaux, incohérents et limités, même avec des programmes spécialement conçus pour les personnes ayant une incapacité (Olateju *et al.*, 2019). Aux États-Unis, plusieurs poursuites intentées contre des fournisseurs de services de voiturage allèguent qu'il y a de la discrimination à l'égard des personnes ayant une incapacité (Linder, 2019). Des règlements et politiques supplémentaires pourraient être nécessaires afin d'assurer un accès équitable aux services de mobilité partagée, ainsi que des investissements supplémentaires dans les services de transport adapté. Bien qu'il soit probable que la mobilité autonome et à la demande fasse augmenter les coûts des services publics de transport adapté, il a été suggéré que cette augmentation pourrait être compensée par la perception de droits auprès de fournisseurs de services de mobilité partagée privés qui ne prennent pas suffisamment en charge les personnes ayant une incapacité (Olateju *et al.*, 2019).

Une conception inclusive sera essentielle pour tirer parti des avantages des véhicules CASE

Le fonctionnement de la technologie des véhicules CASE doit être non discriminatoire et inclusif afin que tout le monde puisse profiter de ses avantages. Par exemple, certaines personnes pourraient avoir des difficultés à monter dans le véhicule et à en descendre, à interagir avec l'interface utilisateur pour sélectionner un itinéraire, ou à arrêter la voiture et à utiliser les dispositifs de sécurité à l'intérieur du véhicule. Un fonctionnement facile, des interfaces utilisateur simples et des affiches claires à l'intérieur du véhicule sont des éléments importants (Claypool *et al.*, 2017). Les personnes qui ne possèdent pas de téléphone intelligent, qui n'ont pas de carte de crédit, qui n'ont pas accès à Internet pour le paiement en ligne, qui ne peuvent pas utiliser la technologie requise ou qui ne parlent pas la langue du système de mobilité pourraient être exclues de l'utilisation des services de mobilité partagée (Cohen et Shirazi, 2017). Les gens pourraient également ne pas vouloir ou ne pas pouvoir utiliser les services de véhicules partagés s'ils souhaitent éviter de se retrouver dans un espace restreint avec des étrangers (Cohen et Hopkins, 2019). La discrimination est un problème des services actuels de voiturage. Par exemple, une étude sur les services de voiturage à Boston a observé que « le taux d'annulation pour les noms à consonance afro-américaine était plus de deux fois plus élevé que pour les noms à consonance blanche » [traduction libre] (Ge *et al.*, 2016). La conception d'une technologie de mobilité partagée doit veiller à ce que des préjugés ne soient pas introduits dans le logiciel, créant des expériences discriminatoires pour l'utilisateur ou la communauté en général. Par exemple, les algorithmes pourraient faire passer les véhicules par certains endroits ou à proximité d'entreprises qui paient pour que leur arrêt soit inclus dans les itinéraires touristiques (p. ex., les multinationales), négligeant les petites entreprises ou les entreprises locales (Cohen et Hopkins, 2019).

6.3.3 Véhicules CASE dans les régions rurales et éloignées

En 2011, 18,9 % de la population canadienne vivait dans une région rurale (définie par Statistique Canada comme étant une région dont la population est de moins de 1 000 habitants) (StatCan, 2012b). Dans les provinces et territoires de l'Atlantique, cette proportion est plus élevée : la population rurale constitue plus de 50 % à l'Île-du-Prince-Édouard et au Nunavut (StatCan, 2012b). Les véhicules CASE pourraient profiter aux habitants des collectivités rurales et éloignées, en contribuant à accroître leur indépendance et en facilitant la croissance économique et la productivité (Cutean, 2017).

La concrétisation des avantages des véhicules CASE dans les collectivités rurales et éloignées présentera des défis

L'innovation dans la technologie des véhicules CASE a principalement lieu dans les espaces urbains (Cohen et Hopkins, 2019), et le développement des véhicules ne prend pas nécessairement en compte les réalités des régions rurales. Les véhicules autonomes doivent être mis à l'essai et développés dans une diversité de conditions météorologiques, d'emplacements géographiques et de terrains afin de maximiser leur utilisation sécuritaire. Sans interfonctionnement à travers le Canada, les systèmes de mobilité basés sur les véhicules CASE pourraient contribuer aux inégalités en favorisant les collectivités urbaines riches et en laissant pour compte les populations rurales et vulnérables (Sim *et al.*, 2019). L'utilisation partagée des routes rurales (avec du matériel agricole, des chevaux et des chariots, des motoneiges, des VTT, etc.) ainsi que la variation des surfaces routières (p. ex., non pavées, boueuses, enneigées, glacées) et la qualité de l'entretien des routes peuvent créer des défis supplémentaires pour l'utilisation sécuritaire des véhicules autonomes dans les régions rurales. De plus, le fait de compter sur le secteur commercial pour fournir des services de mobilité partagée pourrait laisser pour compte les régions rurales, car les entreprises privées ne seront pas en mesure de fournir des services dans des régions qui ne sont pas rentables (Sim *et al.*, 2019). Les partenariats entre les fournisseurs de services de mobilité partagée et les organisations rurales, telles que les municipalités, pour offrir des services de mobilité aux collectivités rurales pourraient contribuer à faire en sorte que les offres de service soient équitables (Olateju *et al.*, 2019). En outre, l'introduction de services d'autobus autonomes sur longue distance pourrait améliorer l'accessibilité pour les habitants des régions rurales qui ne peuvent pas conduire ou se payer un véhicule personnel. Si la conduite automatisée réduit les coûts d'exploitation du service d'autobus (p. ex., en supprimant le coût de la main-d'œuvre des chauffeurs), les itinéraires d'autobus ayant été interrompus pourraient retrouver leur viabilité économique.

6.4 Circulation et transport urbain des marchandises

Les organisations commerciales et industrielles figureront probablement parmi les premiers à adopter la technologie des véhicules CASE, car elles peuvent à la fois se permettre les coûts d'investissement initiaux élevés de la nouvelle technologie et potentiellement récupérer ces investissements grâce à des coûts d'exploitation inférieurs. Les entreprises de transport de marchandises et de livraison, par exemple, sont susceptibles d'utiliser les véhicules CASE pour faciliter la circulation des marchandises à l'intérieur des villes et entre celles-ci.

Les véhicules CASE faciliteront probablement la circulation des marchandises dans les régions urbaines

Les véhicules CASE pourraient améliorer la fiabilité et la productivité des services de livraison urbaine, ainsi que réduire les coûts associés au stationnement, à la main-d'œuvre et au carburant (Godsmark *et al.*, 2015; Ticoll, 2015). Les services de livraison autonome pourraient aider à résoudre les problèmes de livraison relatifs au dernier segment, c'est-à-dire la difficulté associée à la livraison de colis des centres de distribution centralisés aux consommateurs (Henderson et Spencer, 2016; Hoffman et Prause, 2018). Les services de livraison autonome pourraient influer sur la façon dont les villes et autres municipalités abordent la gestion de la circulation routière et des bordures de trottoir, ainsi que le stationnement sur rue et l'accès aux services de livraison. L'automatisation influencera probablement les modèles d'affaires de livraison, augmentant l'étendue, la variété et le volume des services disponibles, tout en contribuant à la perte d'emplois impliquant la conduite de véhicules dans ce secteur (Ticoll, 2015). Cependant, les Canadiens pourraient constater une baisse des prix des biens de consommation à mesure que les coûts de transport diminueraient en raison de l'automatisation (Godsmark *et al.*, 2015; Ticoll, 2015).

Les modèles potentiels de services de livraison au moyen de véhicules CASE comprennent des véhicules de livraison autonomes avec des livreurs responsables de la logistique (mais pas de la conduite) et des véhicules de livraison autonomes sans livreur (où les colis sont stockés dans une armoire à casiers) (Joerss *et al.*, 2016). Des flottes de petits robots autonomes qui se déplacent lentement, pas beaucoup plus gros qu'un colis ordinaire, et qui roulent sur les trottoirs, ou des flottes de drones (des aéronefs autonomes) qui sont guidés à distance sont également des modèles de livraison potentiellement viables pour la technologie des véhicules CASE (Joerss *et al.*, 2016). Les services de livraison participatifs (c.-à-d. un modèle de livraison de type Uber) peuvent également jouer un rôle dans le transport urbain de marchandises, en particulier pour les nouveaux venus sur le marché, car ces modèles d'affaires peuvent être rapidement étendus sans d'importants investissements de capitaux (Joerss *et al.*, 2016). Plusieurs services de livraison participatifs, tels qu'Amazon Flex, sont déjà en exploitation dans certaines parties du Canada (Amazon, 2020).

Joerss *et al.* (2016) prévoient que, d'ici 2026, les véhicules autonomes pourraient livrer jusqu'à 80 % de tous les colis dans les régions urbaines à moyenne et haute densité, ainsi que dans certaines régions rurales à densité faible ou moyenne. En dehors des heures de livraison, ces mêmes véhicules pourraient servir d'armoires à colis fixes (Joerss *et al.*, 2016). Les chercheurs développent des véhicules de livraison entièrement autonomes qui peuvent ramasser et livrer des colis avec un bras robotisé et des boîtes de livraison sur mesure (p. ex., Heinrich *et al.*, 2018).

Cependant, il existe des questions réglementaires non résolues concernant l'utilisation de véhicules autonomes pour la livraison urbaine de marchandises (Hoffman et Prause, 2018), et de nombreux pays, dont le Canada, ont une réglementation insuffisante pour intégrer les véhicules terrestres autonomes en dehors des essais ou des projets pilotes (Joerss *et al.*, 2016). Certains types de véhicules de livraison autonomes soulèvent bon nombre des mêmes questions relatives à la responsabilité que pour les véhicules personnels autonomes; cependant, les armoires à colis autonomes et les petits robots roulant sur le trottoir, qui sont susceptibles de relever d'un type de classification de véhicules différent, présentent des enjeux uniques, tels que l'utilisation partagée des trottoirs avec les piétons et des statuts juridiques différents, selon l'emplacement (Hoffman et Prause, 2018). Le taux d'adoption des services de livraison autonome dépendra principalement du coût d'opportunité, de la réglementation et de l'acceptation du public (Joerss *et al.*, 2016).

La technologie des CCA sera probablement utilisée pour la circulation des marchandises sur de longues distances et le transport transfrontalier de marchandises

En 2016, les camions ont livré 90 % des envois de marchandises au Canada (StatCan, 2019d). Les camions connectés et autonomes (CCA) pourraient réduire les coûts, augmenter l'efficacité et la productivité, réduire la consommation de carburant, accroître la sécurité et réduire l'incidence environnementale du camionnage sur longue distance. Les CCA sont susceptibles de réduire les coûts d'exploitation associés au camionnage sur longue distance, dont la plus grande part est la main-d'œuvre des chauffeurs (32 %) et le carburant (25 %) (Shankwitz, 2017). Les CCA pourraient réduire la consommation de carburant de 10 à 15 % grâce à la circulation en peloton (DHL, 2014; Clements et Kockelman, 2017), et la suppression des restrictions quant à la durée de travail des chauffeurs pourrait rendre l'utilisation des véhicules jusqu'à 43 % plus efficace (Godsmark *et al.*, 2015; Ticoll, 2015). Dans l'ensemble, les CCA pourraient réduire les coûts d'exploitation de potentiellement 30 %, selon le niveau d'automatisation (OCDE/FIT, 2017b). Ces économies pourraient aider à compenser les coûts plus élevés d'acquisition et de réparation des camions autonomes par rapport aux camions lourds conventionnels (Anderson *et al.*, 2018; Huang et Kockelman, 2020). Wadud (2017) a constaté que le coût annuel total de possession d'un CCA pourrait être inférieur de 15 % à celui d'un camion conventionnel. Enfin, la capacité des CCA de rouler près de 24 heures par jour, et l'augmentation de la productivité qui en résulte pourraient entraîner une baisse des coûts de livraison de marchandises au kilomètre (Huang et Kockelman, 2020).

Le recours pour les CCA à l'automatisation de niveau 1 ou 2 selon l'échelle de la SAE pourrait réduire les collisions en utilisant des fonctionnalités telles que le maintien dans la voie et le régulateur de vitesse adaptatif (Clements et Kockelman, 2017). Aux niveaux 3 et 4, la technologie des véhicules connectés et autonomes pourrait permettre la circulation en peloton de CCA. Le scénario le plus probable serait celui où les CCA se déplaceraient « de sortie à sortie » plutôt que « de quai à quai » (Anderson *et al.*, 2018), ce qui signifie que les CCA circuleraient sur les autoroutes à accès limité de manière autonome entre les stations de transfert situées près des sorties d'autoroute. À ces stations de transfert, des conducteurs humains prendraient le contrôle manuel du camion ou la cargaison du camion serait transférée à des camions conduits par des humains pour éviter la difficulté que pourraient avoir les CCA à se faufiler dans les rues de la ville ou à manœuvrer vers les quais de chargement (Anderson *et al.*, 2018). Dans ce scénario, la demande de chauffeurs-livreurs pour le premier et le dernier segment pourrait venir compenser certaines des pertes d'emplois prévues (Anderson *et al.*, 2018).

Les CCA sont également susceptibles d'avoir une incidence sur le commerce transfrontalier entre le Canada et les États-Unis, dont la plus grande partie est actuellement effectuée par des camions (Roy, 2016). La modélisation de Huang et Kockelman (2020) laisse prévoir que l'introduction des CCA augmentera les flux d'exportation totaux des États-Unis et intensifiera le commerce international entre les États-Unis et le Canada (ainsi qu'entre les États-Unis et le Mexique). Alors que les CCA pourraient réduire les complications aux postes frontaliers causées par le statut d'immigration des chauffeurs, la traversée des postes frontaliers pourrait être difficile pour les CCA en raison de la géographie complexe des postes et des esplanades d'inspection. Un personnel dédié de chauffeurs aux postes frontaliers ou aux points d'inspection pourrait être nécessaire pour contrôler manuellement les camions, ainsi que pour agir à titre d'intermédiaires entre les importateurs et les agents des services frontaliers (Anderson *et al.*, 2018). Des modifications importantes au cadre réglementaire et législatif sont nécessaires pour tenir compte de la présence des CCA aux postes frontaliers canadiens — par exemple, dans les politiques et procédures de déclaration et de contrôle des marchandises commerciales et réglementées —, et l'absence de chauffeur pourrait poser des défis supplémentaires lorsque des irrégularités liées aux documents électroniques et aux envois sont détectées (Anderson *et al.*, 2018). De plus, toute modification devrait être harmonisée avec la réglementation aux États-Unis (Anderson *et al.*, 2018). Si les CCA ne sont pas en mesure de traverser les frontières, le camionnage autonome sur longue distance pourrait être une option pour le transport de marchandises à l'échelle nationale, mais pas pour le transport transfrontalier. Cela pourrait augmenter le coût du commerce entre le Canada et les États-Unis et nuire aux entreprises qui font partie des chaînes

d'approvisionnement transfrontalières — une part importante des échanges commerciaux du Canada avec les États-Unis (Anderson *et al.*, 2018). Le temps nécessaire au déploiement des CCA n'est pas clair, les estimations variant de 5 à 7 ans (McKinsey, 2018b) *et a*llant jusqu'à 20 ans (Simpson *et al.*, 2019). Après avoir examiné plusieurs estimations différentes, Anderson *et al.* (2018) concluent que les organismes gouvernementaux canadiens devraient se préparer à accueillir un nombre important de CCA d'ici à 2030.

6.5 Sommaire

La planification de la mobilité est susceptible d'être considérablement perturbée par l'arrivée des véhicules CASE, tout comme l'introduction de la voiture automobile privée a façonné la planification de la mobilité au 20e siècle. Les véhicules CASE sont susceptibles d'influer sur les choix de mobilité personnelle en offrant une variété de nouveaux modes de mobilité à un large éventail de groupes d'utilisateurs, réduisant ainsi potentiellement la dépendance à l'égard de la possession de véhicules personnels dans les régions plus densément peuplées et aidant à rendre le transport personnel plus accessible et plus équitable pour les personnes qui ont actuellement des options limitées en matière de mobilité. Cependant, pour tirer parti des avantages potentiels des véhicules CASE, il faudra une approche proactive et coordonnée de la planification et de l'élaboration de politiques par divers ordres de gouvernement. De plus, l'incidence des véhicules CASE sur le système de transport se matérialisera d'abord dans les régions urbaines, et ceux-ci ne seront probablement pas largement disponibles dans la plupart des petites villes, des villages et des régions rurales du Canada au cours de la prochaine décennie. Néanmoins, les véhicules CASE auront une incidence à long terme sur l'urbanisme, le contrôle de la circulation et les infrastructures de transport, ainsi que sur les recettes et dépenses du gouvernement. La technologie des véhicules autonomes est également susceptible d'avoir une incidence sur la circulation et le transport des marchandises à l'intérieur des villes et entre celles-ci, ainsi que de l'autre côté de la frontière canado-américaine. En fin de compte, les décisions prises aujourd'hui en matière de planification et de politique auront une incidence sur le mode, le moment et le lieu d'utilisation des véhicules CASE au Canada dans les prochaines décennies.

7

Santé et bien-être

7.1 Environnement
7.2 Sécurité routière
7.3 Activité physique
7.4 Sommaire

Constatations du chapitre

- Des améliorations de la qualité de l'air et une réduction des émissions de gaz à effet de serre sont réalisables avec une diffusion des véhicules CASE de 5 %, mais des solutions de mobilité qui réduisent les KVP (p. ex., le covoiturage, le transport actif, le transport en commun) sont essentielles. Sinon, l'apparition des véhicules CASE sur les routes canadiennes pourrait entraîner une baisse de la qualité de l'air.
- Les technologies des SAAC peuvent améliorer la sécurité routière, et les véhicules entièrement autonomes pourraient réduire davantage les blessures et les décès en éliminant l'erreur humaine dans la conduite, ce qui est un facteur dans plus de 90 % des collisions.
- L'établissement de normes de sécurité robustes pour les véhicules CASE exigera des efforts importants dans la collecte, le groupage et l'analyse des données de conduite et de collision provenant à la fois des systèmes de conduite automatisée et des conducteurs humains. Les organismes de réglementation de tous les ordres de gouvernement, ainsi que les parties prenantes de l'industrie et le public, prendront des décisions, de façon tacite ou active, sur les niveaux de risque acceptables dans le déploiement des véhicules CASE.
- Les véhicules CASE peuvent améliorer la sécurité des autres usagers de la route, tels que les piétons et les cyclistes. Cependant, en raison des problèmes liés à l'attention humaine et au réengagement, les véhicules de niveau 3 selon l'échelle de la SAE pourraient en fait aggraver la sécurité routière lors de la transition entre les conducteurs humains et la conduite automatisée.
- Les véhicules CASE réduiront l'activité physique si les déplacements qu'ils effectuent remplacent ceux qui auraient autrement été effectués en utilisant le transport actif (c.-à-d. la marche, le vélo).

Bien que les effets des véhicules CASE sur la santé, la sécurité et le milieu naturel puissent ne pas se faire sentir avant plusieurs décennies, les décisions politiques et réglementaires actuelles sur les émissions des véhicules, les normes de sécurité et le transport actif auront une incidence directe sur la santé et le bien-être futurs de la population canadienne, ainsi que sur le milieu naturel du Canada. La concrétisation des avantages sociétaux des véhicules CASE dépendra de la coordination et de la coopération entre les différents ordres de gouvernement et entre le gouvernement, l'industrie et d'autres parties prenantes.

7.1 Environnement

Le secteur des transports contribue de manière importante aux émissions de GES ainsi qu'à la pollution atmosphérique au Canada

L'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère cause les changements climatiques (ECCC, 2020). Le secteur des transports a toujours été la deuxième source d'émissions de GES au Canada, après le secteur pétrolier et gazier. En 2018, le transport représentait 25 % des émissions totales de GES du Canada (ECCC, 2020). Entre 1990 et 2018, les émissions totales des véhicules de passagers ont augmenté de 39 %, et les émissions des camions de transport de marchandises ont plus que triplé. Le transport routier (c.-à-d. les voitures de tourisme, les camions légers pour le transport de passagers et les camions pour le transport de marchandises) représentait environ 83 % des émissions de GES liées au transport en 2018 (ECCC, 2020).

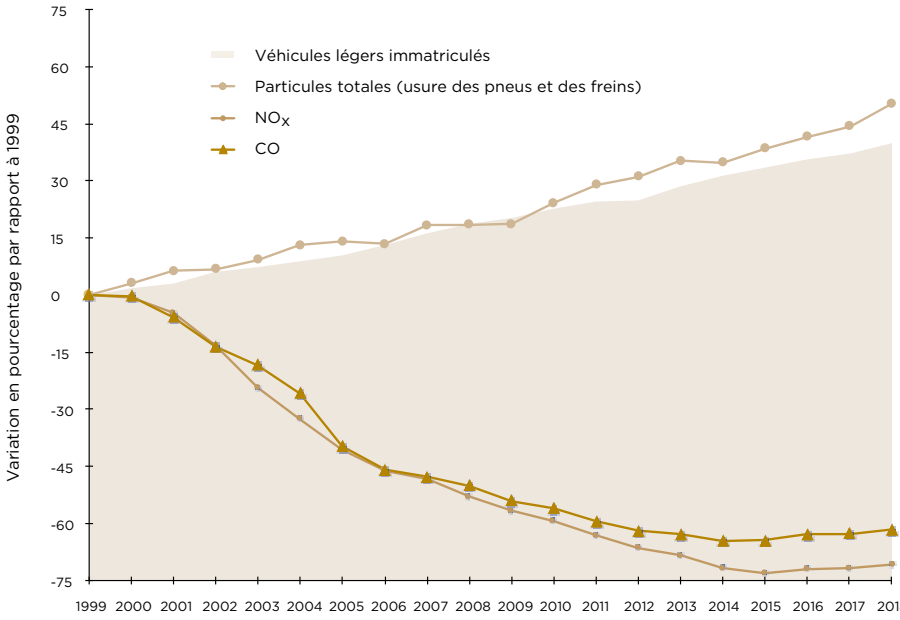
Le secteur des transports contribue également de manière importante à la pollution atmosphérique, qui peut avoir des effets nocifs pour la santé humaine (encadré 7.1) et qui est responsable de plus de la moitié du monoxyde de carbone (CO) et de l'oxyde d'azote (NO_x) mesurés dans les échantillons de la qualité de l'air (StatCan, 2012a). De plus, les poussières provenant des routes pavées et non pavées et de la construction contribuent considérablement au niveau de particules dans l'air ambiant (StatCan, 2012a). Bien que ces émissions des véhicules (CO et NO_x) aient diminué au cours des 10 dernières années, les particules totales (provenant des véhicules légers) ont augmenté au même rythme que la hausse du nombre de véhicules légers immatriculés au Canada (figure 7.1).

Encadré 7.1 Les effets sur la santé de la pollution par les véhicules automobiles

Les véhicules automobiles libèrent un certain nombre de polluants nocifs pour la santé humaine : des $P_{2,5}$ et des P_{10}, ainsi que du carbone noir, des particules ultrafines, de l'oxyde d'azote et du monoxyde de carbone (Glazener et Khreis, 2019). Les $P_{2,5}$ (matières particulaires) sont un facteur de risque particulièrement important pour l'environnement et la santé humaine (SC, 2017). Les $P_{2,5}$ font référence aux particules solides et aux gouttelettes liquides de moins de 2,5 micromètres (µm) de largeur. La principale source de $P_{2,5}$ est les émissions directes provenant de la combustion (des véhicules automobiles, de la production d'électricité, des installations industrielles, des foyers résidentiels et du brûlage agricole) (Gouv. de l'Ont., s.d.). Les $P_{2,5}$ peuvent également se former lors de réactions chimiques entre des gaz tels que le dioxyde de soufre et l'oxyde d'azote; la réduction de ces gaz précurseurs est donc également importante pour réduire les niveaux de $P_{2,5}$ (Gouv. du R.-U., s.d.).

La pollution de l'air ambiant augmente le risque de maladie cardiovasculaire, d'accident vasculaire cérébral, de maladies respiratoires, de cancer du poumon, de pneumonie, d'asthme infantile, de maladie pulmonaire obstructive chronique, de diabète de type 2 et d'obésité, entre autres (Glazener et Khreis, 2019). Selon des estimations prudentes, la pollution causée par les véhicules automobiles est à l'origine de 1 % de tous les décès dus à la pollution atmosphérique dans le monde, soit 184 000 décès par an (Glazener et Khreis, 2019). Le taux de pollution atmosphérique au Canada est faible par rapport à d'autres pays, mais l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine humaine est toujours responsable d'environ 14 400 décès prématurés par année (SC, 2017). Les États-Unis ont une incidence majeure sur les niveaux de pollution atmosphérique au Canada; en Ontario, 50 % des $P_{2,5}$ proviennent des États-Unis. Selon une estimation de 2012, le transport est à l'origine de 22 % de toutes les $P_{2,5}$ émises en Ontario, les véhicules routiers étant responsables de 3 % de toutes les émissions de $P_{2,5}$ (Gouv. de l'Ontario, s.d.).

Bien que ces émissions des véhicules (CO et NO_x) aient diminué au cours des 10 dernières années, les particules totales (provenant des véhicules légers) ont augmenté au même rythme que la hausse du nombre de véhicules légers immatriculés au Canada (figure 7.1).



Source des données : StatCan (2019c), GC (2020)

Figure 7.1 Variation en pourcentage des polluants atmosphériques dus aux émissions des véhicules légers, de 1999 à 2018

Les niveaux d'oxyde d'azote (NO_x) et de monoxyde de carbone (CO) ont diminué au cours des dix dernières années, tandis que le total des particules attribuables aux émissions des véhicules légers provenant de l'usure des pneus et des freins a augmenté parallèlement à l'augmentation du nombre de véhicules légers immatriculés (c.-à-d. pesant moins de 4 500 kg) au Canada. Pour illustrer la variation annuelle des émissions, la différence en pourcentage par rapport aux valeurs de 1999 est indiquée.

7.1.1 Répercussions prévues des véhicules CASE sur les émissions

L'incidence des véhicules CASE sur les émissions des véhicules dépendra en grande partie de trois facteurs : l'influence des véhicules CASE sur le nombre total de KVP; le type de système de propulsion utilisé dans les véhicules CASE (qui, comme indiqué au chapitre 2, sera électrique selon le comité d'experts); et l'influence des véhicules CASE sur le comportement du conducteur (p. ex., l'accélération et le freinage). Toute incidence dépendra également du niveau de diffusion, c'est-à-dire de la proportion de véhicules sur la route qui seront autonomes, semi-autonomes ou conduits par des humains. Ainsi, les prévisions quant à la façon dont les véhicules CASE pourraient affecter l'environnement

varient considérablement, et il est raisonnable de s'attendre à ce que les incidences finissent par varier en fonction des politiques locales, des cultures de conduite, des changements dans les comportements de mobilité (p. ex., le nombre de déplacements effectués, le coût par déplacement, le taux d'adoption et la commodité), de la proportion de VÉ sur les routes indépendamment de l'automatisation et de la réglementation gouvernementale, entre autres.

Les véhicules CASE pourraient augmenter les KVP

On estime que le remplacement individuel d'un véhicule à MCI conventionnel par un véhicule à MCI autonome entraînerait une augmentation des KVP et des émissions de GES ainsi qu'une réduction de l'utilisation des transports en commun, en utilisant un modèle de comportement en matière de transport pour la région du Grand Toronto et de Hamilton, en Ontario (Wang *et al.*, 2018). L'électrification des véhicules autonomes réduirait les émissions de GES par rapport aux valeurs actuelles, bien que ces réductions dépendent de la source d'électricité (Wang *et al.*, 2018).

La capacité d'un véhicule CASE de circuler à vide entre les clients et de coordonner l'efficacité des itinéraires avec d'autres véhicules CASE permet de répondre aux besoins de mobilité d'une population avec un parc de véhicules plus petit par rapport à un parc de véhicules personnels (Burns *et al.*, 2012). Les données issues des programmes d'autopartage aux États-Unis indiquent une réduction à la fois des taux de possession de véhicules et des KVP chez les personnes qui adhèrent aux programmes, ce qui entraîne une réduction proportionnelle des émissions de GES (examiné dans Lazarus *et al.*, 2017). Cependant, les véhicules partagés ne sont pas tous identiques. Les services de mobilité tels que les services de voiturage peuvent entraîner une augmentation du nombre total de véhicules sur la route (Vision Mobility, 2019). De plus, la réduction des KVP suscitée par les programmes d'autopartage semble dépendre de la manière dont les véhicules partagés sont utilisés, le remplacement des véhicules principaux entraînant une baisse des KVP, mais un nombre total de KVP plus élevé si l'autopartage remplace l'utilisation d'un véhicule secondaire ou du transport en commun (examiné dans Olateju *et al.*, 2019).

L'OCDE/FIT (2015) a constaté que, même selon les scénarios les plus optimistes, les véhicules CASE sont susceptibles d'augmenter les KVP de 90 %, en fonction du niveau de déploiement (50 % contre 100 %), du type de partage de véhicules (l'autopartage ou le conavettage) et de la présence ou de l'absence de transports en commun de grande capacité. Fagnant et Kockelman (2014) prédisent que les véhicules autonomes partagés pourraient augmenter la distance totale de déplacement de 11 % lorsqu'ils circulent à vide pour aller prendre en charge leur prochain passager. De plus, Harper *et al.* (2016) estiment que l'ajout de nouveaux groupes d'utilisateurs de véhicules CASE (c.-à-d. les personnes qui ne conduisent

pas actuellement) pourrait faire augmenter le nombre total de KVP aux États-Unis de 14 %. Cependant, le conavettage (c.-à-d. lorsqu'il y a plus d'une personne dans un véhicule, voir l'encadré 2.2) peut réduire le nombre de déplacements — selon une estimation, un service de taxi dans le cadre duquel les passagers font du covoiturage peut réduire le nombre total de déplacements en taxi de potentiellement 40 % (Santi *et al.*, 2014). Plusieurs études (p. ex., Fagnant et Kockelman, 2014; Fagnant *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2015) parviennent à la conclusion que les véhicules CASE pourraient aider à réduire les émissions même en dépit d'une augmentation de l'utilisation des véhicules et du nombre de KVP, en artie en raison du nombre moins élevé de démarrages à froid. La mise en œuvre de politiques ou de règles tarifaires pourrait être nécessaire pour encourager l'adoption du conavettage (Rodier, 2018). En effet, certains soutiennent que, sans mesures vigoureuses incitant au conavettage, les problèmes de congestion routière ne seront probablement pas résolus, et sont plus susceptibles de s'aggraver, avec les véhicules CASE (Schwartz, 2018; Sperling, 2018).

Les véhicules CASE pourraient permettre une circulation plus fluide

Une autre présomption à l'égard des véhicules CASE est qu'ils amélioreront la circulation et la congestion routière en permettant des distances plus rapprochées entre les véhicules (p. ex., la circulation en peloton), un débit de circulation plus fluide (moins de trafic discontinu) et un meilleur contrôle du réseau (p. ex., la gestion des intersections, des limites de vitesse variables). Dans une revue de la littérature modélisant les incidences des véhicules CASE sur la circulation, Narayanan *et al.* (2020) ont constaté que les incidences varient en fonction du niveau de déploiement (c.-à-d. la proportion de véhicules sur la route qui sont des véhicules CASE), de la géographie d'une ville (p. ex., les voies radiales par rapport aux voies de ceinture) et de l'application de différents règlements et politiques (p. ex., les voies réservées aux véhicules CASE). L'amélioration de la capacité routière (c.-à-d. lorsqu'il peut y avoir plus de véhicules sur la route en même temps) dépend du niveau de diffusion, car la circulation en peloton et la réduction de la distance entre les véhicules ne sont possibles que dans certains scénarios (p. ex., Mena-Oreja *et al.*, 2018; Schmitz et von Trotha, 2018). Par exemple, dans leurs simulations, Schmitz et von Trotha (2018) ont constaté une diminution de 16 % de la capacité routière avec une pénétration des véhicules autonomes de 50 %, mais une augmentation de la capacité routière plus que décuplée avec un parc entièrement composé de véhicules CASE. De plus, les décisions réglementaires concernant la distance de sécurité admissible entre les véhicules influeront sur l'ampleur de l'amélioration de la capacité routière avec les SAAC (p. ex., Ntousakis *et al.*, 2015). Les prédictions se compliquent en raison d'effets interactifs, car les avantages de la désignation d'une voie réservée aux véhicules

CASE, par exemple, ne se concrétisent qu'après avoir atteint un seuil de diffusion; avant cela, une voie réservée aux véhicules CASE semble entraîner une réduction de la capacité routière et une aggravation des problèmes de circulation (p. ex., Talebpour *et al.*, 2017; Ye et Yamamoto, 2018).

La modélisation suggère que les systèmes de conduite automatisée pourraient entraîner une réduction des émissions allant jusqu'à 14 % grâce à une accélération et à un freinage plus en douceur; cependant, ces réductions pourraient être neutralisées par une augmentation des distances à parcourir (Liu *et al.*, 2017). Certaines données expérimentales suggèrent qu'une amélioration de la qualité de l'air (grâce à la réduction des émissions) peut être réalisable avec des taux de diffusion relativement faibles (~ 5 %) si les véhicules autonomes sont conçus pour influencer le comportement des véhicules environnants en atténuant les vagues de circulation et en réduisant le trafic discontinu (Stern *et al.*, 2019). Cependant, bien qu'une combinaison de véhicules CASE et d'itinéraires dynamiques permette de réduire le trafic discontinu dans les centres urbains, elle permet également des vitesses de croisière et une accélération plus élevées qui pourraient augmenter les émissions de NO_x (Tu *et al.*, 2019). L'influence des véhicules CASE sur le débit de circulation, notamment avec une combinaison de conducteurs humains et de véhicules CASE, dépend de leur comportement programmé; tandis qu'une conduite automatisée plus agressive facilite la fluidité de la circulation sur les autoroutes, une programmation plus prudente peut détériorer le débit et entraîner une augmentation des émissions (Stogios *et al.*, 2019).

L'électrification réduira les émissions de GES

Bien que l'électrification ne résoudra pas la pollution due à l'usure des pneus et des freins, les véhicules CASE sont susceptibles de réduire considérablement les émissions d'échappement. Greenblatt et Saxena (2015) ont estimé qu'un taxi autonome électrique à batterie pourrait réduire les émissions de GES de 87 à 94 % par kilomètre par rapport à un véhicule équipé d'un MCI, réduisant ainsi les émissions totales de GES malgré une augmentation prévue des KVP. Si l'électricité utilisée pour alimenter ces véhicules n'est pas produite à partir d'une source propre, les réductions globales des émissions ne seront pas aussi radicales, et il y aura probablement peu (voire aucun) changement dans la qualité de l'air et les effets sur la santé (Glazener et Khreis, 2019). Au Canada, 80 % de la production d'électricité provient de sources à faibles émissions, telles que les sources hydroélectriques ou nucléaires ou de sources renouvelables (PwC Canada, 2018). Il est à noter que les émissions de GES tout au long du cycle de vie des VÉ en Ontario représentent, en moyenne, environ 4 % de celles des véhicules à MCI en raison du fait que la province compte principalement sur une électricité propre (Maroufmashat et Fowler, 2018). Des défis doivent être surmontés avant que les

VÉ ne puissent remplacer complètement les véhicules à MCI, notamment les coûts d'investissement plus élevés, l'autonomie limitée, le manque d'infrastructures de recharge et la longue durée de recharge (Andwari *et al.*, 2017; AAA, 2019). Néanmoins, tous ces domaines sont en constante amélioration. L'adoption des VÉ est également susceptible de prendre du retard dans les régions rurales et moins développées, entraînant une variation géographique dans la réduction des émissions de GES qui en résultent (Glazener et Khreis, 2019). Cependant, l'électricité est nettement moins chère (~ 50 % de moins) que l'essence utilisée dans les véhicules conventionnels (Rodier, 2018), même dans les régions où les coûts de l'électricité sont plus élevés, comme les régions rurales de l'Ontario (Williams, 2017).

7.1.2 Répercussions sur les émissions dans le contexte canadien

Comme le montrent les revues de la littérature sur les modèles d'émissions des véhicules (p. ex., Narayanan *et al.*, 2020), les répercussions prévues des véhicules CASE sur les émissions dépendent du contexte. Cependant, peu d'études, voire aucune, ont examiné les conséquences des émissions des véhicules CASE dans les villes canadiennes. Alam et Habib (2018) ont modélisé l'incidence des véhicules CASE sur la circulation routière le matin à Halifax, en Nouvelle-Écosse, mais l'étude était axée sur les effets sur le réseau de transport et n'a pas examiné l'incidence des émissions. Ticoll (2015) a estimé les coûts-avantages des véhicules CASE pour la ville de Toronto à 6 milliards de dollars par an à un taux d'adoption de 90 % en raison de la réduction des collisions, de la congestion routière, des assurances, des frais de stationnement et des contraventions. Bien que les avantages potentiels des véhicules CASE pour l'environnement aient été mentionnés dans le rapport, ils n'ont pas été explicitement modélisés pour la ville de Toronto (Ticoll, 2015). Le comité souhaitait donc examiner comment des modèles d'incidence des véhicules CASE sur les émissions pourraient s'appliquer dans une ville canadienne.

À cette fin, le comité d'experts a demandé à Z. Le Hong de modéliser les changements d'émissions résultant de l'augmentation des niveaux de diffusion des VCA électriques entre 2030 et 2040 dans la région métropolitaine de Vancouver, en Colombie-Britannique (Le Hong, 2020). Aux fins de cette étude, les VCA sont des véhicules capables de se déplacer de manière autonome dans la région métropolitaine de Vancouver. Les émissions ont été estimées à l'aide du Simulateur des émissions de véhicules à moteur (MOVES) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis, qui estime les émissions de gaz d'échappement et de gaz d'évaporation ainsi que les émissions d'usure des freins et des pneus de

Ce modèle ne tient pas directement compte de la mobilité partagée en raison de la complexité de la création d'un modèle de demande de mobilité partagée et de la variation des impacts des différents types de mobilité partagée (c.-à-d., le service de voiturage, le partage de véhicules, le conavettage) sur le comportement de déplacement. Cependant, les VCA de ce modèle sont censés être des véhicules électriques.

tous les véhicules routiers à plusieurs échelles (USEPA, 2019). Le modèle a pris en compte une gamme de scénarios de diffusion des VCA en utilisant les données de base d'une étude de 2015 sur les émissions de la région métropolitaine de Vancouver (Metro Vancouver, 2015). Les données ont ensuite été modifiées et mises à l'échelle en fonction des projections météorologiques (IES, 2019), de la population (Ville de Vancouver, 2012), des KVP (en fonction de la taille de la population et des objectifs déclarés en matière de transport en commun) et du type de carburant utilisé (en fonction des objectifs de politique déclarés en matière de VÉ). Ces projections ont mené à des fourchettes estimatives dans les scénarios de diffusion des VCA, d'utilisation du transport en commun et de KVP pour 2030 et 2040 (tableau 7.1).

Tableau 7.1 Fourchettes des scénarios du modèle MOVES

	Référence (valeurs de 2020)	**2030** (fourchette estimative)	**2040** (fourchette estimative)
VCA (% de diffusion)	0 %	1 à 10 %	5 à 85 %
Utilisation des transports en commun (% des déplacements)	17 %	5 à 25 %	5 à 33 %
KVP (par habitant)	Actuelles	± 10	± 20

Source : Le Hong (2020)

Fourchettes pour la diffusion des VCA, l'utilisation du transport en commun et les kilomètres véhicules parcourus (KVP) pour différents scénarios futurs utilisés dans le modèle MOVES. Pour l'année de référence 2020, les valeurs actuelles de KVP par habitant sont celles des données d'entrée du modèle MOVES tirées d'Inventaire et prévisions des émissions atmosphériques de la vallée du Bas-Fraser pour 2015 (Metro Vancouver, 2015).

Les VCA ne réduiront pas les émissions de GES à moins qu'il n'y ait également une réduction des KVP

La grande majorité des changements en matière d'émissions de GES sont attribuables à des variations des KVP, l'incidence des autres variables du modèle MOVES étant limitée (figure 7.2). D'autres modèles ont également souligné la possibilité d'une augmentation importante de la consommation d'énergie en raison de l'automatisation des véhicules, en grande partie due à la réduction des coûts de transport menant à une augmentation du nombre de véhicules sur la route (Wadud *et al.*, 2016). Bien que la fourchette des résultats du modèle soit considérablement étendue pour les projections de 2040, ce qui représente un plus haut niveau d'incertitude, le fait que le scénario le plus critique montre que les émissions de GES dépassent les valeurs de référence de 2020, même avec une hausse prévue de l'électrification des véhicules, en dit long (figure 7.2).

Il est peu probable que les objectifs en matière de pollution de l'air par les particules soient atteints avec ou sans VCA

La pollution atmosphérique par les particules (p. ex., les $P_{2,5}$) a des effets aigus et chroniques sur la santé respiratoire (Matz *et al.*, 2020), et même de faibles niveaux de $P_{2,5}$ ambiantes ont été liés à un risque accru de mortalité au Canada (Christidis *et al.*, 2019). Bien que les VCA individuels émettent moins de particules, l'augmentation globale des KVP n'a abouti à aucun scénario réduisant sous les niveaux actuels de 2020 des $P_{2,5}$ en 2030 sans combiner la réduction des KVP et l'utilisation accrue des transports en commun, et seuls les scénarios les plus optimistes prévoyaient une réduction de ce polluant en 2040 (figure 7.2).

L'électrification des véhicules et les déplacements plus fluides des VCA réduisent les émissions d'échappement

L'électrification des véhicules a été associée à des scénarios d'émissions qui engendrent des réductions encore plus importantes que les objectifs de 2030 et de 2040 pour les émissions de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote et de benzène. Le comportement de conduite plus souple des VCA (c.-à-d. une réduction des vagues de circulation) était associé à une réduction des émissions de composés organiques volatils et de méthane. Une meilleure qualité de l'air est réalisable avec une diffusion plus élevée des VCA, mais des solutions de mobilité qui réduisent les KVP sont essentielles pour atteindre les objectifs relatifs aux émissions. Les tendances en matière d'aménagement du territoire (p. ex., la densité de la population, le développement à usage mixte) constituent des facteurs déterminants constants du nombre de KVP par habitant (Woldeamanuel et Kent, 2014); par conséquent, sans modification importante du comportement lié au covoiturage, il est peu probable que les VCA réduisent les KVP au cours des 10 à 20 prochaines années. Cependant, le modèle suggère qu'à un seuil de diffusion

d'environ 5 %, les VCA pourraient avoir une incidence significative sur la réduction des émissions grâce aux effets de fluidification du trafic. Les VCA laissent présager des avantages environnementaux dans le secteur des transports; cependant, ceux-ci dépendent des choix que fait la population canadienne en matière de mobilité, qui, à leur tour, reflètent les décisions en matière de politiques et d'investissement du gouvernement et des sociétés de transport en commun qui influencent le caractère du système de mobilité.

7.2 Sécurité routière

Le nombre de collisions au Canada ayant entraîné des blessures et des décès a diminué de 27 % et de 34 %, respectivement, entre 1999 et 2018 (TC, 2019d). Cependant, les collisions de véhicules automobiles ont tout de même causé 1 922 décès et 9 026 blessures graves au Canada en 2018 (TC, 2019d). Environ 30 % des collisions causant des blessures et 66 % des collisions mortelles surviennent sur les routes rurales; celles-ci se produisent principalement sur des routes non divisées et mettent souvent en cause la vitesse excessive, la consommation d'alcool et la non-utilisation des ceintures de sécurité (TC, 2011). Bien que les véhicules CASE puissent contribuer à améliorer la sécurité routière dans les régions rurales, il est peu probable qu'ils soient largement disponibles ou utilisables au cours de la prochaine décennie, en particulier lorsque les fonctions de conduite automatisée (p. ex., le système de suivi de voie) dépendent de caractéristiques de l'infrastructure (p. ex., les marques routières).

Les technologies des SAAC améliorent la sécurité routière à l'heure actuelle

Certains systèmes de freinage de secours autonomes ont réduit les taux de collision arrière de 41 %, les blessures causées par de telles collisions de 47 % et les blessures causées à des tiers résultant de telles collisions de 48 % (Cicchino, 2016). Les voitures dotées d'un système de contrôle électronique de la stabilité (ESC, pour *Electronic Stability Control*) sont impliquées dans 41 % moins de collisions résultant d'une perte de contrôle par rapport aux modèles plus anciens de la même marque qui n'étaient pas dotés d'un ESC (Chouinard et Lécuyer, 2011). De plus, le taux de réduction des taux de collision était de 51 % pour toutes les collisions sensibles à l'ESC dans les conditions météorologiques canadiennes (la neige, la glace, la gadoue) (Chouinard et Lécuyer, 2011). Les alertes de franchissement involontaire de ligne (AFIL) ont réduit les taux de collisions latérales et frontales impliquant un seul véhicule d'au moins 11 %, et le taux de telles collisions causant des blessures d'au moins 21 % (Cicchino, 2018). Cette réduction des collisions pourrait potentiellement être doublée si les systèmes AFIL restaient activés; des études antérieures révèlent que les conducteurs désactivent

les systèmes AFIL environ 50 % du temps (Cicchino, 2018). Le développement et le perfectionnement continus des SAAC, ainsi que la formation des conducteurs, sont importants pour améliorer la sécurité routière à l'aide de ces systèmes. Par exemple, les systèmes d'aide au suivi de voie, qui surveillent la position d'un véhicule entre deux marques sur la chaussée et ajustent automatiquement la commande de l'angle de braquage pour maintenir sa position dans la voie, peuvent sembler désagréables et intrusifs pour les conducteurs, ce qui a une incidence négative sur l'expérience du conducteur (Park *et al.*, 2018).

Les véhicules CASE réduiront l'erreur humaine dans la conduite

La sécurité routière est largement citée comme l'un des principaux avantages des véhicules CASE. Les estimations issues de la littérature font état que les ameliorations de la sécurité issues de l'automatisation varient entre 50 et 90 %, et elles augmentent avec la proportion de ces véhicules sur la route (Ticoll, 2015). Par exemple, Fagnant et Kocklman (2015) estiment qu'il y aurait 50 % de collisions en moins avec une part de marché de 10 % de véhicules CASE sur la route et 90 % moins de collisions lorsque 90 % des véhicules sur la route sont des véhicules CASE. D'autres sources suggèrent qu'une adoption de près de 75 % des véhicules CASE sur la route éliminerait pratiquement tous les décès et les blessures occasionnés par des accidents de la route (CSPTC, 2018). Une statistique largement citée de la National Highway Traffic Safety Administration des États-Unis affirme que les conducteurs humains sont la cause principale[9] d'environ 94 % des collisions de véhicules automobiles, les pannes de véhicules représentant 2 % et les conditions environnementales telles que les routes et les conditions météorologiques représentant les 2 % supplémentaires (NHTSA, 2015). Par conséquent, l'élimination des facteurs humains de la conduite (tels que la vitesse, l'inexpérience, la fatigue, l'inattention, la distraction, les erreurs d'exécution et les facultés affaiblies) pourrait sans doute prévenir jusqu'à 94 % des collisions. Cependant, certains experts estiment que les véhicules CASE ne préviendront que 80 % des collisions, car ils introduisent également la possibilité de nouveaux types d'erreurs liées à la technologie (Godsmark *et al.*, 2015).

9 La NHTSA décrit une cause principale comme étant « la raison immédiate de l'événement critique avant l'accident et souvent le dernier échec dans la chaîne causale des événements menant à l'accident. Bien que la cause principale constitue un élément important de la description des événements ayant mené à l'accident, **elle n'est pas censée être interprétée comme étant la cause de l'accident ni comme l'attribution de la faute** au conducteur, au véhicule ou à l'environnement » (NHTSA, 2015, gras ajouté).

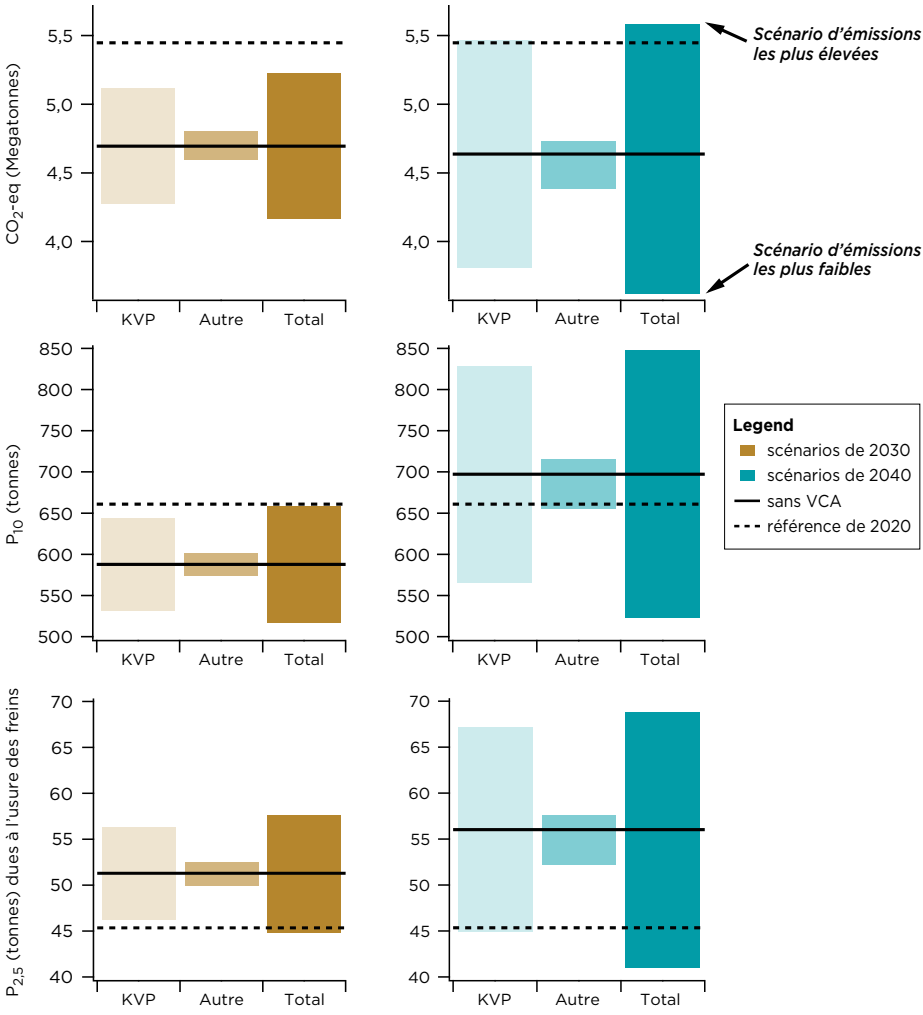


Figure 7.2 Scénarios d'émissions pour la diffusion des VCA dans la région métropolitaine de Vancouver en 2030 et en 2040

Estimations du modèle MOVES pour les émissions de GES (équivalent CO_2; en haut), P_{10} (au centre) et $P_{2,5}$ (c.-à-d. usure des freins; en bas) projetées en 2030 et en 2040. La ligne pointillée indique la référence (2020), et la ligne noire continue indique les émissions projetées sans diffusion de VCA en 2030 et en 2040. Les kilomètres véhicules parcourus (KVP) (barres de couleur plus claire à gauche) avaient de loin la plus grande incidence sur les émissions globales (barres de couleur plus foncée à droite). La catégorie « Autre » (barres de couleur claire au centre) comprend collectivement l'incidence des modifications d'une fraction des déplacements sur les transports en commun, la vitesse moyenne des véhicules, le nombre de démarrages de véhicules et la fluidification du cycle de conduite.

7.2.1 Normes de sécurité et communication d'information

L'établissement de normes de sécurité pour les véhicules CASE est un défi pour plusieurs ordres de gouvernement

À mesure que les niveaux d'automatisation de la conduite augmentent et que les utilisateurs de véhicules se fient davantage aux systèmes automatisés pour exécuter la tâche de conduite, il deviendra de plus en plus important de déterminer si les systèmes de conduite automatisée sont suffisamment fiables et robustes pour assurer un déploiement sécuritaire. Le niveau de sécurité acceptable pour les véhicules CASE n'a pas encore été établi. La *Loi sur la sécurité automobile* (LSA) fédérale établit la réglementation et les normes en matière de sécurité qui s'appliquent à l'importation de véhicules automobiles au Canada, et les lois provinciales et territoriales régissent l'utilisation sécuritaire des véhicules sur les routes publiques (TC, 2019f). La LSA inclut les *Normes de sécurité des véhicules automobiles du Canada* (NSVAC), qui établissent les seuils de rendement que les véhicules et l'équipement doivent respecter. À l'heure actuelle, aucune disposition de la LSA ni aucune norme au sein des NSVAC ne traitent directement des technologies de véhicules CASE (TC, 2019f). La LSA prévoit des exceptions permettant l'importation de véhicules CASE qui ne sont pas conformes aux NSVAC à des fins d'exposition, de démonstration, d'évaluation ou d'essai (TC, 2019f). Des lignes directrices pour les essais de sécurité des véhicules hautement automatisés (niveaux 3 à 5 selon l'échelle de la SAE) sont disponibles, mais ne sont pas juridiquement contraignantes (TC, 2018a). Étant donné le stade précoce de la technologie des véhicules CASE, il est nécessaire de recueillir et d'analyser davantage de données avant d'établir des normes de sécurité pour le déploiement. Des modifications aux règlements provinciaux, territoriaux et municipaux seront également nécessaires pour veiller à l'utilisation sécuritaire des véhicules CASE.

Les approches statistiques d'évaluation des véhicules CASE par rapport aux conducteurs humains qui reposent sur la comparaison du nombre de collisions par KVP ne seront pas réalisables (Gingras, 2019). Les collisions graves ou mortelles sont des événements rares d'un point de vue statistique compte tenu des millions de kilomètres véhicules parcourus chaque jour. En 2018, il y a eu 4,9 décès par milliard de KVP au Canada (TC, 2019d). Ainsi, la distance minimale que les véhicules CASE devraient parcourir pour établir leur sécurité par rapport aux conducteurs humains à un niveau statistiquement significatif — c'est-à-dire pour établir un taux plus faible de collisions mortelles avec suffisamment de données pour veiller à ce que les différences observées ne soient pas fortuites — serait des milliards, voire des centaines de milliards de kilomètres (Kalra et Paddock, 2016; Gingras, 2019). La grande hétérogénéité des systèmes matériels et logiciels des véhicules CASE produits par différents fabricants pose également des défis dans

l'élaboration d'approches normalisées pour l'analyse des données de sécurité, et l'évolution et le développement continus des véhicules CASE à court et à long terme ajoutent un niveau de complexité supplémentaire (Gingras, 2019). Par conséquent, les données des essais de sécurité des véhicules CASE devront être évaluées à l'aide de méthodologies autres que des comparaisons directes, telles que l'utilisation d'outils de virtualisation et de calcul informatisé pour déterminer et examiner uniquement les scénarios les plus risqués, en utilisant des simulations pour recueillir des données sur le comportement de conduite des véhicules CASE, et des essais dans des champs d'application limités (Gingras, 2019). En fin de compte, les organismes de réglementation et les parties prenantes, y compris le public, devront prendre des décisions concernant les niveaux de risque acceptables et tolérables lors du déploiement des véhicules CASE.

Les cadres de collecte de données et de communication de l'information pourraient devoir être mis à jour pour les véhicules CASE

Un plus grand partage des données pourrait partiellement résoudre les problèmes liés à l'évaluation de la sécurité des véhicules CASE. Les véhicules CASE ont la capacité unique « d'apprendre » les uns des autres, dans la mesure où les données recueillies à la suite d'une défaillance de sécurité impliquant un véhicule CASE peuvent être analysées et partagées avec l'ensemble du parc pour éviter des défaillances similaires dans d'autres véhicules (Ehsani *et al.*, 2020). De plus, l'ensemble du système de mobilité des véhicules CASE devient plus sécuritaire grâce à la collecte et au groupage systématiques des données. Par exemple, le secteur aéronautique utilise de telles pratiques de partage de données pour améliorer la sécurité et la fiabilité (Ehsani *et al.*, 2020). Cependant, bien que le groupage des données puisse être efficace, la conception d'un tel système doit intégrer des incitations à la participation. De nombreuses entreprises pourraient être réticentes à partager une propriété intellectuelle telle que des données exclusives d'essais de sécurité si elle a une valeur potentielle. Ces problèmes doivent être résolus avant de mettre en œuvre un système de groupage des données dans l'industrie des véhicules CASE (Ehsani *et al.*, 2020). En effet, certains ont soutenu que les cadres de partage de données obligatoires et régis par une loi fédérale devraient faire partie des normes de sécurité pour les véhicules autonomes aux États-Unis (Krompier, 2017).

Même avec un système de groupage des données pour les véhicules CASE, il est également nécessaire d'améliorer la collecte de données et les signalements à la police pour toutes les collisions de véhicules, ainsi que de mettre à jour la structure des bases de données pertinentes. Les cadres actuels de compilation des données sur les collisions doivent pouvoir prendre en compte la technologie des véhicules

CASE, et les risques en matière de sécurité et les défaillances possibles qui en découlent (Ryerson *et al.*, 2019). Le département des transports des États-Unis considère l'information sur les collisions et les accidents évités de justesse implicant des véhicules CASE une priorité en matière de données, ainsi que l'élaboration d'un cadre normalisé de communication de l'information (USDOT, 2018). Certaines parties prenantes suggèrent qu'il soit requis que tous les nouveaux véhicules CASE aient des « boîtes noires » (c.à-d. des enregistreurs de données de route) pour fournir des informations aux premiers intervenants et pour les enquêtes subséquentes (Hightower, 2018). Le comité d'experts remarque que ces données pourraient également être utiles aux organismes gouvernementaux (pour le contrôle de la sécurité et l'élaboration de règlements), aux compagnies d'assurance (pour l'évaluation et le traitement des réclamations) et aux planificateurs municipaux (pour l'urbanisme et la planification des infrastructures liées à la sécurité des véhicules), entre autres. Les versions proposées du paradigme de sécurité des véhicules établi depuis longtemps, la matrice de Haddon, pour les véhicules CASE de niveau 3 (Ryerson *et al.*, 2018) et de niveaux 4 et 5 selon l'échelle de la SAE (Ryerson *et al.*, 2019) définissent les rôles du conducteur, du véhicule, de l'environnement physique et de l'environnement social, ainsi que les interactions entre eux, dans la cause ou la prévention des collisions.

7.2.2 Défis en matière de sécurité routière de la diffusion des véhicules CASE

Des problèmes de sécurité uniques pourraient survenir pendant la période de transition vers les véhicules CASE

La période de transition vers une majorité de véhicules CASE sur la route verra une combinaison de véhicules CASE et de véhicules conventionnels, ainsi que la présence continue de piétons, de cyclistes et de motocyclistes. Les répercussions sur la sécurité au cours de cette période de transition sont incertaines : la sécurité n'augmentera peut-être pas de façon marquée et pourrait même diminuer jusqu'à ce que le pourcentage de véhicules CASE sur la route soit élevé (Milakis *et al.*, 2017). Les conducteurs de voitures conventionnelles, ainsi que les piétons et les cyclistes, prendront peut-être des risques supplémentaires lorsqu'ils croiseront un véhicule autonome, ce qui entraînerait de nouveaux types d'accidents (Litman, 2019). Par exemple, il est possible que les conducteurs humains reproduisent la circulation en peloton des véhicules CASE et suivent de trop près, ou des piétons trop confiants pourraient marcher devant un véhicule CASE (ou un véhicule conventionnel qu'ils pensent être un véhicule CASE) en présumant qu'il s'arrêtera pour eux (Cavoli *et al.*, 2017). Les inquiétudes suscitées par cette période de transition font en sorte que certains défenseurs de la santé publique soutiennent l'adoption rapide des véhicules CASE pour maximiser les avantages en matière de sécurité (Pettigrew *et al.*, 2018).

Il existe également des préoccupations concernant la sécurité des véhicules de niveau 3 selon l'échelle de la SAE pendant la progression vers l'automatisation complète (Cavoli *et al.*, 2017; Chan, 2017). Les véhicules de niveau 3 n'exigent pas que les conducteurs restent attentifs à la route ou surveillent le fonctionnement du SCA, mais ils exigent que ceux-ci soient en mesure de prendre le relais « en temps opportun » lorsqu'ils reçoivent une demande d'intervention (SAE, 2016) . Selon les critiques, cela les rend particulièrement dangereux. Les recherches en sciences cognitives suggèrent qu'une attention soutenue et un réengagement rapide sont très difficiles pour les conducteurs humains, surtout s'ils sont distraits par d'autres tâches (Anderson *et al.*, 2016). En raison des problèmes d'attention humaine et de réengagement, certains intervenants estiment que le niveau 3 n'est pas la voie idéale pour le déploiement; au lieu de cela, ils préconisent une transition directe vers les véhicules de niveau 4 (Anderson *et al.*, 2016; Chan, 2017; CSPTC, 2018). Cependant, les préoccupations au sujet de la sécurité liées à la conduite automatisée ne se limitent pas aux véhicules de niveau 3 d'automatisation ou d'un niveau inférieur. Bien qu'il y ait beaucoup moins d'interactions entre les conducteurs humains et les véhicules de niveau 4, elles se produisent tout de même. L'imprévisibilité de telles interactions peut avoir une incidence négative sur l'utilisation sécuritaire des véhicules autonomes (Ryerson *et al.*, 2019).

De meilleurs SAAC pourraient mener à une dépendance excessive à l'égard de l'automatisation

Le biais d'automatisation désigne « les erreurs que les conducteurs ont tendance à commettre dans des contextes de prise de décisions automatisée qui peuvent les amener à "trop faire confiance" à la capacité d'un véhicule à exécuter lui-même la fonction de conduite » [traduction libre] (Kerr et Millar, s.d.). Les collisions les plus récentes impliquant un SAAC sont dues en partie au fait que les conducteurs humains se fient apparemment trop aux capacités de conduite autonome du véhicule. Les campagnes de marketing des fabricants qui insistent trop sur les capacités de conduite automatisée de leurs véhicules pourraient être un facteur contribuant à cette tendance (Kerr et Millar, s.d.). Afin de réduire les risques associés au biais d'automatisation, les décideurs, les fabricants et les utilisateurs doivent définir et comprendre de façon précise et claire la fiabilité, les capacités et les limites de la conception opérationnelle de la technologie des véhicules CASE. Ils doivent également comprendre comment ces capacités et limites peuvent

provoquer des collisions dans des situations où des conducteurs humains agissent de manière imprévue ou lorsque la technologie des véhicules CASE fonctionne (ou fait défaut) de manière inattendue (Ryerson *et al.*, 2018, 2019). Par exemple, l'introduction du système de freinage antiblocage (ABS) a augmenté le taux de certains types de collisions à court terme; les véhicules munis du système ABS étaient 24 % plus susceptibles d'être impliqués dans des collisions mortelles que les versions sans système ABS du même modèle de véhicule (Ryerson *et al.*, 2019). Les deux principales raisons de cette diminution de la sécurité des véhicules étaient les suivantes : (i) les conducteurs n'étaient pas habitués au système ABS et n'étaient pas formés à sa bonne utilisation ou (ii) les conducteurs qui connaissaient le système ABS ont choisi de conduire leur véhicule dans des conditions plus dangereuses, en comptant sur le système ABS pour offrir des avantages en matière de sécurité qu'il n'était pas conçu pour offrir (Ryerson *et al.*, 2019). À mesure que de plus en plus de véhicules dotés de niveaux d'automatisation plus élevés deviendront répandus au Canada, les gouvernements provinciaux et territoriaux devront envisager de modifier les approches en matière de sensibilisation et de formation des conducteurs, ainsi que les exigences en matière d'octroi de permis, pour veiller à ce que les conducteurs comprennent comment conduire en toute sécurité des véhicules à différents niveaux d'automatisation (CSPP, 2018).

Les véhicules CASE pourraient être à la fois trop bruyants et trop silencieux dans certaines circonstances

Les véhicules CASE pourraient réduire la pollution par le bruit urbain, un problème pour les habitants des grandes villes où les niveaux de bruit dû au trafic routier varient entre 65 et 83 décibels (dB) dans les zones connaissant un volume de trafic modéré (Maffei et Masullo, 2014). Le bruit dû au trafic routier supérieur à 53 dB le jour et à 45 dB la nuit a été associé à des effets néfastes sur la santé (OMS, 2018). À des vitesses plus élevées, le bruit des pneus sur la route (plutôt que le bruit de la propulsion), qui est présent dans les deux types de véhicules, est dominant. Des véhicules de poids inférieurs équipés de pneus à faible émission sonore sont nécessaires pour réduire davantage les niveaux de bruit (Maffei et Masullo, 2014). Ainsi, la réduction de la pollution par le bruit des véhicules CASE sera plus marquée dans les zones où la circulation est plus lente, telles que le noyau urbain, non seulement en raison de l'électrification, mais également en raison du débit de

circulation plus fluide créé par les véhicules autonomes (Patella *et al.*, 2019). La pollution par le bruit sur les autoroutes peut s'aggraver si les véhicules CASE entraînent un volume de trafic plus élevé se déplaçant à des vitesses plus rapides dans les zones où le bruit des pneus sur les routes domine (Patella *et al.*, 2019). Le bruit des véhicules est également un signal auditif important pour les piétons et les cyclistes, à la fois pour détecter les véhicules et pour percevoir la vitesse et la direction d'un véhicule qui approche, en particulier pour les personnes ayant une déficience visuelle (Stelling-Kończak *et al.*, 2016). Ainsi, les fabricants conçoivent actuellement un bruit additif pour les véhicules électriques se déplaçant autrement de manière trop silencieuse à basse vitesse (Roan *et al.*, 2017). Le comité d'experts remarque que le bruit additif des véhicules sera également pertinent pour la sécurité des véhicules CASE dans les régions urbaines.

7.3 Activité physique

Les véhicules CASE pourraient augmenter la mobilité, mais diminuer les niveaux d'activité

Au cours des 50 dernières années, la possession de véhicules et les KVP ont augmenté, alors que la marche comme moyen de transport a diminué (Brownson *et al.*, 2005). Des niveaux d'activité physique plus faibles pendant le transport, associés à moins d'activité physique au travail et à la maison, et un temps consacré aux loisirs stable ou en augmentation ont entraîné une diminution globale de l'activité physique (Brownson *et al.*, 2005). De plus longues périodes de conduite sont associées à des comportements néfastes pour la santé (p. ex., moins d'activité physique) et à des effets néfastes sur la santé physique et mentale (Ding *et al.*, 2014). Le manque d'activité physique est une préoccupation majeure pour la santé des Canadiens. En 2017, seulement 40 % des enfants de 5 à 17 ans et 16 % des adultes de 18 à 79 ans ont atteint les objectifs d'activité physique (StatCan, 2017b). Des niveaux inférieurs d'activité physique sont un facteur contribuant à des taux plus élevés de maladies chroniques (Stevenson *et al.*, 2016). Indépendamment de l'activité physique, les comportements sédentaires — un important facteur de risque de prise de poids et de mortalité précoce — ont augmenté de 1,3 % par an aux États-Unis entre 1965 et 2009, et devraient continuer d'augmenter pour atteindre près de 42 heures par semaine en moyenne d'ici 2030 aux États-Unis (Ng et Popkin, 2012).

Les véhicules CASE augmenteront la volonté des gens d'être sur la route plus souvent et plus longtemps, car le temps normalement passé à conduire pourra être utilisé pour le travail ou les loisirs. Si des déplacements qui étaient auparavant effectués à pied ou à vélo sont remplacés par un déplacement dans un véhicule CASE, les niveaux d'activité physique diminueront et les comportements sédentaires augmenteront (Spence *et al.*, 2020). Cependant, l'incidence sur les déplacements quotidiens pourrait être minime étant donné que seulement 7 % des navetteurs canadiens ont marché ou pédalé pour se rendre au travail en 2016; la plupart des gens au Canada comptent déjà sur des véhicules personnels pour assurer leur mobilité au quotidien (StatCan, 2017a). Le comportement de navettage varie également selon la situation géographique, la marche ou le vélo étant plus fréquents dans certaines régions urbaines. Par exemple, en 2016, près de 17 % des navetteurs ont utilisé le transport actif pour se rendre au travail à Victoria, en Colombie-Britannique, la proportion la plus élevée au Canada (StatCan, 2017a). Les petites villes comme Kingston et Peterborough, en Ontario, comptaient également une plus forte proportion de navetteurs utilisant le transport actif par rapport à la moyenne nationale (StatCan, 2017a). Si les véhicules CASE sont plus susceptibles d'être d'abord utilisés dans les noyaux urbains denses, comme mentionné plus haut par le comité d'experts, l'incidence sur le transport actif sera alors également limitée à ces régions, ce qui pourrait ou non refléter de quelle façon les petites villes réagiront.

Les véhicules CASE pourraient également permettre aux villes de devenir plus conviviales pour les vélos et les piétons en encourageant le transport actif. Par exemple, les véhicules CASE pourraient rendre le transport actif plus sécuritaire pour les cyclistes et les piétons si l'automatisation et la connectivité réduisaient les collisions et rendaient le comportement des véhicules plus sécuritaire et plus prévisible (Botello *et al.*, 2018). Les chercheurs examinent différentes formes de signaux visuels et universels (tels que des symboles et du texte à différents endroits sur le véhicule et la chaussée) qui peuvent constituer une signalisation sans ambiguïté pour les piétons et les cyclistes (Ackermann *et al.*, 2019). Bien que le transport actif puisse augmenter l'exposition aux particules fines, puisque plus de temps est passé à l'extérieur, dans toutes les villes du monde sauf les plus polluées (dont aucune ne se trouve au Canada) les avantages de l'activité physique l'emportent généralement sur les préjudices causés par l'exposition à la pollution atmosphérique (Glazener et Khreis, 2019). Néanmoins, comme il n'y a pas de niveau d'exposition à la pollution atmosphérique qui soit sans risque, les politiques publiques qui encouragent le transport actif peuvent avoir des répercussions positives supplémentaires sur l'environnement et la santé humaine en réduisant les KVP (et donc la pollution de l'air) à la fois des véhicules conventionnels et des véhicules CASE.

7.4 Sommaire

Les véhicules CASE ont le potentiel d'améliorer l'environnement, et la santé et le bien-être de la population canadienne, mais ce potentiel ne sera pas atteint uniquement au moyen de la technologie. Les avantages environnementaux dépendent en grande partie de la réduction des KVP, par exemple en encourageant le transport en commun, le transport actif et le covoiturage, et en décourageant les déplacements dans un véhicule à occupant unique. Alors que les véhicules CASE promettent d'améliorer la sécurité routière en éliminant l'erreur humaine dans la conduite, ces promesses devront être évaluées en examinant des données fiables sur la performance des véhicules CASE et de la conduite humaine. Les choix en matière de mobilité de la population canadienne, en particulier dans les régions urbaines, changeront avec l'apparition des véhicules CASE. Bien que les véhicules CASE puissent créer des routes plus adaptées aux piétons et aux cyclistes en réduisant la probabilité de collisions, ils pourraient également remplacer le transport actif en tant que moyen pratique et rentable de faire de courts déplacements, réduisant ainsi les niveaux d'activité physique. Les répercussions des véhicules CASE sur l'environnement et sur la santé sont étroitement liées; les avantages dépendent davantage de la réduction des KVP que de la disponibilité de nouvelles technologies.

8

Véhicules CASE et mobilité partagée au Canada

Répondre au mandat

8.1 Industrie

8.2 Gouvernements

8.3 Population canadienne

8.4 Réflexions finales du comité

La réponse du comité d'experts au mandat suppose que la première apparition des véhicules connectés et autonomes sur le marché à l'intention des consommateurs se fera probablement par l'intermédiaire de la mobilité partagée. Le comité suppose également que la tendance à l'électrification de tous les véhicules se poursuivra au même rythme; ainsi, son analyse a considéré les quatre tendances technologiques distinctes (autonome, connecté, électrique et partagé) comme une seule. Les véhicules CASE promettent une révolution des transports, avec les avantages d'un transport plus écologique, sécuritaire et accessible pour la population et les marchandises au Canada. Cependant, il existe une incertitude considérable quant au moment où ces avantages se concrétiseront, à la manière dont cela se fera et même à savoir si cela se produira. Il est compliqué de prévoir l'incidence des véhicules CASE sur la population canadienne, car elle reflétera les décisions prises par une multitude de parties prenantes, qui manquent souvent de coordination dans leur prise de décisions, et qui comprennent trois ordres de gouvernement, ainsi que l'industrie et les consommateurs.

Rappelez-vous que dans ce rapport, le terme « *autonome* » est employé pour décrire un objet (p. ex., les véhicules *autonomes*), et le terme « automatisé », pour décrire un processus ou une action (p. ex., la conduite automatisée).

De nombreux éléments de décision qui ne sont pas liés à la technologie elle-même façonneront le déploiement des véhicules CASE au Canada. Par exemple, les décisions visant à soutenir et à encourager le transport en commun, le conavettage et le transport actif peuvent aider à faire en sorte que les véhicules CASE complémentent diverses options de transport. Autrement, les décisions qui accordent la priorité aux véhicules personnels et les encouragent en tant que principal mode de transport pourraient mener les véhicules CASE à aggraver les problèmes de circulation et d'accès aux bordures de trottoir dans les régions urbaines denses. Par conséquent, malgré leurs nombreux avantages potentiels, les véhicules CASE pourraient tout aussi bien contribuer à l'augmentation des inégalités en matière de transport, de congestion routière et de pollution si des mesures politiques particulières ne sont pas mises en place pour prévenir de tels résultats.

LA QUESTION

À la lumière des tendances actuelles influençant l'évolution des technologies liées aux véhicules connectés et automatisés et à la mobilité partagée, quelles incidences ces technologies auront-elles sur l'industrie, les gouvernements et la population en général au Canada, et quels types de possibilités et de défis présenteront-elles pour eux?

Le tableau 8.1 résume les principaux enjeux relevés par le comité d'experts qui sont liés au développement et à la diffusion des véhicules CASE au cours des 10 prochaines années. Ces enjeux peuvent être considérés comme des défis ou des possibilités; la portée et l'ampleur des enjeux mettent en évidence la complexité des changements nécessaires pour les aborder.

Tableau 8.1 Domaines présentant des possibilités et des défis pour le développement et le déploiement des véhicules CASE au Canada au cours des 10 prochaines années

Industrie

Fabrication de véhicules automobiles et de pièces	Technologies de l'information et des communications (TIC)	Mobilité partagée
Transition des fabricants et fournisseurs de pièces vers la R-D axée sur les TIC	Intégration de nouvelles entreprises et technologies dans les réseaux d'approvisionnement automobile	Marchés en croissance et possibilités d'expansion des services dans les régions urbaines
Mandats de production de véhicules CASE et de leurs composants, essentiels à la pertinence à long terme des fabricants et des fournisseurs canadiens	R-D et expansion des nouvelles technologies (p. ex., IA, systèmes d'exploitation, capteurs)	Entrée sur le marché de nouvelles entreprises, incluant des constructeurs automobiles
Éducation, formation et recyclage de la main-d'œuvre afin qu'elle acquière les compétences requises pour la production et l'entretien des véhicules CASE	Nouveaux créneaux de possibilités (p. ex., infodivertissement, services financiers)	Partenariats public-privé (p. ex., entre commissions de transport, administrations municipales et entreprises privées)
Transition vers de nouveaux créneaux de possibilités (p. ex., recyclage des batteries, composants IA), importante pour atténuer l'incidence de l'obsolescence des MCI et des fabricants de pièces connexes		

(continue)

(a continué)

Gouvernement

Fédéral	Provincial et territorial	Municipal
Politique en matière d'innovation et stratégies d'investissement afin de tenir compte du rôle du Canada dans l'économie des véhicules CASE	Politique en matière d'innovation et stratégies d'investissement afin de tenir compte du rôle du Canada dans l'économie des véhicules CASE	Règlements sur la circulation routière, le stationnement et l'accès aux bordures de trottoir pour faire face à la part croissante des véhicules CASE
Accords commerciaux afin de clarifier les relations pour les entreprises et investisseurs internationaux	Stratégies de soutien et de transition pour les économies régionales vulnérables aux changements dans le secteur automobile	Planification, modernisation et entretien des infrastructures pour assurer l'utilisation sécuritaire des véhicules CASE
Lignes directrices en matière de sécurité des véhicules et normes pour les nouvelles technologies	Modifications de la réglementation en matière d'assurances, de code de la route, de formation des conducteurs et d'octroi de permis de conduire pour faire face au niveau croissant d'automatisation	Planification et réglementation des transports et de la mobilité (c.-à-d. intégration de plusieurs services)
Harmonisation de la réglementation canadienne relative au secteur de l'automobile et aux TIC avec celle des États-Unis	Planification, modernisation et entretien des infrastructures pour assurer l'utilisation sécuritaire des véhicules CASE	Décisions en matière d'urbanisme et de zonage (p. ex., densité urbaine, accès au transport en commun)
Investissements, normes et règlements liés à l'infrastructure des communications (y compris la confidentialité des données)	Éducation et formation pour assurer le développement d'une main-d'œuvre qualifiée dans le secteur des véhicules CASE ainsi que dans de nouveaux créneaux de possibilités	Partenariats public-privé et nouvelles sources de revenus (p. ex., tarification de la congestion routière)
Normes sur la pollution de l'environnement et la qualité de l'air tenant compte des nouvelles technologies	Normes sur la pollution de l'environnement et la qualité de l'air tenant compte des nouvelles technologies	Possibilités de mobilité en tant que service (MaaS) (p. ex., intégration d'offres multiples)
Investissement dans l'infrastructure pour soutenir un accès équitable dans toutes les communautés (p. ex., connectivité des régions rurales)		

8.1 Industrie

Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur les industries canadiennes, y compris l'industrie automobile ainsi que d'autres industries qui pourraient être touchées par les tendances technologiques et l'évolution des modèles d'affaires? Incluez des possibilités pour les industries canadiennes.

La demande de véhicules au Canada ne changera pas radicalement au cours des 10 prochaines années

Bien que la tendance à l'augmentation des services de mobilité partagée soit susceptible d'entraîner à terme une diminution des achats de véhicules personnels, ces tendances se limiteront aux régions géographiques avec une densité de population suffisamment élevée pour soutenir des services à la demande pratiques et abordables. Les Canadiens vivant à l'extérieur des centres urbains devront toujours compter sur des véhicules personnels pour la majorité de leurs besoins de mobilité. Étant donné que l'âge moyen d'un véhicule personnel au Canada est de près de 10 ans, il faudra probablement des décennies pour que les véhicules CASE constituent une proportion importante de l'ensemble du parc canadien. La demande des consommateurs pour les véhicules électriques au Canada a été faible, et l'adoption croissante des VÉ au Canada et ailleurs dépend davantage des mesures incitatives que de la préférence des consommateurs. Les mesures incitatives peuvent donc jouer un rôle important dans la vitesse et l'ampleur de l'adoption des véhicules CASE au Canada, ainsi que dans la priorisation du développement et de la commercialisation de la technologie des véhicules CASE pour l'industrie.

L'industrie automobile mise sur l'avenir des VÉ

Sous l'effet de la chute du coût des batteries et de la demande croissante de la part du public de lutter contre les changements climatiques, les constructeurs automobiles investissent dans le développement des VÉ. Les entreprises et les installations canadiennes chercheront à obtenir de nouveaux mandats de production dans les installations existantes, en particulier pour les pièces et l'assemblage des VÉ. Les entreprises qui produisent des pièces et fournissent des services pour les MCI seront éventuellement confrontées à une transformation ou à une obsolescence. La transition vers l'électrification sera également influencée par les taux de rotation des véhicules, la disponibilité des bornes de recharge,

l'acceptation par les consommateurs et leur demande de différents groupes motopropulseurs (MCI à haut rendement, hybrides, entièrement électriques), et des mesures incitatives. Ces facteurs pourraient entraîner une adoption relativement lente des véhicules entièrement électriques au Canada, particulièrement à l'extérieur des centres urbains. Cependant, la tendance à l'électrification augmentera la demande d'extraction de minéraux, de production de batteries, de recyclage de batteries et d'énergie propre — des domaines dans lesquels le Canada est bien placé pour prendre de l'expansion.

Le rôle des entreprises canadiennes dans l'industrie des véhicules CASE est incertain

L'intégration de la fabrication à l'économie de réseau est perturbatrice pour les FEO et les fournisseurs de pièces qui doivent rivaliser dans la R-D coûteuse ou bien risquer de devenir obsolètes dans ce nouveau marché. Bien que la croissance du secteur des TIC se poursuive et que de nombreuses entreprises au Canada exercent des activités dans ce domaine, le secteur de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces a du mal à demeurer concurrentiel face aux coûts d'exploitation actuels, à la réglementation, aux incertitudes commerciales et à la concurrence croissante des régions offrant de bas salaires. Les mesures incitatives gouvernementales soutiennent largement l'entretien et la modernisation des installations existantes, mais n'ont généralement pas suscité de nouvelles constructions ni de croissance dans le domaine de la production de véhicules légers. Au cours des 10 prochaines années, les véhicules de transport en commun et l'électrification des parcs de véhicules commerciaux représentent des possibilités d'expansion pour le secteur de la fabrication et les marchés canadiens.

Les entreprises canadiennes de TIC développent et produisent également des technologies pour les véhicules CASE. Malgré l'expertise en recherche universitaire et industrielle du Canada dans le domaine des TIC, le manque de FEO à l'échelle nationale a contribué à réduire les investissements en R-D automobile. À mesure que l'industrie automobile fusionne avec l'industrie des TIC, les entreprises pourraient d'abord proliférer, mais voir ensuite leur nombre diminuer et être restructurées par des fusions, des acquisitions et des faillites, réduisant finalement le nombre d'acteurs mondiaux à une ou deux entreprises dominantes et leurs réseaux de filiales, y compris les fournisseurs de pièces, les développeurs de logiciels, les compagnies d'assurance, les vendeurs de pièces de rechange et de services de réparation, et les fournisseurs d'infodivertissement. L'incertitude considérable et la rude concurrence dans l'industrie des véhicules CASE à l'échelle mondiale font en sorte qu'il est difficile d'en prédire avec précision les incidences sur l'industrie canadienne, même si l'intégration des entreprises canadiennes de

TIC dans les chaînes d'approvisionnement de FEO sera probablement l'un des défis les plus importants pour ce secteur.

Les véhicules CASE créeront des créneaux de possibilités dans les domaines des TIC, des services de mobilité et des assurances

Les véhicules CASE créeront de nouveaux créneaux de possibilités et mèneront probablement à une hausse du nombre d'emplois dans le secteur des TIC et des services de mobilité partagée ainsi que dans celui de la gestion et de l'analyse des données. Bien que le système de mobilité du Canada repose principalement sur la possession de véhicules personnels, l'utilisation des services de mobilité partagée devrait augmenter à mesure que la commodité et l'abordabilité s'amélioreront, quoique plus lentement en dehors des centres de population les plus denses. Certains FEO discutent ouvertement de la possibilité de se diversifier pour passer de la construction automobile aux services de mobilité.

Les données des véhicules connectés représentent une occasion pour le marché des pièces de rechange d'améliorer les diagnostics et l'approvisionnement en pièces. Cependant, de nombreuses entreprises qui fabriquent des systèmes télématiques ou utilisent l'IA pour poser des diagnostics prédictifs à partir des données des véhicules se concentrent sur la vente de leurs produits aux FEO plutôt que directement à l'industrie du marché des pièces de rechange. Pour celle-ci, l'accès à ces données présente des possibilités de croissance en vue d'offrir de meilleurs services de réparation et d'entretien. L'accès aux données des véhicules CASE pourrait également contribuer à développer les produits d'assurance, les services de gestion des transports, les services de mobilité et d'autres secteurs. Les besoins en infrastructures des véhicules CASE, y compris les bornes de recharge, le recyclage des batteries et les appareils de télécommunication, constituent de nouvelles occasions en matière de fabrication et de R-D, tout comme les véhicules eux-mêmes. Les véhicules CASE pourraient également entraîner la fusion des compagnies d'assurance au sein de l'industrie, et de nouveaux concurrents non traditionnels pourraient intégrer l'industrie et la perturber.

8.2 Gouvernements

Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur les politiques et les règlements gouvernementaux au Canada?

Les décisions en matière de réglementation de tous les ordres de gouvernement façonneront le déploiement des véhicules CASE

Au Canada, les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux et municipaux ont des rôles et des compétences différents dans la réglementation des transports. L'incidence des véhicules CASE sur les politiques et la réglementation gouvernementales varient donc selon l'ordre de gouvernement. Pour tirer parti des avantages potentiels des véhicules CASE, les gouvernements devront revoir la réglementation et la législation en matière d'assurances; les normes de sécurité des véhicules; les normes de sécurité routière; la législation sur la propriété des données, la protection de la vie privée et la cybersécurité; et les exigences en matière de formation des conducteurs et d'octroi de permis de conduire. L'harmonisation des normes et de la réglementation avec celles d'autres pays, en particulier les États-Unis, sera essentielle pour que l'utilisation des véhicules CASE au-delà des frontières se fasse de manière fluide. Étant donné que la planification municipale et provinciale peut s'échelonner sur 20 à 30 ans, les véhicules CASE devront être pris en compte dans le cadre des règlements municipaux de zonage, de la planification des transports et de l'entretien et de la modernisation des infrastructures. Les décisions gouvernementales prises aujourd'hui au sujet de l'infrastructure et du financement liés au transport actif, au transport en commun, à la congestion routière et au stationnement, par exemple, orienteront l'utilisation des véhicules CASE dans l'avenir.

L'innovation dans l'industrie des véhicules CASE au Canada bénéficiera d'un soutien gouvernemental

La production et la fabrication de masse des véhicules CASE sont susceptibles de modifier fondamentalement la structure industrielle du secteur automobile canadien à mesure que l'industrie de la fabrication de véhicules automobiles et de pièces à intégration verticale se fusionne avec la structure en réseau et plus horizontale du secteur des TIC. Les véhicules CASE créent des possibilités d'expansion de la R-D dans l'industrie automobile, mais on ne sait pas si le Canada sera en mesure de mobiliser et de maintenir des engagements en matière de R-D à la fois d'entreprises internationales et nationales sans un cadre de politique

publique soutenu, coordonnés et à grande échelle pour soutenir ces activités. Pour le Canada, l'incidence de l'arrivée des véhicules CASE dépendra de la façon dont les entreprises automobiles s'adaptent à l'évolution des réseaux de production ainsi que de la possibilité que des mandats de production soient garantis pour l'assemblage au Canada de véhicules intégrant les nouvelles technologies, ce qui a toujours nécessité le soutien du gouvernement. Pour promouvoir un écosystème automobile concurrentiel et innovateur au Canada, il faudra un soutien continu en matière de RD et une collaboration entre les gouvernements, les universités et l'industrie.

Les véhicules CASE nécessiteront probablement des investissements importants dans l'infrastructure

L'utilisation sécuritaire des véhicules CASE pourrait exiger une modernisation importante de l'infrastructure de transport et de communication existante, ainsi qu'une certaine uniformisation des marques routières et de la signalisation à travers les frontières provinciales et territoriales. Autrement, les véhicules CASE pourraient être développés pour utiliser l'infrastructure existante (c.-à-d. ne pas compter sur la V2I pour fonctionner en toute sécurité), bien que la qualité et l'entretien de l'infrastructure existante (p. ex., des lignes visibles séparant les voies) puissent encore limiter à certains lieux l'utilisation de tels véhicules. Le coût de la modernisation, ainsi que les demandes en matière d'entretien, pourrait être plus élevé que ce que beaucoup de municipalités, sinon la plupart, pourront se permettre. La planification de la modernisation de l'infrastructure devra tenir compte de la demande que les véhicules CASE imposeront bientôt à des éléments tels que la connectivité, le réseau de distribution d'électricité et l'entretien des routes. Cependant, la réalisation de telles améliorations exigera une coordination et une coopération entre tous les ordres de gouvernement ainsi que des investissements financiers importants dans la modernisation, la gestion et l'entretien des infrastructures. Actuellement, les essais des véhicules CASE se déroulent en grande partie en milieu urbain; les régions rurales pourraient ne pas disposer des infrastructures nécessaires à leur utilisation sécuritaire pendant un certain temps. Une connectivité insuffisante est déjà un problème dans les régions rurales et pourrait limiter encore davantage l'utilisation des véhicules CASE.

Les véhicules CASE pourraient réduire les revenus provenant des frais de stationnement et des contraventions de stationnement pour les municipalités, mais de nouvelles sources de revenus, telles que la tarification de la congestion routière et les péages pour véhicules à occupant unique ou à faible taux d'occupation, pourraient aider à payer les infrastructures et encourager des comportements qui réduisent la congestion routière. Il est toutefois peu probable que de nouvelles sources de revenus soient suffisantes pour couvrir les coûts d'infrastructure. Les partenariats public-privé constituent une option à l'étude

aujourd'hui, bien qu'ils ne soient pas sans compromis. De plus, il est difficile d'évaluer dans quelle mesure les investissements dans l'infrastructure seront nécessaires pour assurer une utilisation sécuritaire des véhicules autonomes; ces besoins en investissements pourraient limiter encore davantage la disponibilité des véhicules CASE à des quartiers spécifiques des grandes villes.

Les véhicules CASE ne réduiront pas à eux seuls la congestion routière

La solution à la congestion routière existe déjà : réduire le nombre de véhicules sur la route. Les politiques qui encouragent le covoiturage ou le conavettage, l'utilisation des transports en commun et le transport actif, et qui découragent les déplacements dans des véhicules personnels à occupant unique, peuvent réduire la congestion routière sans qu'il soit nécessaire d'automatiser davantage la conduite. Les possibilités d'améliorer la gestion de la circulation se multiplient étant donné la part croissante des véhicules connectés circulant sur les routes au Canada. À mesure que les niveaux d'automatisation deviendront plus élevés, les véhicules CASE pourraient permettre aux ingénieurs des transports de modifier la largeur des voies, les limites de vitesse, le stationnement, l'accès aux bordures de trottoir et d'autres facteurs de conception afin de promouvoir le transport actif (le vélo, la marche) et les espaces publics (les parcs, les voies piétonnières) et d'augmenter le désir de vivre dans certains quartiers.

La responsabilité et la faute dans les collisions impliquant des véhicules CASE doivent être résolues pour que la conduite automatisée devienne plus répandue

Les lois et règlements en vigueur sur la détermination de la responsabilité et de la faute dans les collisions de véhicules automobiles devront être révisés et mis à jour avec la prévalence accrue de la technologie de conduite automatisée. Alors que l'amélioration de la sécurité des véhicules CASE devrait entraîner une baisse des primes d'assurance automobile à long terme, les primes pourraient en fait augmenter au cours des 10 prochaines années en raison de l'augmentation du coût des réparations, des problèmes technologiques initiaux et de la combinaison de la conduite humaine et automatisée, en particulier avec l'automatisation de niveau 3 selon l'échelle de la SAE. Le changement en matière de responsabilité, des conducteurs humains à la technologie automatisée, pourrait obliger les personnes blessées dans des collisions impliquant des véhicules CASE à demander une indemnisation dans le cadre d'un litige en responsabilité du fait des produits, qui prend généralement plusieurs années de plus à résoudre et qui est plus complexe qu'un litige traditionnel en responsabilité civile automobile.

Les nouvelles technologies automobiles nécessiteront de nouvelles normes de sécurité

La promesse qu'offrent les véhicules autonomes de réduire considérablement les collisions causant des blessures et des décès dépend de systèmes de conduite automatisée plus performants que les conducteurs humains et de l'adoption massive des véhicules CASE sur les routes dans les régions urbaines et rurales. L'éventualité d'une combinaison de véhicules autonomes et humains sur les routes, et en particulier la combinaison de systèmes de conduite automatisée et de conducteurs humains dans le même véhicule (niveau 3 selon l'échelle de la SAE), pourrait mener à de pires résultats en matière de sécurité routière au cours des prochaines décennies. Parmi les domaines d'intérêt particulier pour les organismes de réglementation figurent :

- **Les normes de sécurité des véhicules :** La réglementation devra être flexible et dynamique pour refléter l'évolution des technologies. Le gouvernement fédéral a élaboré des documents d'orientation pour l'essai en toute sécurité des véhicules CASE sans fixer d'exigences réglementaires particulières; cependant, le Canada suivra probablement les États-Unis, l'Europe et l'Asie lors de l'élaboration de règlements, en raison de la nécessité d'une harmonisation transfrontalière en matière de conception et de sécurité des véhicules.
- **La sécurité routière et le Code de la route :** Au cours des 10 prochaines années, cette réglementation pourrait être mise à jour pour refléter la disponibilité de fonctionnalités avancées d'aide à la conduite dans tous les nouveaux véhicules, ou imposer l'utilisation de solutions technologiques existantes pour faciliter son application (comme les limiteurs de vitesse et les antidémarreurs éthylométriques).
- **La formation et l'éducation des conducteurs :** À mesure que les véhicules CASE deviendront plus répandus et disposeront de niveaux d'automatisation plus élevés, des approches révisées en matière d'éducation et de formation des conducteurs seront nécessaires, ainsi que des exigences d'octroi de permis révisées, afin de veiller à ce que les conducteurs adoptent un comportement de conduite approprié aux différents niveaux d'automatisation.

Des améliorations en matière de sécurité grâce aux avancées technologiques sont aujourd'hui possibles avec un SAAC. Les initiatives visant à encourager l'adoption et l'utilisation d'un SAAC, telles que des incitations fiscales, des programmes de sensibilisation et des mises à jour de l'octroi de permis de conduire, pourraient réduire le nombre de collisions. De plus, le fait de rendre obligatoire l'inclusion des technologies des SAAC dans tous les nouveaux véhicules pourrait contribuer à rendre les routes plus sécuritaires dans les décennies à venir. De telles améliorations de la sécurité routière ne nécessiteraient pas d'attendre que les véhicules entièrement

autonomes deviennent largement disponibles et offriraient des avantages aux véhicules circulant régulièrement à l'extérieur des centres urbains.

Les véhicules CASE exacerbent les préoccupations en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité

Les technologies qui collectent et analysent les renseignements personnels devancent actuellement l'élaboration de normes et d'une réglementation en matière de protection de la vie privée et de cybersécurité en ce qui concerne le consentement éclairé et la collecte de données pour les véhicules CASE. Les questions liées à la propriété, à l'accès et au contrôle des données doivent être clairement définies au moyen de normes de l'industrie volontairement adoptées, ou de lois ou règlements imposés par le gouvernement. De plus, les constructeurs et développeurs de véhicules CASE devront mettre au point des pratiques de collecte et de gestion de données qui respectent différentes lois sur la protection de la vie privée dans différents pays. Les revendications concurrentes de propriété des données, ainsi que les volumes sans précédent et les nouveaux types de données, exacerbent les risques en matière de protection de la vie privée s'il n'existe pas de directives claires pour résoudre les différends. La connectivité entre les véhicules CASE et sur l'Internet des objets accroît l'urgence de traiter les questions de protection de la vie privée et de droits de la personne dans l'espace numérique. L'accumulation progressive de pratiques apparemment insignifiantes de collecte et d'utilisation des données par de nombreux acteurs différents, bien que potentiellement légale, peut, de manière collective, présenter une menace sérieuse à la vie privée. La confidentialité programmée pourrait devenir un cadre important pour la protection proactive des renseignements personnels.

Des mesures insuffisantes en matière de cybersécurité peuvent entraîner des risques uniques pour la sécurité dans le cas des véhicules CASE. Il est possible que des acteurs malveillants prennent le contrôle d'un véhicule CASE pour causer des dommages. De plus, les communications V2V pourraient permettre le contrôle de plusieurs véhicules simultanément. De telles attaques pourraient être flagrantes (p. ex., provoquer des collisions) ou insidieuses (p. ex., dérouter des véhicules, perturber la circulation, désactiver des capteurs). Les données générées par les véhicules CASE pourraient être utilisées pour le vol d'identité, la surveillance, le chantage et d'autres types de préjudices aux passagers. Puisque la technologie est à la fois complexe et encore en développement, il est difficile de prévoir les vulnérabilités et d'établir des normes et des protocoles de sécurité. Des défis supplémentaires se posent également lorsqu'il s'agit de concevoir des protocoles de sécurité compatibles avec les différents véhicules et plateformes, ainsi qu'applicables, potentiellement, à des millions de véhicules.

Le succès sur le marché des véhicules CASE exigera de nouvelles compétences et formations

L'automatisation et l'IA susciteront des besoins de formation professionnelle et d'éducation pour une grande partie de la main-d'œuvre canadienne. De nombreux emplois dans le secteur de la fabrication seront affectés par l'automatisation, ce qui nécessitera une amélioration des compétences des travailleurs occupant un emploi dans les domaines du développement de logiciels et de l'ingénierie et la planification des transports, ainsi qu'un soutien pour ceux pour qui l'amélioration des compétences n'est pas une option raisonnable. À mesure que les services de mobilité partagée remplaceront les véhicules personnels en tant que principal mode de transport, la main-d'œuvre du transport délaissera les emplois de chauffeurs pour passer à ceux d'opérateurs de sécurité et d'agents du service à la clientèle. Les gens de métier, comme les mécaniciens, auront besoin d'une formation sur les compétences nécessaires pour entretenir les véhicules CASE. L'investissement dans l'éducation et la formation professionnelle, et, surtout, dans les programmes d'apprentissage continu relatifs aux véhicules CASE (p. ex., l'informatique, le génie électrique, les TIC), aidera à faire en sorte que la main-d'œuvre canadienne demeure un atout pour les entreprises du monde entier, tout en aidant la main-d'œuvre existante à faire la transition vers de nouvelles possibilités à mesure qu'elles se présenteront. Lorsque les navettes, les taxis et les autobus CASE commenceront à remplacer les véhicules conduits par des humains, on peut s'attendre à des pertes d'emplois pour les chauffeurs dans l'industrie des services de transport. Cependant, les pertes d'emplois dans le domaine du camionnage commercial pourraient être limitées étant donné la pénurie actuelle de camionneurs au Canada. Quoi qu'il en soit, les programmes d'éducation, de remise à niveau de l'éducation et d'apprentissage continu visant à s'assurer que les travailleurs possèdent et entretiennent les compétences technologiques nécessaires pour contribuer à l'économie des véhicules CASE représenteront un atout dans divers secteurs, notamment les TIC, la fabrication d'automobiles et de pièces, le marché des pièces de rechange et des services de réparation, l'infodivertissement, l'ingénierie des transports, et les assurances et le financement.

8.3 Population canadienne

Quelles répercussions économiques, sociales et environnementales ces tendances technologiques auront-elles sur la population canadienne?

Les véhicules CASE pourraient améliorer l'accessibilité pour les Canadiens vivant en milieu urbain

La majorité de la population canadienne compte sur les véhicules personnels comme principal mode de transport. Un manque d'accès à un véhicule personnel, que ce soit en raison de l'âge, des capacités ou des finances, limite considérablement l'accès à l'emploi, aux rendez-vous médicaux, aux épiceries, aux événements sociaux, à l'éducation et à la participation à la société civile. Un possible avantage important des véhicules CASE réside dans la réduction du besoin d'acheter et d'entretenir un véhicule pour accéder à la mobilité à la demande. Cependant, la disponibilité de ces véhicules à elle seule n'améliorera pas nécessairement la mobilité; sans mesures de soutien du transport en commun et du transport actif, les véhicules CASE augmenteront probablement le nombre de véhicules sur la route et mèneront à de pires services de mobilité par rapport à aujourd'hui.

Au cours des 10 prochaines années, les résidents de villes comme Toronto, Montréal, Edmonton et Vancouver peuvent s'attendre à se déplacer dans une navette sans conducteur à basse vitesse ou, peut-être, à héler un taxi sans chauffeur. Ces véhicules seront probablement limités à des itinéraires prédéterminés dans des conditions météorologiques favorables. Il est peu probable que la plupart des personnes vivant à l'extérieur des régions métropolitaines de recensement soient grandement touchées par les véhicules CASE dans la prochaine décennie.

L'équité en matière de mobilité dépendra des coûts d'accès, de la conception et de la disponibilité des véhicules CASE

En éliminant le besoin de conducteurs humains, la diffusion des navettes et des taxis CASE améliorera probablement l'accessibilité pour les aînés, les personnes handicapées, et les enfants et les jeunes. Cependant, les personnes qui ne peuvent pas avoir accès aux véhicules CASE pour des raisons économiques ou géographiques pourraient percevoir leur mobilité comme de plus en plus limitée si les options de mobilité dans les régions rurales deviennent relativement plus coûteuses (c.-à-d. à mesure que les coûts des véhicules personnels augmenteront), surtout si on les compare à celles disponibles dans les régions urbaines (p. ex., le transport actif, la micromobilité, le transport en commun, les services de voiturage). La mobilité

à la demande sans la contrainte d'un conducteur pourrait mener à une plus grande décentralisation et spécialisation des quartiers; les véhicules CASE pourraient par ailleurs être l'occasion pour les centres urbains de devenir des lieux de vie plus attrayants et plus rentables, avec un meilleur accès aux services de mobilité autonome, aux infrastructures de transport actif et au transport en commun. En fin de compte, l'accès équitable à la mobilité dépendra du coût d'utilisation des véhicules CASE, de la conception des véhicules et des systèmes de mobilité partagée, ainsi que de la mesure dans laquelle les véhicules CASE seront accessibles dans tous les quartiers et les régions rurales.

Les véhicules CASE peuvent accroître la vulnérabilité aux atteintes à la vie privée et aux risques relatifs à la cybersécurité

Les véhicules connectés sont déjà relativement courants au Canada aujourd'hui et deviendront omniprésents au cours de la prochaine décennie. Les véhicules CASE font partie d'un Internet des objets en pleine croissance qui génère et recueille déjà de grandes quantités de données, y compris des renseignements personnels, souvent sans le consentement explicite des utilisateurs ou sans qu'ils en aient conscience. Les volumes sans précédent et les nouveaux types de données colligées par les véhicules CASE représentent une menace sérieuse pour la vie privée et la cybersécurité des conducteurs, des propriétaires et des passagers des véhicules. Les données recueillies ou générées par les véhicules au Canada pourraient être transmises et stockées à l'extérieur du Canada, et consultées ou utilisées par des entreprises et des gouvernements étrangers pour identifier des personnes au Canada et prédire leur comportement. La compatibilité et la conception partagée des plateformes de cybersécurité laissent présager des vulnérabilités importantes dans l'avenir. De plus, comme les véhicules CASE restent des véhicules, des mesures de cybersécurité insuffisantes peuvent entraîner des risques uniques en matière de sécurité publique et privée.

Les avantages environnementaux des véhicules CASE dépendent de l'évolution des comportements de mobilité

Les comportements de mobilité qui réduisent le nombre total de KVP (p. ex., le covoiturage, le transport actif, le transport en commun) sont essentiels pour améliorer la qualité de l'air, la congestion routière et la santé publique au Canada. Même si l'électrification permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre et les autres émissions d'échappement de façon importante, les émissions autres que celles du tuyau d'échappement pourraient augmenter si les véhicules CASE génèrent une augmentation de la demande de transport. Les systèmes de conduite automatisée conduiront probablement de manière plus efficace que les gens,

réduisant ainsi les émissions du trafic discontinu, bien que la combinaison des deux puisse faire en sorte que les gens conduisent moins efficacement pour éviter d'être coincés derrière des véhicules CASE se déplaçant plus tranquillement. L'extraction et le traitement des matières premières, la production et le recyclage des batteries, et les émissions provenant de la fabrication des véhicules seront des sources permanentes de pollution nécessitant des mesures d'atténuation et créant une demande de restauration écologique. De plus, les émissions engendrées par la production d'électricité pourraient neutraliser les réductions d'émissions résultant de l'électrification, selon la réponse à la demande d'électricité ou de piles à combustible. Le recyclage des batteries et des piles à combustible est source d'incertitude, le potentiel d'augmentation de la demande de ces services dépassant la capacité de ce secteur. Des données provenant d'autres pays suggèrent que l'électrification des véhicules personnels sera lente sans mesures incitatives pour encourager les achats des consommateurs, ou si les véhicules électriques ne sont pas intégrés dans les parcs de véhicules gouvernementaux et commerciaux et les transports en commun.

Les véhicules CASE pourraient améliorer la sécurité routière en réduisant l'erreur humaine

La majorité des collisions sont dues à l'erreur humaine, comme la fatigue, la vitesse, l'inexpérience, l'inattention, la distraction, les erreurs d'exécution et les facultés affaiblies. Les systèmes avancés d'aide à la conduite, tels que les alertes de franchissement involontaire de ligne et le freinage d'urgence, se sont révélés efficaces pour réduire les taux de collision. Des essais de sécurité des véhicules CASE sont en cours, et il reste des défis de taille à relever pour démontrer une amélioration de la sécurité par rapport aux conducteurs humains et développer des approches normalisées en matière d'analyse des données de sécurité. Il est également nécessaire d'améliorer la collecte de données et le signalement des collisions impliquant des véhicules conventionnels afin de fournir des informations adéquates pour comparer les véhicules autonomes et les conducteurs humains et d'élaborer des normes appropriées. La combinaison de conducteurs humains et de véhicules autonomes crée une incertitude concernant les estimations en matière d'améliorations de la sécurité routière. De plus, les véhicules qui possèdent une automatisation de niveau 3 selon l'échelle du SAE, dans le cadre de laquelle les humains doivent être attentifs et capables de prendre le contrôle du véhicule lorsqu'il circule de manière autonome, représentent un défi particulier en matière de sécurité que de nombreux experts recommandent d'éviter complètement.

8.4 Réflexions finales du comité d'experts

La pleine réalisation du potentiel des véhicules CASE pour améliorer la sécurité, réduire le temps de transport, préserver l'environnement et stimuler la croissance de l'économie dépend de la préparation du gouvernement, ainsi que de l'action de l'industrie et du public, pour relever les défis potentiels et tirer parti des possibilités. Les problèmes auxquels sont confrontés le développement et le déploiement des véhicules CASE sont complexes; pour les résoudre, il faudra des interactions et une prise de décisions coordonnées entre les instances gouvernementales à tous les niveaux, ainsi qu'avec les acteurs de l'industrie, les associations et les organisations internationales concernés. Les développements technologiques qui font progresser les véhicules CASE seront probablement plus rapides que les réponses sociales aux défis qu'ils posent — y compris les défis en matière de protection de la vie privée, de pertes d'emplois et d'équité —, nécessitant une gouvernance efficace et des mises à jour fréquentes des politiques et règlements.

Avant que les véhicules autonomes ne deviennent omniprésents sur les routes canadiennes, il y aura des périodes de transition où les conducteurs humains et la conduite automatisée coexisteront, parfois dans le même véhicule et potentiellement sur les mêmes routes. Le déploiement des véhicules CASE au Canada sera fragmenté au fil du temps et en fonction de l'emplacement géographique, les centres urbains constituant les premiers terrains d'essai pour un déploiement commercial. Le comité d'experts considère ces périodes de transition, en particulier les 10 prochaines années, comme le défi le plus important pour la sécurité des transports. La conception des véhicules CASE s'effectuant à l'extérieur du Canada, le petit marché et l'environnement réglementaire du pays ne seront pas une considération importante. Cette réalité pose des défis pour la réglementation de la sécurité des véhicules et de la protection des données et, de l'avis du comité, exige que les normes canadiennes de sécurité et de conception des véhicules concordent avec les normes du département des Transports et de la NHTSA des États-Unis.

Si le Canada veut se préparer au déploiement des véhicules CASE, tous les ordres de gouvernement devront tenir compte des besoins futurs des véhicules CASE en matière d'infrastructure dans la conception et le développement des projets d'infrastructure actuels. Toute infrastructure nouvellement construite pourrait rapidement devenir obsolète si elle n'est pas construite en tenant compte des véhicules CASE. Cependant, il n'existe pas d'approche universelle, et des politiques particulières seront probablement nécessaires pour cibler différents types de besoins en infrastructure de transport dans différentes régions (c.-à-d. les régions urbaines, suburbaines, rurales et éloignées). Les choix en matière de planification

concernant la largeur des voies, les limites de vitesse, le stationnement, l'accès aux bordures de trottoir et d'autres facteurs de conception pourraient favoriser le transport actif (le vélo, la marche) et les espaces publics (les parcs, les voies piétonnières). Les taxes en fonction du taux d'occupation des véhicules, les taxes sur la congestion routière, les subventions à la mobilité partagée, le zonage des quartiers densément peuplés, la réduction du nombre de places de stationnement et l'investissement dans le transport en commun peuvent aider à promouvoir les services de mobilité partagée plutôt que la possession de véhicules personnels.

Enfin, la promesse des véhicules CASE — celle d'une mobilité plus rapide, plus sécuritaire et plus respectueuse de l'environnement pour tout le monde — ne pourra se concrétiser au Canada sans l'intervention des gouvernements et sans politiques visant à encourager les comportements souhaités au sein de l'industrie et chez les particuliers, ni sans la confiance et l'acceptation du public relativement à ces nouvelles technologies. Les avantages économiques, sociaux et environnementaux d'une plus grande accessibilité pourraient être difficiles à réaliser sans politiques et réglementation qui soutiennent l'équité en matière de transport et l'intégration des options de transport en commun et de transport actif dans les services de mobilité. Le comité d'experts espère que les incidences présentées dans ce rapport pourront aider à orienter les efforts visant à prioriser les politiques et la réglementation compte tenu des progrès rapides que connaissent les technologies de véhicules CASE au Canada.

Postface : Véhicules CASE et COVID-19

Alors que les délibérations du comité d'experts, qui se sont étendues sur un an, étaient bien entamées, le monde a connu l'émergence généralisée de la COVID-19, ce qui soulève des questions fondamentales concernant l'incidence potentielle de la pandémie sur les hypothèses et les constatations du rapport. Le comité reconnaît que la pandémie aura sans aucun doute des conséquences importantes sur l'industrie des véhicules CASE, les choix de mobilité de la population canadienne et les politiques gouvernementales concernant les véhicules CASE, non seulement à court terme, mais également au cours des 10 prochaines années, ce qui représente l'horizon d'étude du rapport. Bien qu'il y ait encore peu de données probantes fiables disponibles pour justifier son inclusion dans le rapport, le comité a convenu que le sujet méritait une attention particulière au moyen du présent addenda. Ce qui suit constitue un résumé des discussions préliminaires sur le sujet, dont la plupart ont été rapportées dans les médias, dans le but de déterminer le profil général des répercussions potentielles de la COVID-19 sur les véhicules CASE.

La COVID-19 est susceptible d'avoir une incidence négative sur l'industrie des véhicules CASE, du moins à court terme

Comme c'est le cas pour de nombreuses autres industries, la pandémie est susceptible d'avoir une incidence négative sur l'industrie des véhicules autonomes, du moins à court terme (Abadi et VanderVeer, 2020; Tchir, 2020). Certaines entreprises de véhicules autonomes ferment leurs portes, d'autres sont vendues, et des membres de leur personnel ont été mis à pied (Metz et Griffith, 2020). Les investissements de capitaux dans les entreprises de véhicules autonomes pourraient devenir plus difficiles à obtenir (Metz et Griffith, 2020; Muller, 2020), et les fusions dans l'industrie pourraient être accélérées à court terme (Muller, 2020). Plusieurs entreprises ont temporairement suspendu ou reporté les essais sur route de véhicules autonomes (Metz et Griffith, 2020), et les chefs de file de l'industrie conviennent généralement que la pandémie a eu une incidence négative sur les essais de véhicules autonomes (Oliver, 2020). À terme, la COVID19 est susceptible de retarder le déploiement des véhicules autonomes (Hall, 2020).

La pandémie pourrait ralentir l'adoption des VÉ, car les prix du carburant ont diminué; les véhicules électriques coûtent actuellement plus cher que les véhicules conventionnels, et les constructeurs automobiles pourraient être réticents à investir pour passer à la production de VÉ en période de ralentissement économique (Ewing, 2020). Les confinements durant la pandémie ont démontré l'incidence que les véhicules sans émissions d'échappement pourraient avoir sur l'environnement : l'oxyde d'azote et les particules ultrafines associées aux émissions des véhicules ont fortement diminué — environ de moitié — dans le centre-ville de Toronto (Xing, 2020). Des réductions similaires d'émissions d'oxyde d'azote ont été constatées dans d'autres études (Sarabia, 2020a). Il a été suggéré que l'infrastructure pour les VÉ (p. ex., les bornes de recharge) pourrait être un investissement gouvernemental efficace pour la reprise post-COVID (Sarabia, 2020b), car elle soutiendrait à la fois la reprise économique et aiderait à atteindre les objectifs politiques préexistants. En outre, l'industrie automobile est plus optimiste quant à l'avenir des VÉ, compte tenu de la maturité relative de la technologie et des mesures incitatives favorables aux VÉ du cadre réglementaire actuel (Hall, 2020).

La COVID-19 a amené certaines entreprises de mobilité partagée à se tourner vers les services de livraison

La pandémie a eu une incidence négative sur l'industrie de la mobilité partagée. L'utilisation de l'autopartage, des services de voiturage et de la micromobilité a diminué de manière importante au printemps 2020 en raison des confinements et des préoccupations concernant la distanciation sociale et la transmission du virus (Ewing, 2020; movmi, 2020). Ford a reporté le lancement de son service de taxi autonome à 2022 en raison des défis économiques et de comportements liés à la pandémie (Metz et Griffith, 2020; O'Kane, 2020), et GM a cessé définitivement les activités de son service d'autopartage (Hall, 2020). La pandémie a accéléré la consolidation de l'industrie des fournisseurs de services de mobilité partagée (Audenhove *et al.*, 2020).

Cependant, la pandémie a également incité plusieurs entreprises de mobilité partagée à délaisser le transport personnel pour se tourner vers les services de livraison (Hall, 2020; movmi, 2020; SkedGo, 2020). Des véhicules de livraison autonomes ont été utilisés pour la nourriture, les fournitures médicales et les produits de consommation, car ils offrent un moyen de livrer des biens essentiels tout en réduisant le contact potentiel de personne à personne (Abadi et VanderVeer, 2020; Fitzgerald, 2020; Muller, 2020; Tchir, 2020). Il est possible qu'à long terme, la COVID-19 puisse inciter à la fois les entreprises de mobilité partagée et de véhicules autonomes à mettre davantage l'accent sur les services de livraison que sur le transport personnel (Abadi et VanderVeer, 2020; Lienert et Lee, 2020).

La COVID-19 a influencé les choix de mobilité de la population canadienne

La COVID-19 a eu une incidence considérable sur les choix de mobilité, et la mobilité globale a considérablement diminué à mesure que les gens ont évité de voyager et limité le temps passé à l'extérieur de leur domicile (Audenhove *et al.*, 2020; Phillips et Rickmers, 2020). La santé et la sécurité sont devenues les facteurs les plus importants à prendre en compte lors de la prise de décisions en matière de transport pendant la pandémie (Phillips et Rickmers, 2020), puisque les navetteurs recherchent des options de mobilité qui réduisent leur risque d'infection virale (Audenhove *et al.*, 2020). Les préoccupations concernant la propreté et la distanciation sociale sont devenues des facteurs importants dans la prise de décisions concernant les modes de transport. Uber et Lyft ont cessé d'offrir des courses partagées (le conavettage) en raison de préoccupations liées à la transmission du virus (Ewing, 2020; movmi, 2020), et la volonté des navetteurs de partager des courses avec des étrangers a considérablement diminué, du moins à court terme. La pandémie a également entraîné une transition vers des options de transport individuel telles que les véhicules personnels et le vélo, tandis que l'utilisation des transports en commun a fortement diminué (Phillips et Rickmers, 2020); cette tendance est susceptible de se poursuivre dans un monde post-COVID (Audenhove *et al.*, 2020). Certaines observations portent toutefois à croire que la pandémie pourrait avoir accru l'intérêt du public pour les véhicules autonomes (Motional, 2020).

Les services de mobilité partagée étant devenus moins attrayants pendant la pandémie, la viabilité de la mobilité future basée sur les véhicules CASE, comme les taxis sans chauffeur et les navettes autonomes, pourrait être réexaminée (Muller, 2020). L'autodésinfection deviendra une tâche importante pour ces véhicules (Harper, 2020; movmi, 2020); parmi les méthodes possibles figurent les désinfectants par vaporisation, l'éclairage UV et les matériaux antimicrobiens, ainsi que le remplacement des écrans tactiles par la commande vocale (Muller, 2020). De même, les préoccupations liées à la santé et à la sécurité ont entraîné des changements dans les transports en commun, comme un nettoyage et une désinfection accrus, des écrans de protection, des filtres à air améliorés et une configuration des sièges moins dense (SkedGo, 2020).

La COVID-19 pourrait offrir aux gouvernements la possibilité de « reconstruire en mieux » avec les véhicules CASE

En fin de compte, la pandémie pourrait aider à mettre en évidence et à clarifier les cas d'utilisation les plus plausibles des véhicules CASE et à attirer l'attention sur le rôle et la fonction des véhicules CASE dans le soutien des infrastructures de transport essentielles (Abadi et VanderVeer, 2020). La COVID-19 pourrait inciter les gouvernements à lever les obstacles réglementaires au déploiement des véhicules CASE, ainsi que ceux liés à la planification de l'infrastructure et de l'urbanisme pour les véhicules CASE (Abadi et VanderVeer, 2020; Audenhove *et al.*, 2020). En outre, les incidences de la pandémie sur la mobilité et les systèmes de transport pourraient présenter une occasion pour les commissions de transport de repenser les systèmes de mobilité pour mettre davantage l'accent sur la MaaS (Serafimova, 2020; SkedGo, 2020). Cependant, la pandémie a probablement eu une incidence négative sur l'extensibilité du développement de la MaaS à court terme en raison de l'effondrement de la demande de transport en commun et de mobilité partagée (Audenhove *et al.*, 2020). La pandémie pourrait également inciter le gouvernement à élaborer des politiques et des règlements pour l'utilisation et le partage des données de transport (Audenhove *et al.*, 2020). En effet, des systèmes de mobilité intégrée qui fournissent aux utilisateurs des données sur les niveaux d'affluence, le temps de déplacement et la fréquence de nettoyage des transports en commun pourraient aider les utilisateurs à mieux gérer leur transport dans un monde post-COVID (SkedGo, 2020). La pandémie pourrait également motiver les gouvernements à lutter contre les inégalités socioéconomiques, raciales et entre les sexes qui se reflètent dans le transport et qui ont été exacerbées par la COVID19 (Audenhove *et al.*, 2020; Mayaud, 2020). Comme il a été mentionné précédemment, les investissements dans l'infrastructure des véhicules électriques pourraient être mis à profit pour soutenir la reprise économique et réduire les émissions liées au transport.

Références

2getthere, 2018. Rivium. Adresse : https://www.2getthere.eu/category/timeline/rivium/ (consulté en juillet 2020).

AAA – American Automobile Association, 2019. *AAA Electric Vehicle Range Testing*, Orlando, FL, AAA.

AAAA – Australian Automotive Aftermarket Association, 2019. New Mandatory Data Sharing Law to Transform Automotive Repair Industry. Adresse : https://www.aaaa.com.au/news/new-mandatory-data-sharing-law-to-transform-automotive-repair-industry/ (consulté en novembre 2019).

Abadi, M. et E. VanderVeer, 2020. Le transport autonome au temps de la COVID-19. Adresse : https://p.blg.com/le-transport-autonome-au-temps-de-la-covid-19 (consulté en juin 2020).

Abe, R., 2019. « Introducing autonomous buses and taxis: Quantifying the potential benefits in Japanese transportation systems », *Transportation Research Part A*, vol. 126, p. 94-113.

Abotalebi, E., D. M. Scott, et M. R. Ferguson, 2019. « Can Canadian households benefit economically from purchasing battery electric vehicles? », *Transportation Research Part D*, vol. 77, p. 292-302.

Abuelsamid, S., 2019. « Argo AI And Waymo Release Automated Driving Data Sets », *Forbes* (19 juin).

Accenture Stratégie, 2018. *En route vers l'innovation – La place du Canada dans la course vers le 5G*, Toronto, ON, Accenture Stratégie.

ACEA – European Automobile Manufacturers Association, 2017. *ACEA Principles of Automobile Cybersecurity*, Bruxelles, Belgique, ACEA.

Acheampong, R. A., N. Thomoupolos, K. Marten, E. Beyazit, F. Cugurullo, et I. Dusparic, 2018. *Literature Review on the Social Challenges of Autonomous Transport*, Dublin, Irlande, Trinity College Dublin.

Ackermann, C., M. Beggiato, S. Schubert, et J. F. Krems, 2019. « An experimental study to investigate design and assessment criteria: What is important for communication between pedestrians and automated vehicles? », *Applied Ergonomics*, vol. 75, p. 272-282.

ACPA – l'Association canadienne des professionnels de l'automobile, 2009. *Entente Relative À La Norme Canadienne Visant Les Renseignements Sur L'entretien Des Véhicules Automobiles*, Ottawa, ON, L'association des fabricants internationaux d'automobiles du Canada; Association canadienne des constructeurs de véhicules; APCA.

ACTI – Association Canadienne de la Technologie de L'Information, 2018. *Developing a Data-Driven Digital Economy in Canada*, Ottawa, ON, ACTI.

ACTU – Association canadienne du transport urbain, 2016. *Ontario Urban Transit Fact Book: 2015 Operating Data*, Toronto, ON, ACTU.

ACTU – Association canadienne du transport urbain, 2017. *Boîte à outils pour la mise en oeuvre de la mobilité intégrée*, Toronto, ON, ACTU.

Ades, J., P. Apparicio, et A.-M. Ségui, 2016. « Is poverty concentration expanding to the suburbs? Analyzing the intra-metropolitan poverty distribution and its change in Montréal, Toronto and Vancouver », *Canadian Journal of Regional Science*, vol. 39, n°1/3, p. 23-37.

Adler, A., 2019. « Real-World Value of Truck Platooning Questioned as Support Wanes », *Trucks.com* (26 février).

AIA Canada – Association des industries de l'automobile du Canada, 2017. *Le context en mutation de l'automobile: une introduction*, Ottawa, ON, AIA Canada.

Alam, M. et M. Habib, 2018. « Investigation of the impacts of shared autonomous vehicle operation in Halifax, Canada using a dynamic traffic microsimulation model », *Procedia Computer Science*, vol. 130, p. 496-503.

Allen, J. et S. Farber, 2019. « Sizing up transportation poverty: A national scale accounting of low-income households suffering from inaccessibility in Canada, and what to do about it », *Transport Policy*, vol. 74, p. 214-223.

Amazon, 2020. Amazon Flex. Adresse : https://flex.amazon.ca/ (consulté en août 2020).

Anania, E. C., S. Rice, S. R. Winter, M. N. Milner, N. W. Walters, et M. Pierce, 2018. « Why people are not willing to let their children ride in driverless school buses: A gender and nationality comparison », *Social Sciences*, vol. 7, n°34, p. 1-17.

Anderson, B., M. Leardi-Anderson, et L. Tannous, 2018. Automated Trucking and Border Crossings, Windsor, ON, Cross-Border Institute.

Anderson, J. M., N. Kalra, K. D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, et T. A. Oluwatola, 2014. « The Promise and Perils of Autonomous Vehicle Technology », dans Anderson, J. M., N. Kalra, K. D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, et T. A. Oluwatola , (réd.), *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*, Santa Monica, Californie, RAND Corporation.

Anderson, J. M., N. Kalra, K. D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, et O. A. Oluwatola, 2016. *Automated Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*, Santa Monica, CA, The RAND Corporation.

Andriole, S., 2018. Apple, Google, Microsoft, Amazon and Facebook Own Huge Market Shares = Technology Oligarchy. Adresse : https://www.forbes.com/sites/steveandriole/2018/09/26/apple-google-microsoft-amazon-and-facebook-own-huge-market-shares-technology-oligarchy/ (consulté en janvier 2020).

Andwari, A. M., A. Pesiridis, S. Rajoo, R. Martinez-Botas, et V. Esfahanian, 2017. « A review of battery electric vehicle technology and readiness levels », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, p. 414-430.

Anowar, S., N. Eluru, et L. Miranda-Moreno, 2016. « Analysis of vehicle ownership evolution in Montréal, Canada using pseudo panel analysis », *Transportation*, vol. 43, n°3, p. 531-548.

Arthur, W. B., 1996. « Increasing Returns and the New World of Business », *Harvard Business Review*, vol. 74, n°4, p. 100-109.

Arthur, W. B., 2009. *The Nature of Technology: What it is and How it Evolves*. New York, NY, Free Press.

Association canadienne des carburants, 2017. Quelles sortes de voitures les Canadiens achètent-ils? Ça pourrait vous surprendre. Adresse : https://www.canadianfuels.ca/fr/quoi-de-neuf/quelles-sortes-de-voitures-les-canadiens-achetent-ils-ca-pourrait-vous-surprendre/ (consulté en mars 2019).

Audenhove, F.-J. V., G. Rominger, R. Eagar, J. Pourbaix, E. Dommergues, et J. Carlier, 2020. *Future of Mobility Post-COVID*, Bruxelles, Belgique, Arthur D. Little.

Auto-ISAC, 2019. Auto-ISAC. Adresse : https://www.automotiveisac.com/ (consulté en octobre 2019).

Automotive News, 2019. « North America, Europe and the World: Top Suppliers », *Supplement to Automotive News* (24 juin).

Automotive News, 2019. BYD Launches Electric Bus Output at Ontario Plant. Adresse : https://canada.autonews.com/automakers/byd-launches-electric-bus-output-ontario-plant (consulté en février 2020).

Axsen, J. et M. Wolinetz, 2018. « Reaching 30% plug-in vehicle sales by 2030: Modeling incentive and sales mandate strategies in Canada », *Transportation Research Part D*, vol. 65, p. 596-617.

Azad, M., N. Hoseinzadeh, C. Brakewood, C. R. Cherry, et L. D. Han, 2019. « Fully autonomous buses: A literature review and future research directions », *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2019, p. 4603548.

BAC – Bureau d'assurance du Canada, 2017. Télématique. Adresse : http://www.ibc.ca/fr/on/voiture/assurer-son-auto/primes-dassurance-automobile/t%C3%A9l%C3%A9matique (consulté en novembre 2019).

BAC – Bureau d'assurance du Canada, 2018a. *Assurance automobile des véhicules automatisés : Préparons-nous pour la mobilité de l'avenir*, Toronto, ON, BAC.

BAC – Bureau d'assurance du Canada, 2018b. *2018 Assurances de dommages au Canada*, Toronto, ON, BAC.

Baik, Y., R. Hensley, P. Hertzke, et S. Knupfer, 2019. Making electric vehicles profitable. Adresse : https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/making-electric-vehicles-profitable (consulté en juillet 2020).

Balsillie, J., 2020. *Brief to the Standing Committee on International Trade*, Ottawa, ON, Conseil canadien des innovateurs.

Bankson, A. M., 2017. Uber and Lyft Partner with Boston Transit Agency to Provide On-demand Rides to Disabled Residents. Adresse : https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/uber-and-lyft-partner-boston-transit-agency-to-provide-demand-rides-to-disabled-residents (consulté en octobre 2019).

Beiker, S., F. Hansson, A. Suneson, et M. Uhl, 2016. *How the Convergence of Automotive and Tech Will Create a New Ecosystem*, New York, NY, McKinsey & Company, Inc.

Bennett, J. H., 2019. Autonomous Vehicles: The Future of Road Liability. Adresse : https://kw-law.com/blog/autonomous-vehicles-the-future-of-municipal-road-liability.htm (consulté en juillet 2020).

Bennett, R., R. Vijaygopal, et R. Kottasz, 2019. « Willingness of people with mental health disabilities to travel in driverless vehicles », *Journal of Transport & Health*, vol. 12, p. 1-12.

Bicer, Y. et I. Dincer, 2018. « Life cycle environmental impact assessments and comparisons of alternative fuels for clean vehicles », *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 132, p. 141-157.

Bickis, I., 2019. Canadian Auto Industry's Future Murky in Age of Electric Cars. Adresse : https://www.huffingtonpost.ca/entry/auto-industry-canada__ca__5e021c34e4b05b08babad2a6 (consulté en février 2020).

Birring, G., 2020. 4 Key Takeaways From University of Toronto's 'Benefits of On-demand Transit' Survey. Adresse : https://pantonium.com/4-key-takeaways-from-university-of-torontos-benefits-of-on-demand-transit-in-belleville-survey/ (consulté en juillet 2020).

Bishop, R., 2019. « Is 2020 the Year for Eyes-Off Automated Driving? », *Forbes* (1 octobre).

Blanco, S., 2019. « Truck Platoons Can Save Fuel and Combat a Rising Shortage of Drivers », *Automotive News: Shift Magazine* (21 juillet).

BLG – Borden Ladner Gervais, 2016. *Autonomous Vehicles: Revolutionizing Our World*, Toronto, ON, BLG.

BloombergNEF, 2019. Battery Pack Prices Fall As Market Ramps Up with Market Average At $156/kWh in 2019. Adresse : https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/ (consulté en mars 2020).

Boesch, P. M., F. Ciari, et K. W. Axhausen, 2016. « Autonomous vehicle fleet sizes required to serve different levels of demand », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2542, p. 111-119.

Boisjoly, G., E. Grise, M. Maguire, M. Veillette, R. Deboosere, E. Berrebi, et A. El-Geneidy, 2018. « Invest in the ride: A 14 year longitudinal analysis of the determinants of public transport ridership in 25 North American cities », *Transportation Research*, vol. 116, p. 434-445.

Botello, B., R. Buehler, S. Hankey, Z. Jiang, et A. Mondschein, 2018. « Planning for walking and cycling in an autonomous-vehicle future », *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 1, p. 100012.

Boudway, I. et Bloomberg, 2019. « Waymo, Alphabet›s Self-Driving Taxi Service, Takes the Slow Lane to Customer Acquisition », *Fortune* (8 mai).

Brachmann, S., 2015. « Copyright Office issues DMCA exemptions for automotive software, jailbreaking smart TVs », *IP Watchdog* (9 novembre).

Brail, S., 2018. « From renegade to regulated: The digital platform economy, ride-hailing and the case of Toronto », *Canadian Journal of Urban Research*, vol. 27, n°2, p. 51-64.

Brownson, R. C., T. K. Boehmer, et D. A. Luke, 2005. « Declining rates of physical activity in the United States: What are the contributors? », *Annual Review of Public Health*, vol. 26, p. 421-423.

Brynjolfsson, E. et A. McAfee, 2014. *The Second Machine Age: Work Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York, NY, W. W. Norton & Company.

BSI – British Standards Institution, 2020. *Connected and Automated Vehicles – Vocabulary v2.0 2020.05*, Londres, Royaume-Uni, Centre for Connected and Autonomous Vehicles.

BTS – Bureau of Transportation Statistics, s.d. Average Age of Automobiles and Trucks in Operation in the United States. Adresse : https://www.bts.gov/content/average-age-automobiles-and-trucks-operation-united-states (consulté en août 2019).

Burns, L. D. et C. Shulgan, 2018. *Autonomy: The Quest to Build the Driverless Car and How It Will Reshape Our World*. New York, NY, HarperCollins Publishers.

Burns, L. D., W. C. Jordan, et B. A. Scarborough, 2012. *Transforming Personal Mobility*, New York, NY, The Earth Institute, Columbia University.

CAA – L'Association canadienne des automobilistes, 2019. Vehicules electriques. Adresse : https://www.caa.ca/fr/vehicules-electriques/ (consulté en novembre 2019).

CAA – L'Association canadienne des automobilistes, 2017. Étude spéciale sur les questions techniques et réglementaires liées à l'arrivée des véhicules intelligents, Ottawa, ON, CAA.

Calo, R., 2019. « Commuting to Mars: A response to Professors Abraham and Rabin », *Virginia Law Review Online*, vol. 105, p. 84-90.

CAPC – Conseil du Partenariat du secteur canadien de l'automobile, 2016. Présentation du CPSCA sur une stratégie canadienne de l'innovation, 31 août 2016. Adresse : http://capcinfo.ca/fr/CAPC-Innovation-fr.html (consulté en juillet 2019).

CAR – Center for Automotive Research, 2016. *The Impact of New Mobility Services on the Automotive Industry*, Ann Arbor, MI, CAR.

Carrese, S., M. Nigro, S. M. Patella, et E. Toniolo, 2019. « A preliminary study of the potential impact of autonomous vehicles on residential location in Rome », *Research in Transportation Economics*, vol. 75, p. 55-61.

CASIS – Canadian Automotive Service Information Standard, 2009. *Entente relative à la norme canadienne visant les renseignements sur l'entretien des véhicules automobiles*, Ottawa, ON, Association des fabricants internationaux d'automobiles du Canada, Association canadienne des constructeurs de véhicules et National Automotive Trades Association.

Cavoli, C., B. Phillips, T. Cohen, et P. Jones, 2017. *Social and Behavioural Questions Associated with Automated Vehicles: A Literature Review*, Londres, Royaume-Uni, UK Department of Transport.

Cavoukian, A., 2011. *Privacy by Design: The 7 Foundational Principles*, Toronto, ON, Commissaire à l'information et à la protection de la vie privée de l'Ontario.

CBC News, 2018. Canadians' idea of 'mainstream family' vehicles changing, search data suggests. Adresse : https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/autotrader-top-ten-most-searched-vehicles-suv-truck-car-1.4961475 (consulté en août 2019).

CBC News, 2019. B.C. Transit Switching Entire Fleet to Electric Buses. Adresse : https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/bc-transit-electric-bus-fleet-1.5229665 (consulté en octobre 2019).

CBC News, 2019a. « E-Scooters are Now Available in Montréal. Here's What to Expect », *CBC News* (13 août).

CCA – Conseil des académies canadiennes, 2018. *Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation* : L'état de la R-D au Canada. Ottawa, ON: Comité d'experts sur l'état de la science et de la technologie et de la recherche-développement industrielle au Canada, CCA.

CCATM – Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé, 2016. *Stratégie de sécurité routière (SSR) 2025, Vision zéro : les routes les plus sûres du monde*, Ottawa, ON, CCATM.

CCATM – Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé, 2018. *Lignes directrices aux administrations pour la sécurité des essais et du déploiement des véhicules hautement automatisés*, Ottawa, ON, CCATM.

CCN – Conseil canadien des normes, 2019. F*amille de normes sur la gouvernance des données*. Adresse : https://www.scc.ca/fr/normes/avis-dintention/ciosc/famille-de-normes-sur-la-gouvernance-des-donnees (consulté en juillet 2020).

CE – Commission européenne, 2016. *Règlement général sur la protection des données*, Brussels, Belgique, CE.

CE – Commission européenne, 2019. *Sécurité routière: la Commission se félicite de l'accord dégagé sur de nouvelles règles de l'UE qui contribueront à sauver des vies*, Brussels, Belgique, CE.

CEC – Clean Energy Canada, 2017. *Stuck in Neutral: Tracking the Energy Revolution* 2017, Vancouver, BC, Morris J. Wosk Centre for Dialogue, Simon Fraser University.

CEC – Clean Energy Canada, 2019. *Will Canada Miss the Bus?*, Vancouver, BC, CEC.

CEPI – Comité d'experts en matière de propriété intellectuelle, 2020. *Rapport : La propriété intellectuelle au sein du milieu de l'innovation de l'Ontario*, Toronto, ON, Gouv. de l'ON.

Chan, C.-Y., 2017. « Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems », *International Journal of Transportation Science and Technology*, vol. 6, n°3, p. 208-216.

Chellapilla, K., 2018. Rethinking Maps for Self-Driving. Adresse : https://medium.com/@LyftLevel5/https-medium-com-lyftlevel5-rethinking-maps-for-self-driving-a147c24758d6 (consulté en mai 2019)

Chihuri, S., T. J. Mielenz, C. J. DiMaggio, M. E. Betz, C. DiGuiseppi, V. C. Jones, et G. Li, 2016. « Driving cessation and health outcomes in older adults », *Clinical Investigation*, vol. 64, n°2, p. 332-341.

Chouinard, A. et J.-F. Lécuyer, 2011. « A study of the effectiveness of Electronic Stability Control in Canada », *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, p. 451-460.

Christidis, T., A. Erickson, A. Pappin, D. Crouse, L. Pinault, S. Weichenthal, … M. Brauer, 2019. « The impact of low concentrations of PM air pollution on mortality in the Canadian Community Health Survey-Mortality Cohort », *Environmental Epidemiology*, vol. 18, n°1, p. 84.

Cicchino, J. B., 2018. « Effects of lane departure warning on police-reported crash rates », *Journal of Safety Research*, vol. 66, p. 61-70.

Cicchino, J., 2016. *Effectiveness of Volvo's City Safety Low-Speed Autonomous Emergency Braking System in Reducing Police-Reported Crash Rates*, Arlington, VA, Insurance Institute for Highway Safety.

Ciferri, L., 2017. Dissecting Europe's Automotive Numbers. Adresse : https://europe.autonews.com/article/20170712/BLOG15/170719952/dissecting-europe-s-automotive-numbers (consulté en août 2019).

CIPMA – L'Association canadienne des marchands de pétrole indépendants, 2019. Millenial Ownership of Vehicles in Canada. Adresse : https://www.cipma.org/2018/04/12/millennial-ownership-of-vehicles-in-canada/ (consulté en août 2019).

CIPVP – Commissaire à l'information et à la protection de la vie privée de l'Ontario, 2013. *Privacy By Design*, Toronto, ON, CIPVP.

City of Toronto, 2019. *Automated Vehicles Tactical Plan*, Toronto, ON, City of Toronto Interdivisional Automated Vehicles Working Group.

City of Toronto, 2019. *The Transportation Impact of Vehicle-for-Hire in the City of Toronto*, Toronto, ON, City of Toronto / University of Toronto Transportation Research Institute.

City of Vancouver, 2012. *Transportation 2040: Moving Forward*, Vancouver, BC, City of Vancouver.

City of Vancouver, s.d. Limos, ride-hailing vehicles, and taxis on the street. Adresse : https://vancouver.ca/streets-transportation/limos-ride-hailing-vehicles-and-taxis-on-the-street.aspx (consulté en juillet 2020).

Claypool, H., A. Bin-Nun, et J. Gerlach, 2017. *Self-Driving Cars: The Impact on People with Disabilities*, Boston, MA, Ruderman Family Foundation.

Clements, L. M. et K. M. Kockelman, 2017. « Economic impacts of automated vehicles », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2606, p. 106-114.

Clewlow, R. et G. S. Mishra, 2017. *Shared Mobility: Current Adoption, Use, and Potential Impacts on Travel Behavior*, Washington, DC, Transportation Research Board.

Clewlow, R. R. et G. S. Mishra, 2017. *Disruptive Transportation: The Adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States*, Davis, CA, UC Davis Institute of Transportation Studies.

CNIL – Commission nationale informatique & libertés, 2017. Véhicules connectés : un pack de conformité pour une utilisation responsable des données, Paris, France, CNIL.

Cohen, S. et D. Hopkins, 2019. « Autonomous vehicles and the future of urban tourism », *Annals of Tourism Research*, vol. 74, p. 33-42.

Cohen, S. et S. Shirazi, 2017. *Can we Advance Social Equity with Shared, Autonomous and Electric Vehicles?*, Davis, CA, UC Davis Institute of Transportation Studies.

Collingwood, L., 2017. « Privacy implications and liability issues of autonomous vehicles », *Information & Communications Technology Law*, vol. 26, n°1, p. 32-45.

Collins, M., A. Das, A. Ménard, et D. Patel, 2018. Are you ready for 5G? Adresse : https://www.mckinsey.com/industries/telecommunications/our-insights/are-you-ready-for-5g (consulté en mai 2019)

Conerly, B., 2016. « Self-driving Cars Will Kill Transit-oriented Development », *Forbes* (8 août).

Consumer Reports, 2019. *Clearing the Confusion: Recommended Common Naming for Advanced Driver Assistance Technologies*, Yonkers, NY, American Automobile Association, Consumer Reports, J.D. Power, National Safety Council.

Correia, G., E. d. Looff, S. v. Cranenburgh, M. Snelder, et B. v. Arem, 2019. « On the impact of vehicle automation on the value of travel time while performing work and leisure activities in a car: Theoretical insights and results from a stated preference survey », *Transportation Research Part A*, vol. 119, p. 359-382.

CPVPC – Commissariat à la protection de la vie privée du Canada, 2018. Aperçu des lois sur la protection des renseignements personnels au Canada. Adresse : https://www.priv.gc.ca/fr/sujets-lies-a-la-protection-de-la-vie-privee/lois-sur-la-protection-des-renseignements-personnels-au-canada/02_05_d_15/ (consulté en octobre 2019).

Crane, D., 2018. The AV Challenge Facing Canadian Vehicle Companies. Adresse : https://www.itworldcanada.com/article/the-av-challenge-facing-canadian-vehicle-companies/412434 (consulté en novembre 2019).

Crayton, T. J. et B. J. Meier, 2017. « Autonomous vehicles: Developing a public health research agenda to frame the future of transporation policy », *Journal of Transport & Health*, vol. 6, p. 245-252.

Cregger, J., M. Dawes, S. Fischer, C. Lowenthal, E. Machek, et D. Perlman, 2018. *Low-Speed Automated Shuttles: State of the Practice Final Report*, Washington, DC, John A. Volpe National Transportation Systems Center, U.S. Department of Transportation.

CSPP – Comité de soutien de la politique et de la planification, 2018. *L'avenir des véhicules automatisés au Canada*, Ottawa, ON, Groupe De Travail Du CSPP Sur Les Véhicules Automatisés Et Connectés.

CSPP – Comité de soutien de la politique et de la planification, 2019. *CADRE Stratégique des Véhicules Automatisés et Connectés pour le Canada*, Ottawa, ON, Groupe De Travail Du CSPP Sur Les Véhicules Automatisés Et Connectés.

CSPTC – Comité sénatorial permanant des transports et communications, 2017a. *Proceedings of the Standing Senate Committee on Transport and Communications - Evidence – 4 octobre, 2017*, Ottawa, ON, CSPTC.

CSPTC – Comité sénatorial permanant des transports et communications, 2017b. *Proceedings of the Standing Senate Committee on Transport and Communications: Issue No. 16 - Evidence – 10 mai, 2017*, Ottawa, ON, CSPTC.

CSPTC – Comité sénatorial permanant des transports et communications, 2017c. *Proceedings of the Standing Senate Committee on Transport and Communications: Issue No. 16 - Evidence – 16 mai, 2017*, Ottawa (ON), CSPTC.

CSPTC – Comité sénatorial permanant des transports et communications, 2018. *Paver la voie: Technologie et le future du véhicule automatisé*, Ottawa, ON, CSPTC.

CTV Vancouver Island, 2020. Victoria's first ride hailing service approved. Adresse : https://vancouverisland.ctvnews.ca/victoria-s-first-ride-hailing-service-approved-1.4802307 (consulté en avril 2020).

Cui, J., L. S. Liew, G. Sabaliauskaite, et F. Zhou, 2019. « A review on safety failures, security attacks, and available countermeasures for autonomous vehicles », *Ad Hoc Networks*, vol. 90, p. 101823.

Cusano, J. et M. Costonis, 2017. « Driverless Cars Will Change Auto Insurance. Here's How Insurers Can Adapt », *Harvard Business Review* (5 decembre).

Cutean, A., 2017. *Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada*, Ottawa, ON, Le Conseil des technologies de l'information et des communications

Dana Incorporated, 2019. *Dana Acquires Nordresa, Industry-Leading e-Powertrain Integrator.* Adresse : http://dana.mediaroom.com/2019-08-26-Dana-Acquires-Nordresa-Industry-leading-e-Powertrain-Integrator (consulté en février 2020).

Davidson, R. et R. McLaughlin, 2018. *La technologie 5G : Assurer notre avenir numérique*, Ottawa, ON, Le Conseil des technologies de l'information et des communications

Davies, A., 2018. « How Do Self-Driving Cars See? (And How Do They See Me)? », *Wired* (8 novembre)

DC DDOT – DC Disctrict Department of Transportation, s.d. *Curbside Management Case Study*, Washington, DC, DC DDOT.

de Beer, J., 2020. *International Intellectual Property after the New NAFTA*, Waterloo, ON, Centre for International Governance Innovation.

de Looff, E., G. Correia, S. v. Cranenburgh, M. Snelder, et B. v. Arem, 2018. *Potential Changes in Value of Travel Time as a Result of Vehicle Automation: A Case-Study in the Netherlands*, communication présentée dans le cadre du 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Delbosc, A., 2016. « Delay in Getting Driving Licences Opens Door to more Sustainable Travel », *The Conversation* (22 mai).

Delitala, A., 2019. Dockless e-Scooter Pilot Project Launches in Toronto's Distillery District. Adresse : https://globalnews.ca/news/5862720/dockless-escooter-pilot-toronto/ (consulté en février 2020).

Deloitte, 2014. *Global Automotive Consumer Study: Exploring Consumers' Mobility Choices and Transportation Decisions*, New York, NY, Deloitte Touche Tohmatsu Limited.

Deloitte, 2017. *"To be or not to be" is no Longer the Question: Insurers Confront the "When" and "How" of Uneven Transition as Mobility Preferences and Capabilities Evolve*, Boston, MA, Deloitte Center for Financial Services.

Deloitte, 2018a. *Connected and Autonomous Vehicles in Ontario: Implications for Data Access, Ownership, Privacy, and Security*, New York, NY, Deloitte Touche Tohmatsu Limited.

Deloitte, 2018b. *Connected and Autonomous Vehicles in Ontario: Implications for the Insurance Industry in Ontario*, New York, NY, Deloitte LLP.

Deloitte, 2018c. *2018 Insurance Outlook: Shifting Strategies to Compete in a Cutting-Edge Future*, Boston, MA, Deloitte Center for Financial Services.

Deloitte, 2019. *The Future of the Automotive Value Chain: 2025 and Beyond*, Munich, Allemagne, Deloitte.

DHL, 2014. *Self-Driving Vehicles in Logistics*, Troisdorf, Allemange, DHL.

Ding, D., K. Gebel, P. Phongsavan, A. E. Bauman, et D. Merom, 2014. « Driving: a road to unhealthy lifestyles and poor health outcomes », *PLoS ONE*, vol. 9, n°6, p. 1-5.

DPR – Data Protection Report, 2017. The Privacy Implications of Autonomous Vehicles. Adresse : https://www.dataprotectionreport.com/2017/07/the-privacy-implications-of-autonomous-vehicles/ (consulté en juillet 2019).

Duarte, F. et C. Ratti, 2018. « The impact of autonomous vehicles on cities: A review », *Journal of Urban Technology*, vol. 25, n°4, p. 3-18.

ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2020. *Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Indicateur des émissions de gaz à effet de serre*, Ottawa, ON, Gouvernement du Canada.

EDC – Exportation et développement Canada, 2017. La technologie et l'innovation façonnent l'avenir du secteur automobile Canadien. Adresse : https://www.edc.ca/fr/article/innovations-canadiennes-pour-vehicules.html (consulté en août 2020)

Ehsani, J. P., J. Michael, et T. Igusa, 2020. « Public health principles to inform testing and build trust in automated vehicles », *Injury Prevention*, vol. 26, p. 4942498.

ELA, 2018. ELA: The Future of Transportation. Adresse : http://www.ridewithela.ca/ (consulté en juillet 2019).

Elliott, D., W. Keen, et L. Miao, 2019. « Recent advances in connected and automated vehicles », *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 6, n°2, p. 109-131.

EP&T – Electronic Products and Technology, 2018. « LeddarTech delivers first LCA2 LiDAR chips to automotive partners », *Electronic Products and Technology* (9 août).

Evas, T., 2018. *A Common EU Approach to Liability Rules and Insurance for Connected and Autonomous Vehicles*, Brussels, Belgique, European Parliamentary Research Service.

Ewing, J., 2020. « The Pandemic Will Permanently Change the Auto Industry », *The New York Times* (13 mai).

Eykholt, K., I. Evtimov, E. Fernandes, B. Li, A. Rahmati, C. Xiao, … D. Song, 2018. *Robust Physical-World Attacks on Deep Learning Visual Classification*, communication présentée dans le cadre du 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Salt Lake City, UT.

Fagnant, D. J. et K. Kockelman, 2015. « Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations », *Transportation Research Part A*, vol. 77, p. 167-181.

Fagnant, D. J. et K. M. Kockelman, 2014. « The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios », *Transportation Research Part C*, vol. 40, p. 1-13.

Fagnant, D. J., K. M. Kockelman, et P. Bansal, 2015. « Operations of a shared autonomous vehicle fleet for the Austin, Texas market », *Transportation Research Record*, vol. 2536, p. 98-106.

Faisal, A., T. Yigitcanlar, M. Kamruzzaman, et G. Currie, 2019. « Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy », *Journal of Transport and Land Use*, vol. 12, n°1, p. 45-72.

FCA – Fiat Chrysler Automobiles, 2019. Our Plants. Adresse : https://www.fcagroup.com/en-US/group/plants/Pages/default.aspx (consulté en juillet 2019).

FCI – Fondation canadienne pour l'innovation, 2017. Les voitures intelligentes changent la donne. Adresse : https://www.innovation.ca/fr/reussites/voitures-intelligentes-changent-donne (consulté en juillet 2020).

Feigon, S. et C. Murphy, 2018. *Broadening Understanding of the Interplay Between Public Transit, Shared Mobility, and Personal Automobiles*, Washington, DC, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

FEM – Forum économique mondial, 2018a. *Reshaping Urban Mobility with Autonomous Vehicles: Lessons from the City of Boston*, Geneva, Suisse, FEM.

FEM – Forum économique mondial, 2018b. *Designing A Seamless Integrated Mobility System*, Geneva, Suisse, FEM.

Ferguson, M., M. Mohamed, et H. Maoh, 2019. « On the electrification of Canada's vehicular fleets: National-scale anlaysis shows that mindsets matter », *IEEE Electrification Magazine*, vol. 7, n°3, p. 55-65.

Fitzgerald, K., 2020. « This Tempe restaurant has robots delivering pizzas during coronavirus. Here's how it works », *Arizona Republic* (10 avril).

Fleming, W. J., 2015. « Forty-year review of automotive electronics: A unique source of historical information on automotive electronics », *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 10, n°3, p. 80-90.

Ford, s.d. Oakville Assembly. Adresse : https://corporate.ford.com/company/plant-detail-pages/oakville-assembly.html (consulté en juillet 2019).

FPP – Le Forum des politiques publiques, 2018. *Symposium on Artificial Intelligence: Connected and Automated Vehicles*, Ottawa, ON, FPP.

Fraedrich, E., D. Heinrichs, F. J. Bahamonde-Birke, et R. Cyganski, 2019. « Autonomous driving, the built environment and policy implications », *Transportation Research Part A*, vol. 122, p. 162-172.

Freitas, J. D., S. E. Anthony, A. Censi, et G. A. Alvarez, 2020. « Doubting driverless dilemmas », *PsyArXiv*, p. 1-8.

Frost & Sullivan, 2017. *Automotive Data Monetisation Pricing and Business Models*, North York, ON, Frost & Sullivan.

FTC – Federal Trade Commission, 2012. *Protecting Consumer Privacy in an Era of Rapid Change*, Washington, DC, FTC.

FutureSource, 2017. Car Poised to be CE's 'Fifth Screen'. Adresse : https://www.futuresource-consulting.com/press-release/consumer-electronics-press/car-poised-to-be-ces-fifth-screen/ (consulté en avril 2019).

Galindo-Rueda, F. et F. Verger, 2016. *OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity*, Paris, France, OECD Publishing.

Gao, J., A. Ranjbari, et D. MacKenzie, 2019. « Would being driven by others affect the value of travel time? Ridehailing as an analogy for automated vehicles », *Transportation*, vol. 46, p. 1-14.

GC – Gouvernement du Canada, 1985. *Loi sur la protection des renseignements personnels L.R.C. (1985), ch. P-21*, Ottawa, ON, GC.

GC – Gouvernement du Canada, 2000. *La Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques*, Ottawa, ON, GC.

GC – Gouvernement du Canada, 2014. Le transport actif. Adresse : https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/etre-actif/transport-actif.html (consulté en mars 2020).

GC – Gouvernement du Canada, 2016. Texte du PTP consolidé – Chapitre 14 – Commerce électronique. Adresse : https://www.international.gc.ca/trade-commerce/trade-agreements-accords-commerciaux/agr-acc/tpp-ptp/text-texte/14.aspx?lang=fra (consulté en octobre. 2019).

GC – Gouvernement du Canada, 2017. Attraction des investissements pour le secteur de l'automobile. Adresse : http://www.ic.gc.ca/eic/site/auto-auto.nsf/fra/h_am02387.html (consulté en novembre 2019).

GC – Gouvernement du Canada, 2018a. *CUSMA Ch.19 - Digital Trade*, Ottawa, ON, GC

GC – Gouvernement du Canada, 2018b. *Government Response to Senate Transportation Report*, Ottawa, ON, GC.

GC – Gouvernement du Canada, 2018c. *Investir dans le Canada : le plan d'infrastructure à long terme du Canada*, Ottawa, ON, GC.

GC – Gouvernement du Canada, 2019a. *L'industrie canadienne de l'automobile*. Adresse : http://www.ic.gc.ca/eic/site/auto-auto.nsf/fra/accueil (consulté en novembre 2019).

GC – Gouvernement du Canada, 2019b. Initiative pour le déploiement d'infrastructures pour les véhicules électriques et les carburants de remplacement. Adresse : https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les/infrastructure-pour-les-vehicule/initiative-deploiement-dinfrastructures-vehicules-electriques-carburants-de/18353?_ga=2.199703086.1830620965.1605817815-1309188995.1605126088 (consulté en juillet 2019).

GC – Gouvernement du Canada, 2020. Inventaire canadien des émissions de polluants atmosphériques. Adresse : https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/fa1c88a8-bf78-4fcb-9c1e-2a5534b92131 (consulté en août 2020).

Ge, Y., C. R. Knittel, D. Mackenzie, et S. Zoepf, 2016. *Racial and Gender Discrimination in Transportation Network Companies*, Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research.

Gill, N., 2018. « How AI will pass its driving test », *Automotive World* (20 mars).

Gillis, C., 2016. Why Canadians are wary of self-driving cars. Adresse : https://www.macleans.ca/economy/business/why-canadians-are-wary-of-self-driving-cars/ (consulté en juillet 2020).

Gingras, D., 2016. *Large-Scale Deployment of Autonomous Vehicles: Still a Long Road Ahead*, Sherbrooke, QC, Université de Sherbrooke, Laboratoire intelligence véhiculaire.

Gingras, D., 2017. *Artificial Intelligence in ITS and Issues Challenging the Widespread use of Autonomous Vehicles*, communication présentée dans le cadre du ITS World Congress 2017, Montréal, QC.

Gingras, D., 2019. *A Quick Look at road Safety and Risk Assessment for Autonomous Vehicles*, Sherbrooke, QC, Université de Sherbrooke.

Glaeser, E., 2011. *Triumph of the City*. New York, NY, Penguin Books

Glazener, A. et H. Khreis, 2019. « Transforming our cities: Best practices towards clean air and active transportation », *Current Environmental Health Reports*, vol. 6, p. 22-37.

GM – General Motors, 2020. Detroit-Hamtramck to be GM's First Assembly Plant 100 Percent Devoted to Electric Vehicles. Adresse : https://media.gm.com/media/us/en/gm/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2020/jan/0127-dham.html (consulté en janvier 2020).

GM – General Motors, s.d. About CAMI Assembly. Adresse : https://plants.gm.com/Facilities/public/ca/en/CAMI/about_us.html (consulté en juillet 2019).

GM sale de presse corporative canadienne, 2020. GM dévoile de nouvelles batteries au Ultium et une plateforme mondiale flexible pour faire croître rapidement sa gamme de véhicules électriques. Adresse : https://media.gm.ca/media/ca/fr/gm/home.detail.html/content/Pages/news/ca/fr/2020/Mar/0304-ev.html (consulté en mars 2020).

Godsmark, P., B. Kirk, V. Gill, et B. Flemming, 2015. *Les véhicules automatisés : l'avènement de la prochaine technologie perturbatrice*, Ottawa, ON, Conference Board du Canada.

Gogolek, V., 2019. *The Connected Car: Who is in the Driver's Seat? (2019 Update)*, Vancouver, BC, The British Columbia Freedom of Information and Privacy Association.

Goracinova, E. et D. A. Wolfe, 2019. « Regional resilience and the future of Ontario's automotive sector in the age of digital disruption », *Papers in Economic Geography and Innovation Studies*, vol. 2019/06, p. 1-36.

Gov. de l'ON – Gouvernement de l'Ontario, 2018. *Ontario Ends the Electric and Hydrogen Vehicle and Charging Incentive Programs.* Adresse : http://www.mto.gov.on.ca/english/vehicles/electric/electric-vehicle-incentive-program.shtml (consulté en juillet 2019).

Gov. de l'ON – Gouvernement de l'Ontario, 2019a. *Règlement de l'Ontario 306/15 (Pilot Project - Automated Vehicles)*, Toronto, ON, Gov. de l'ON.

Gov. de l'ON – Gouvernement de l'Ontario, 2019b. *Rapport sur l'allègement du fardeau réglementaire de 2019 — Réduire les formalités administratives qui empêchent l'investissement et la création d'emplois*, Toronto, ON, Gov. de l'ON.

Gov. de l'ON – Gouvernement de l'Ontario, 2019c. *Piloter la prospérité : L'avenir du secteur de l'automobile de l'Ontario*, Toronto, ON, Gov. de l'ON.

Gov. de l'ON. – Gouvernement de l'Ontario - Ministère de l'environnement, de la protection de al nature et des parcs, s.d. . *Particules fines*. Adresse : http://www.qualitedelairontario.com/science/pollutants/particulates.php (consulté en août 2019).

Gov. du QC – Gouvernement du québec, 2018. « Projet pilote relatif aux autobus et aux minibus autonomes, chapitre C-24.2, art. 633.1 », *Gazette Officielle du Québec*, vol. 150, n°33A, p. 3691A-3695A.

Gov. du QC – Gouvernement du québec, 2019. Projet de loi n° 17, Loi concernant le transport rémunéré de personnes par automobile, Quebec, QC, *Assemblée nationale du Québec*.

Gov. du QC, s.d. Norme véhicules zéro émission. Adresse : http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/vze/index.htm (consulté en mai 2019).

Gov. of Australia – Government of Australia, 2019. *Mandatory scheme for the sharing of motor vehicle service and repair information: Consultation paper*, Canberra, Australie, Gov. of Australia.

Gov. of BC – Government of British Columbia, 2019. *Legislation to guide move to electric vehicles, reduce pollution.* Adresse : https://news.gov.bc.ca/releases/2019EMPR0011-000608 (consulté en mai 2019).

Gov. of UK – Government of the United Kingdom, 2018. *Automated and Electric Vehicles Act 2018*, Londres, Royaume-Uni, Government of the United Kingdom.

Gov. of UK – UK Government Department for Environment, Food & Rural Affairs, s.d. Public Health: Sources and Effects of PM2.5. Adresse : https://laqm.defra.gov.uk/public-health/pm25.html (consulté en août 2019).

Gowling WLG et UK Autodrive, 2018. *Paving the Way: Building the Road Infrastructure of the Future for Connected and Autonomous Vehicles*, Londres, Royaume-uni, Gowling WLG et UK Autodrive.

Greenberg, A., 2016. « The Jeep Hackers Are Back To Prove Car Hacking Can Get Much Worse », *Wired* (1 août).

Greenblatt, J. B. et S. Saxena, 2015. « Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles », *Nature Climate Change*, vol. 5, p. 860–863.

Grossfeld, B., 2020. Deep learning vs machine learning: A simple way to understand the difference. Adresse : https://www.zendesk.com/blog/machine-learning-and-deep-learning/ (consulté en juillet 2020).

Groulx, K. et A. Casey, 2003. « Highway and Roadway Maintenance », *Advocates' Quarterly*, vol. 27, n°2, p. 125-154.

Grush, B. et J. Niles, 2018. *The End of Driving: Transportation Systems and Public Policy Planning for Autonomous Vehicles*. Cambridge, MA, Elsevier.

Grush, B., 2020. *Sidewalk Kerb Standard Invitation*, Toronto, ON, Harmonize Mobility.

Gruss, B. et N. Novta, 2018. The Decline in Manufacturing Jobs: Not Necessarily a Cause for Concern - IMF Blog. Adresse : https://blogs.imf.org/2018/04/09/the-decline-in-manufacturing-jobs-not-necessarily-a-cause-for-concern/ (consulté en novembre 2019).

GSMA, 2019. *Connecting Vehicles Today and in the 5G Era with C-V2X*, Londres, Royaume-uni, GSMA.

GtT – Gateway to Trade, 2017. *Canada's ICT Sector*, Ottawa, ON, Global Affairs Canada.

Guerra, E. et E. A. Morris, 2018. « Cities, automation, and the self-parking elephant in the room », *Planning Theory and Practice*, vol. 19, n°2, p. 291-297.

Gurumurthy, K. M. et K. M. Kockelman, 2018. « Analyzing the dynamic ride-sharing potential for shared autonomous vehicle fleets using cellphone data from Orlando, Florida », *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 71, p. 177-185.

Guy, M., 2019. Canadian Black Book Research Reveals Shifts in Car-Buying Behaviour. Adresse : https://www.wheels.ca/news/canadian-black-book-research-reveal-shifts-in-car-buying-behaviour/ (consulté en juillet 2020).

Hall, J. D., C. Palsson, et J. Price, 2018. « Is Uber a substitute or complement for public transit? », *Journal of Urban Economics*, vol. 108, p. 36-50.

Hall, K., 2020. « Coronavirus Presents Obstacles for Autonomous Vehicles », *Government Technology* (26 mai).

Hampel, C., 2019. Canadian e-Bus Maker Diversifies with e-Truck Lion8. Adresse : https://www.electrive.com/2019/03/12/canadian-e-bus-company-diversi (consulté en février 2020).

Harper, C. D., C. T. Hendrickson, S. Mangones, et C. Samaras, 2016. « Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions », *Transportation Research*, vol. 72, p. 1-9.

Harper, J., 2020. « Can robotaxis ease public transport fears in China? », *BBC News* (8 mai).

Haskins, C., 2019. « Drivers Keep Falling Asleep in Moving Teslas », *VICE* (9 septembre).

Hassan, H. M., M. R. Ferguson, S. Razavi, et B. Vrkljan, 2019. « Factors that influence older Canadians' preferences for using autonomous vehicle technology: A structural equation analysis », *Transportation Research Record*, vol. 2673, n°1, p. 469-480.

Hawkins, A. J., 2019a. « Uber threatens to sue Los Angeles, as the fight over scooter data escalates », *The Verge* (29 octobre).

Hawkins, A. J., 2019b. « New York City's First Self-Driving Shuttle Service is Now Open For Business », *The Verge* (6 août).

Hawkins, A. J., 2019c. « US cities are joining forces to figure out what the hell to do with all these scooters », *The Verge* (25 juin).

Heid, B., M. Kässer, T. Müller, et S. Pautmeier, 2018. *Fast Transit: Why Urban e-Buses Lead Electric-Vehicle Growth.* Adresse : https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/fast-transit-why-urban-e-buses-lead-electric-vehicle-growth# (consulté en novembre 2019)

Heinrich, B. C., T. Luettel, D. Fassbender, P. Burger, F. Ebert, M. Himmelsbach, ... H.-J. Wuensche, 2018. « Prototyping an autonomous delivery vehicle », *Automatisierungstechnik*, vol. 66, p. 160-182.

Heinrichs, D., 2016. « Autonomous Driving and Urban Land Use », dans Maurer, M., J. Gerdes, B. Lenz et H. Winner (réd.), *Autonomous Driving*, Berlin, Allemange, Springer.

Heinsen, P. et S. Makson, 2019. *The State of Autonomous Vehicles in Alberta*, Ottawa, ON, Borden Ladner Gervais.

Henderson, J. et J. Spencer, 2016. « Autonomous Vehicles and Commercial Real Estate », *Cornell Real Estate Review*, vol. 14, n°1, p. 44-54.

Henry, J., 2019. « Gen Z Starts Showing Up In Loan Numbers, to the Relief of the Auto Industry », *Forbes* (23 août).

Herrmann, A., W. Brenner, et R. Stadler, 2018. *Autonomous Driving: How the Driverless Revolution will Change the World*. Bingley, Royaume-Uni, Emerald Publishing Limited

Hightower, P., 2018. *Independent thinking: Why the "black box" is needed for autonomous vehicle deployments.* Adresse : https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21836355/independent-thinking-why-the-black-box-is-needed-for-autonomous-vehicle-deployments (consulté en mai 2020).

Hirsch, J., 2019. « Loadsmart and Starsky Complete First Autonomous Truck Dispatch », *Trucks.com* (8 août).

Hoffman, T. et G. Prause, 2018. « On the Regulatory Framework for Last-Mile Delivery Robots », *Machines*, vol. 6, n°33, p. 1-16.

Holmes, J. et A. Alantz, 2019. Every car infotainment system available in 2020. Adresse : https://www.cnet.com/roadshow/news/car-infotainment-system-automotive-tech-guide/ (consulté en juillet 2020).

Holmes, J., T. Rutherford, et J. Carey, 2017. « Challenges confronting the Canadian automotive parts industry: What role for public policy? », *Canadian Public Policy*, vol. 43, p. S75-S89.

Honda Canada Inc., 2020. *Aller de l'avant.* Adresse : https://www.hondacanada.ca/fabrication (consulté en août 2020).

Howard-Duke, A., 2013. *The Defence of Highway Maintenance Claims in British Columbia*, Vancouver, BC, Guild Yule LLP.

Huang, Y. et K. M. Kockelman, 2020. « What will autonomous trucking do to U.S. trade flows? Application of the random-utility-based multi-regional input–output model », *Transportation*, vol. 47, p. 2529-2556.

Hydro-Québec, 2010. *Matériaux pour la fabrication de batteries,* Shawinigan, QC, Institut de recherche d'Hydro-Québec.

IAC, 2016 – Institut d'assurance du Canada. *Les Véhicules Automatisés : Conséquences Pour L'industrie de L'assurance au Canada*, Toronto, ON, IAC.

IC – Infrastructure Canada, 2019. Défi des villes intelligentes. Adresse : https://www.infrastructure.gc.ca/cities-villes/index-fra.html (consulté en novembre 2019).

ICDPPC – International Conference of Data Protection and Privacy Commissioners, 2017. *Resolution on Data Protection in Automated and Connected Vehicles*, communication présentée dans le cadre du 38th International Conference of Data Protection and Privacy Commissioners, Hong Kong.

IEA – International Energy Agency, 2019. *Global EV Outlook 2019: Scaling-Up the Transition to Electric Mobility*, Paris, France, IEA.

IES – Integrated Environmental Solutions Limited, 2019. WeatherShift Data Files. Adresse : https://www.iesve.com/support/weatherfiles/weathershift (consulté en mai 2020).

IIHS, 2014 – Insurance Institute for Highway Safety. *Preventing Driveway Tragedies: Rear Cameras Help Drivers See What's Going on Behind Them. Status Report: Vol 49(2),* Arlington, VA, Highway Loss Data Institute.

Inagaki, T. et T. Sheridan, 2019. « A critique of the SAE conditional driving automation definition, and analyses of options for improvement », *Cognition, Technology & Work*, vol. 21, p. 569-578.

InsuranceHotline.com, 2019. Type of Usage-Based Insurance in Canada. Adresse : https://www.insurancehotline.com/resources/types-of-usage-based-insurance/ (consulté en mars 2020).

Ipsos, 2018. *The Race to the Driver(less) Seat: Canadians Trailing Globally in Receptivity to Self-Driving Cars*, Toronto, ON, Ipsos.

IRC – Insurance Research Council, 2015. *Insurance Research Council Finds that Fraud and Buildup Add Up to $7.7 Billion in Excess Payments for Auto Injury Claims*, Malvern, PA, IRC.

Irwin, J., 2020. What Are Plant Awards Worth, Anyway? Adresse : https://canada.autonews.com/automakers/what-are-plant-awards-worth-anyway (consulté en septembre 2020).

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2019a. *La Charte numérique du Canada en action: un plan par des Canadiens, pour les Canadiens*, Ottawa, ON, ISDE.

ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2019b. Renforcer la protection de la vie privée dans l'ère numérique: Propositions pour moderniser la Loi sur la protection des renseignements personnels et des documents électroniques. Adresse : https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00107.html (consulté en octobre 2019).

IT World Canada Team, 2018. « Canada's ICT Sector Falling Behind: Government Report », *IT World Canada* (18 juin).

J.D. Power, 2019. New-Vehicle Quality Stalls After Four Years of Improvement, J.D. Power Finds. Adresse : https://www.jdpower.com/business/press-releases/2019-initial-quality-study-iqs (consulté en novembre 2019).

Jackson, B., 2018. « Winnipeg battles gridlock with help of Waze Connected Citizen's program », *IT World Canada* (1 mai).

Janai, J., F. Güney, A. Behl, et A. Geiger, 2017. « Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State-of-the-Art ». *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, vol. 12, p. 1-308.

Joerss, M., J. Schröder, F. Neuhaus, C. Klink, et F. Mann, 2016. *Parcel Delivery: The Future of the Last Mile*, New York, NY, McKinsey & Company.

Jones, D., 2018. « LeddarTech expands to Toronto, opens Automotive Center of Excellence », *Design Engineering* (23 octobre).

Kalra, N. et S. M. Paddock, 2016. *Driving to Safety*, Santa Monica, CA, RAND Corporation.

Kamargianni, M., W. Li, M. Matyas, et A. Schafer, 2016. « A critical review of new mobility services for urban transport », *Transportation Research Procedia*, vol. 14, p. 3294-3303.

Keith, D. R., S. Houston, et S. Naumov, 2019. « Vehicle fleet turnover and the future of fuel economy », *Environmental Research Letters*, vol. 14, n°2, p. 1-4.

Kelly, K., 1998. *New Rules for the New Economy: 10 Radical Strategies for a Connected World.* New York, NY, Penguin Books.

Kennedy, C., 2017. « New threats to vehicle safety: How cybersecurity policy will shape the future of autonomous vehicles », *Michigan Telecommunications and Technology Law Review*, vol. 23, n°2, p 343-356.

Kent Group Ltd., 2019. *2018 National Retail Petroleum Site Census*, London, ON, Kent Group Ltd.

Kent, L., 2015. Autonomous cars can only understand the real world through a map. Adresse : https://360.here.com/2015/04/16/autonomous-cars-can-understand-real-world-map/ (consulté en avril 2019).

Keolis Candiac, s.d. Projet De Navette Autonome 100% Électrique sur Voie Publique. Adresse : https://keoliscandiac.ca/ (consulté en juillet 2020).

Kerr, I. et J. Millar, s.d. *Will Privacy Be the Next Moral Crumple Zone?* Ottawa, ON.

Keysight, 2018. *How 5G Will Influence Autonomous Driving Systems*, Santa Rosa, CA, Keysight Technologies.

Khader, M. et S. Cherian, 2018. *An Introduction to Automotive LIDAR*, Dallas, TX, Texas Instruments.

Kobus, B., 2018. « Canadian AutoTech Startup Ecosystem Map », *Medium* (22 février).

Kocić, J., N. Jovičić, et V. Drndarević, 2018. *Sensors and Sensor Fusion in Autonomous Vehicles*, communication présentée dans le cadre du 2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbie.

KPMG, 2015. *Marketplace of Change: Automobile Insurance in the Era of Autonomous Vehicles*, Boston, MA, KPMG.

KPMG, 2017a. *Will Autonomous Vehicles Put the Brakes on the Collision Parts Business?*, Cleveland, OH, KPMG.

KPMG, 2017b. *Islands of Autonomy: How Autonomous Vehicles Will Emerge in Cities Around the World*, Chicago, IL, KPMG.

KPMG, 2018. *Driving Ontario Forward: The Car of the Future*, Toronto, ON, KPMG.

KPMG, 2019. *Indice de préparation aux véhicules autonomes (AVRI) 2019*, Londres, Royaume-Uni, KPMG.

KPMG, 2020a. *Indice de préparation aux véhicules autonomes (AVRI) 2020*, Londres, Royaume-Uni, KPMG.

KPMG, 2020b. *L'avenir de l'automobile au Canada : La prochaine génération de véhicules transformera l'industrie*, Toronto, ON, KPMG in Canada.

Krompier, J., 2017. « Safety first: The case for mandatory data sharing as a federal safety standard for self-driving cars », *Journal of Law, Technology & Policy*, vol. 2017, n°2, p. 439-468.

Kutila, M., P. Pyykönen, H. Holzhüter, M. Colomb, et P. Duthon, 2018. *Automotive LiDAR Performance Verification in Fog and Rain*, communication présentée dans le cadre du 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI.

LADOT – Los Angeles Department of Transportation, 2018. *Mobility Data Specification - Information Briefing*, Los Angeles, CA, LADOT.

LADOT – Los Angeles Department of Transportation., 2019. *Technology Action Plan*, Los Angeles, CA, LADOT.

Lampert, A., 2018. *In Canada, driverless cars learn to see in the snow.* Adresse : https://www.reuters.com/article/us-autos-selfdriving-canada/in-canada-driverless-cars-learn-to-see-in-the-snow-idUSKBN1GX2V9 (consulté en juillet 2020).

Lavasani, M., X. Jin, et Y. Du, 2016. « Market Penetration Model for Autonomous Vehicles on the Basis of Earlier Technology Adoption Experience », *Transportation Research Record*, vol. 2597, n°1, p. 67-74.

Lawson, P., B. McPhail, et E. Lawson, 2015. *The Connected Car: Who is in the Driver's Seat?*, Vancouver, BC, British Columbia Freedom of Information and Privacy Association.

Layson, G., 2019. « 2 Million New Vehicles Sold in 2019 even as Sales Fell 6.5% in December », *Automotive News Canada* (3 janvier).

Lazarus, J., S. Shaheen, S. E. Young, D. Fagnant, T. Voege, W. Baumgardner, ... J. S. Lott, 2017. *Shared Automated Mobility and Public Transport*, Berkeley, CA, University of California, Berkeley.

Le Hong, Z., 2020. *Environmental Implications of Connected and Autonomous Vehicles and Shared Mobility*, Vancouver, BC, l'Université de la Colombie-Britannique.

Leblond, P., 2019. *Digital Trade and the WTO: The CPTPP and CUSMA Pose Challenges to Canadian Data Regulation*, Waterloo, ON, Centre for International Governance Innovation.

Lee, C., 2017. « Grabbing the wheel early: Moving forward on cybersecurity and privacy protections for driverless cars », *Federal Communications Law Journal*, vol. 69, p. 25-52.

Lee, T. B., 2018. « Kroger-owned grocery store begins fully driverless deliveries », *ArsTechnica* (18 decembre).

Lee, Y.-C., S. H. Hand, et H. Lilly, 2020. « Are parents ready to use autonomous vehicles to transport children? Concerns and safety features », *Journal of Safety Research*, vol. 72, p. 287-297.

Lex, 2020. « Electric Vehicles: Battery Overload », *Financial Times* (15 février).

Lienert, P. et J. L. Lee, 2020. « Automated delivery cashes in on pandemic-driven demand », *Reuters* (18 mai).

Lim, H. S. M. et A. Taeihagh, 2018. « Autonomous Vehicles for Smart and Sustainable Cities: An In-Depth Exploration of Privacy and Cybersecurity Implications », *Energies*, vol. 11, n°5, p. 1062.

Linder, C., 2019. « Lawsuit alleges Uber leaves people with disabilities stuck on the curb », *Pittsburgh Post-Gazette* (13 juin).

Litman, T., 2019. *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*, Victoria, BC, Victoria Transport Policy Institute.

Liu, J., K. M. Kockelman, et A. Nichols, 2017. *Anticipating the Emissions Reductions of Smoother Driving by Connected and Autonomous Vehicles, Using the MOVES Model*, communication présentée dans le cadre du Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.

Lu, M. et S. Drygas, 2020. « Canada Can Be a Leader in the Global Electric-Car Battery Market », *Globe and Mail* (2 février).

Lu, Z., R. Du, E. Dunham-Jones, H. Park, et J. Crittenden, 2017. « Data-enabled public preferences inform integration of autonomous vehicles with transit-oriented development in Atlanta », *Cities*, vol. 63, p. 118-127.

Lutin, J. M., 2018. « Not if, but when: Autonomous driving and the future of transit », *Journal of Public Transportation*, vol. 21, n°1, p. 92-103.

Lutsey, N., M. Grant, S. Wappelhorst, et H. Zhou, 2018. *Power play: How governments are spurring the electric vehicle industry*, Washington, DC, The International Council on Clean Transportation.

MA – MaaS Alliance, 2017. *White paper - guidelines and recommendations to create the foundations for a thriving MaaS ecosystem*, Brussels, Belgique, MA.

MA – MaaS Alliance, 2018. *Data makes MaaS happen - MaaS alliance vision paper on data*, Brussels, Belgique, MaaS Alliance.

Ma, Y., Z. Wang, H. Yang, et L. Yang, 2020. « Artificial intelligence applications in the development of autonomous vehicles: A survey », *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 7, n°2, p. 315-329.

Maffei, L. et M. Masullo, 2014. « Electric vehicles and urban noise control policies », *Archives of Acoustics*, vol. 39, n°3, p. 333-341.

Magna International Inc., 2019. Company. Adresse : https://www.magna.com/company (consulté en novembre 2019).

Mares, R., C. Stix, et S. Dewey, 2018. *How Autonomous Vehicles Will Drive Our Budgets*, Boston, MA, Conservation Law Foundation.

MarketsandMarkets, 2017. *Automotive Artificial Intelligence Market worth 10,573.3 Million USD by 2025*. Hadapsar, India, MarketsandMarkets.

MarketsandMarkets, 2020. In-vehicle Infotainment Market by Component (Display unit, Control Panel, TCU, HUD), OS (Linux, QNX, MS, Others), Service (Entertainment, Navigation, e-call, Diagnostics), Connectivity, Form, Location, Vehicle Type, Region - Global Forecast to 2027. Adresse : https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/in-car-vehicle-infotainment-ici-systems-market-538.html (consulté en août 2020).

Markey, E., 2015. *Tracking and Hacking: Security & Privacy Gaps Put American Drivers at Risk.* Washington, DC, United States Senate.

Maroufmashat, A. et M. Fowler, 2018. « Policy Considerations for Zero-Emission Vehicle Infrastructure Incentives: Case Study in Canada », *World Electric Vehicle Journal*, vol. 9, n°3, p. 1-20.

Martin, E., S. A. Shaheen, et J. Lidicker, 2010. « Impact of carsharing on household vehicle holdings: Results from North American shared-use vehicle survey », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2143, n°1, p. 150-158.

Mathieu, C., 2020. From ownership to sharing - the evolution of mobility in 2020 and beyond. Adresse : https://betakit.com/from-ownership-to-sharing-the-evolution-of-mobility-in-2020-and-beyond/ (consulté en avril 2020).

Matley, J., M. Gandhi, E. Yoo, B. Jarmuz, et S. Peterson, 2016. *Insuring the Future of Mobility: The Insurance Industry's Role in the Evolving Transportation Ecosystem*, New York, NY, Deloitte University Press.

Matz, C., M. Egyed, G. Xi, J. Racine, R. Pavlovic, R. Rittmaster, … D. Stieb, 2020. « Health impact analysis of PM2.5 from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018) », *Science of the Total Environment*, vol. 7, n°25, p. 138506.

Mauracher, J. et D. Lao, 2019. « Self-driving Vehicles Could Clog Canada's Streets, Experts Warn », *Global News* (26 mai).

Mayaud, J. R., M. Tran, R. H. M. Pereira, et R. Nuttall, 2019. « Future access to essential services in a growing smart city: The case of Surrey, British Columbia », *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 73, p. 1-15.

Mayaud, J., 2020. Why is transit collapsing, and who's losing out? Adresse : https://blog.sparelabs.com/why-is-transit-collapsing-and-whos-losing-out-2/ (consulté en juin 2020).

McGrath, J. M., 2019. « Why one Ontario town's Uber experiment shows that there's no quick fix for public transit », *TVO.org* (1 mai).

McKinsey & Company et BloombergNEF, 2016. *An Integrated Perspective on the Future of Mobility*, Londres, Royaume-Uni, McKinsey & Company & Bloomberg New Energy Finance.

McKinsey, 2018a. *Ready for Inspection - The Automotive Aftermarket Industry in 2030*, Chicago, IL, McKinsey Center for Future Mobility.

McKinsey, 2018b. *Route 2030 - The Fast Track to the Future of the Commercial Vehicle Industry*, Chicago, IL, McKinsey Center for Future Mobility.

McMillan, 2016. *The Cybersecurity Implications of Driverless Cars*, Toronto, ON, McMillan LLP.

McQuinn, A. et D. Castro, 2018. *A Policymaker's Guide to Connected Cars*, Washington, DC, Information Technology and Innovation Foundation.

MEC – Mobilité électrique Canada, 2019. *Electric Vehicle Sales in Canada in 2018: A Phenomenal Record-Breaking Year*, Île des Soeurs, QC, MEC.

Mena-Oreja, J., J. Gozalvez, et M. Sepulcre, 2018. *Effect of the Configuration on the Traffic Flow Under Mixed Traffic Scenarios*, communication présentée dans le cadre du 2018 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), Taipei, Taïwan.

Mendes, A. d. S., A. d. T. Fleury, M. Ackermann, et F. Leonardi, 2017. *Heavy-Duty Truck Platooning: A Review*, communication présentée dans le cadre du 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, Curitiba, Brésil.

Menon, N., N. Barbour, Y. Zhang, A. R. Pinjari, et F. Mannering, 2019. « Shared autonomous vehicles and their potential impacts on household vehicle ownership: An exploratory empirical assessment », *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 13, n°2, p. 111-122.

Metcalfe, J., 2015. « China Rolls Out the 'World's First Driverless Bus' », *CityLab* (5 octobre).

Metro Vancouver, 2015. *Lower Fraser Valley Air Emissions Inventory and Forecast: Final Report and Summarized Results*, Vancouver, BC, Metro Vancouver.

Metz, C. et E. Griffith, 2020 « This Was Supposed to Be the Year Driverless Cars Went Mainstream », *The New York Times* (12 mai).

Milakis, D., B. van Arem, et B. van Wee, 2017. « Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research », *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 21, n°4, p. 324-348.

Milakis, D., M. Kroesen, et B. Van Wee, 2018. « Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment », *Journal of Transport Geography*, vol. 68, p. 142-148.

Moore, O., 2017. « The Transportation Transformation », *Globe and Mail* (12 novembre).

Mordue, G. D. et B. A. Sweeney, 2017. « The commoditisation of automotive assembly: Canada as a cautionary tale », *International Journal of Automotive Technology and Management*, vol. 17, n°2, p. 169-189.

Mordue, G. D. et B. A. Sweeney, 2019. « Neither core nor periphery: The search for competitive advantage in the automotive semi-periphery », *Growth and Change*, vol. 51, n°1, p. 34-57.

Morgan, K. R., 2019. *Quality Assessment of Conventional and Electric Vehicles in Terms of Fuel Economy, Annual Fuel Cost, and Maintenance*, Terre Haute, IN, Indiana State University.

Motional, 2020. Consumer Mobility Report. Adresse : https://motional.com/mobilityreport/ (consulté en octobre 2020).

movmi, 2019. Shared Mobility by Region: Canada. Adresse : http://movmi.net/shared-mobility-canada/ (consulté en novembre 2019).

movmi, 2020. COVID-19: Impact on Shared Mobility. Adresse : https://movmi.net/covid-19-shared-mobility/ (consulté en juin 2020).

Muller, J., 2020. « Coronavirus puts ambitious plans for self-driving cars on the shelf », *Axios* (3 avril).

Munich RE, 2016. *Autonomous Vehicles: Considerations for Personal and Commercial Line Insurers*, Princeton, NJ, Munich Reinsurance America.

Muoio, D., 2017. « Tesla owners are already getting insurance discounts for using Autopilot », *Business Insider* (15 mars).

NACTO – National Association of City Transportation Officials, 2019. *National Association of City Transportation Officials. Blueprint for Autonomous Urbanism*, New York, NY, NACTO.

Nadarajah, I., 2018. La fraude à l'assurance et ses conséquences. Adresse : https://www.insuranceinstitute.ca/fr/cipsociety/information-services/advantage-monthly/0718-insurance-fraud (consulté en août 2019).

NAIC – National Association of Insurance Commissioners, 2020. Telematics/Usage-Based Insurance. Adresse : https://content.naic.org/cipr_topics/topic_telematicsusage_based_insurance.htm (consulté en juillet 2020).

Narayanan, S., E. Chaniotakis, et C. Antoniou, 2020. « Factors affecting traffic flow efficiency implications of connected and autonomous vehicles: A review and policy recommendations », *Advances in Transport Policy and Planning*, vol. 5, p. 1-50.

Naughton, J., 2016. « The evolution of the Internet: From military experiment to General Purpose Technology », *Journal of Cyber Policy*, vol. 1, n°1, p. 5-28.

Naumov, S., D. R. Keith, et C. H. Fine, 2020 – Naumov, S., D. R. Keith, et C. H. Fine. « Unintended consequences of automated vehicles and pooling for urban transportation systems », *Production and operations management*, vol. 29, n°5, p. 1354-1371.

Neal, A., 2018. LiDAR vs. RADAR. Adresse : https://www.sensorsmag.com/components/lidar-vs-radar (consulté en avril 2019).

Nelson\Nygaard, 2018. *Autonomous Vehicles and the Future of Parking*, San Francisco, CA, Nelson\Nygaard.

New Flyer, 2019. « New Flyer Launches Autonomous Bus Program », *Winnipeg Free Press* (8 mai).

Ng, S. W. et B. M. Popkin, 2012. « Time use and physical activity: A shift away from movement across the globe », *Obesity Reviews*, vol. 13, n°8, p. 659-680.

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration, 2015. *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*, Washington, DC, NHTSA.

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration, 2016a. *Federal Automated Vehicles Policy*, Washington, DC, NHTSA.

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration, 2016b. *Cybersecurity Best Practices for Modern Vehicles*, Washington, DC, NHTSA.

Nordrum, A. et K. Clark, 2017. « Everything You Need to Know about 5G », *IEEE Spectrum* (27 janvier).

Ntousakis, I., I. Nikolos, et M. Papageorgiou, 2015. « On microscopic modelling of adaptive cruise control systems », *Transportation Research Procedia*, vol. 6, p. 111-127.

Obstfeld, 2019. Connected Car – All That Data – Cost and Impact on the Network. Adresse : https://blogs.cisco.com/sp/connected-car-all-that-data-cost-and-impact-on-the-network (consulté en mars 2020).

O'Dell, J., 2019. « Army Testing Robot Trucks to Supply Troops, Reduce Casualties », *Trucks.com* (14 octobre).

OECD/ITF – Organization for Economic Cooperation and Development / International Transport Forum, 2015. *Urban Mobility System Upgrade: How Shared Self-Driving Cars Could Change City Traffic*, Paris, France, OECD/ITF.

OECD/ITF – Organization for Economic Cooperation and Development / International Transport Forum, 2017a. *The Shared-Use City: Managing the Curb*, Paris, France, OECD/ITF.

OECD/ITF – Organization for Economic Cooperation and Development / International Transport Forum, 2017b. *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*, Paris, France, OECD/ITF.

OECD/ITF – Organization for Economic Cooperation and Development / International Transport Forum, 2018. *New Directions for Data-Driven Transport Safety*, Paris, France, OECD/ITF.

OICA – International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, 2020. *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. 2019 Statistics.* Adresse : http://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/ (consulté en août 2020).

Oil Sands Magazine, 2019. Self-Driving Heavy Haulers: Coming to a Mine Near You. Adresse : https://www.oilsandsmagazine.com/news/2018/1/31/self-driving-heavy-haulers-coming-to-a-mine-near-you (consulté en novembre 2019).

O'Kane, S., 2020. « Ford delays launch of robotaxi service to 2022 », *The Verge* (28 avril).

Olateju, B., J. Markovich, et R. Francis, 2019. *My Ride, Your Ride, Our Ride: Public Transit and Shared Mobility*, Ottawa, ON, Le Conference Board du Canada.

Oliver, T., 2020. COVID-19 and Remote Working Impact the Autonomous Vehicle Industry. Adresse : https://www.embedded-computing.com/news/more-than-57-of-auto-tech-leaders-expect-covid-19-to-increase-consolidation-more-than-85-predict-a-lasting-impact-on-shared-mobility (consulté en octobre 2020).

Orton, T., 2019. « B.C. Approves First Ride-Hailing Service - and it's not Uber or Lyft », Vancouver Courier (16 decembre).

OTI & EFF – New America's Open Technology Institute & Electronic Frontier Foundation, 2019. *Urgent Concerns Regarding the Lack of Privacy Protections for Sensitive Personal Data Collected Via LADOT's Mobility Data Specification*, San Francisco, CA, OTI & EFF.

Overtoom, I., G. Correia, Y. Huang, et A. Verbraeck, 2020. « Assessing the impacts of shared autonomous vehicles on congestion and curb use: A traffic simulation study in The Hague, Netherlands », *International Journal of Transportation Science and Technology*, vol. 9, n°3, p. 195-206.

Pakusch, C., G. Stevens, A. Boden, et P. Bossauer, 2018. « Unintended effects of autonomous driving: A study on mobility preferences in the future », *Sustainabilty*, vol. 10, n°7, p. 2404.

Palmer, K., J. Tate, Z. Wadud, et J. Nellthorp, 2018. « Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan », *Applied Energy*, vol. 209, p. 108-119.

Park, K., J. Kwahk, S. H. Han, M. Song, D. Choi, H. Jang, et D. Kim, 2018. « Measuring the intrusive feeling of a lane keeping assistance system », *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, vol. 37, n°4, p. 459-473.

Parkinson, S., P. Ward, K. Wilson, et J. Miller, 2017. « Cyber threats facing autonomous and connected vehicles: Future challenges », *IEEE Transactions on Intelligent Transport Systems*, vol. 18, n°11, p. 2898-2915.

Parsons, R. V., 2019. *Moving Forward with Transit Bus Electrification in Canada*, Winnipeg, MB, I.H. Asper School of Business, University of Manitoba.

Patella, S., F. Aletta, et L. Mannini, 2019. « Assessing the impact of autonomous vehicles on urban noise pollution », *Noise Mapping*, vol. 6, p. 72-82.

PC – La Presse Canadienne, 2017. « Half of Canadians trust self-driving cars, survey says », *Toronto Star* (14 septembre).

Perlman, D., D. Bogard, A. Epstein, A. Santalucia, et A. Kim, 2018. *Review of the Federal Motor Carrier Safety Regulations for Automated and Commercial Vehicles: Preliminary Assessment of Interpretation and Enforcement Challenges, Questions, and Gaps*, Washington, DC, John A. Volpe National Transportation Systems Center, U.S. Department of Transportation.

Petit, J. et S. E. Shladover, 2014. « Potential cyberattacks on autonomous vehicles », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, n°2, p. 546-556.

Pettigrew, S., Z. Talati, et R. Norman, 2018. « Public awareness of the health benefits of autonomous vehicles », *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, vol. 42, n°5, p. 480-483.

Phillips, S. et J. Rickmers, 2020. *Rebuild Tomorrow's Mobility*, Vancouver, BC, movmi.

PM – Polytechnique Montréal, 2018. *Smart Cities and Integrated Mobility: A White Paper*, communication présentée dans le cadre du ITS World Congress 2017, Montréal, QC.

PND – Plug 'N Drive, s.d. Electric Vehicle FAQ. Adresse : https://www.plugndrive.ca/electric-vehicle-faq/ (consulté en mai 2019).

PI – Privacy International, 2017. *Connected Cars: What Happens to Our Data on Rental Cars?* London, Royaume-Uni, PI.

Propulsion Québec, s.d. Notre Mission. Adresse : https://propulsionquebec.com/a-propos/mission/ (consulté en novembre 2019).

PwC Canada, 2018. L'électrification des transports transformera le secteur des services publics. Adresse : https://www.pwc.com/ca/fr/industries/power-utilities/publications/electrification-of-transportation.html (consulté en novembre 2019).

Pyzyk, K., 2019. « Los Angeles' mobility data specification unlocks potential for data management », *Smart Cities Dive* (24 janvier).

QNX, s.d. QNX in Automotive. Adresse : https://blackberry.qnx.com/en/solutions/industries/automotive/index (consulté en août 2019).

Reid, A. J., 2018. « A Brief History of the Smartphone », dans Reid, A. J. (réd.), *The Smartphone Paradox: Our Ruinous Dependency in the Device Age*, Cham, Suisse, Springer International Publishing.

Reimer, B., 2013. « Driver assistance systems and the transition to automated vehicles: A path to increase older adult safety and mobility? », *Public Policy & Aging*, vol. 24, p. 27-31.

Reiner-Roth, S., 2020. Autonomous vehicles safely transport emergency medical supplies in Florida. Adresse : https://archpaper.com/2020/04/autonomous-vehicles-transport-emergency-medical-supplies-to-mayo-clinic/ (consulté en avril 2020).

Renne, J. L. et B. Appleyard, 2019. « Twenty-five years in the making: TOD as a new name for an enduring concept », *Journal of Planning Education and Research*, vol. 39, n°4, p. 402-408.

Report Ocean, 2019. Global LIDAR Market Valuable Growth Prospects, Top Players, Key Country Analysis, Trends and Forecast till 2024. Adresse : consumerreportsreview.com/global-lidar-market-valuable-growth-prospects-top-players-key-country-analysis-trends-and-forecast-till-2024/ (consulté en avril 2020).

Reports and Data, 2019. Connected Automotive Infotainment System Market To Reach USD 53.28 Billion By 2026. Adresse : https://www.globenewswire.com/news-release/2019/04/01/1790699/0/en/Connected-Automotive-Infotainment-System-Market-To-Reach-USD-53-28-Billion-By-2026.html (consulté en avril 2019).

Rérat, P., 2018. « A decline in youth licensing: A simple delay or the decreasing popularity of automobility? », *Applied Mobilities*, DOI: 10.1080/23800127.2018.1545737.

Research and Markets, 2020. Global autonomous/driverless car market projections, 2020-2025: World market anticipating a CAGR of ~ 18%. Adresse : https://www.globenewswire.com/news-release/2020/03/18/2002529/0/en/Global-Autonomous-Driverless-Car-Market-Projections-2020-2025-World-Market-Anticipating-a-CAGR-of-18.html (consulté en juillet 2020).

Research Infosource Inc., 2019. Canada's Top 100 Corporate R&D Spenders. Adresse : https://researchinfosource.com/top-100-corporate-rd-spenders/2019/list (consulté en novembre 2019).

Rider, D., 2017. « Toronto and Waze app agree to trade traffic data », *Toronto Star* (20 novembre).

RIVA – Réseau d'innovation pour les véhicules automatisés, 2018. *Caractéristiques de l'infrastructure facilitant l'exploitation des VCA*, Toronto, ON, RIVA.

RIVA – Réseau d'innovation pour les véhicules automatisés, 2019. Le réseau. Adresse : https://www.avinhub.ca/fr/reseau/ (consulté en novembre 2019).

RIVA – Réseau d'innovation pour les véhicules automatisés, 2020. Programme de développement WinterTech. Adresse: https://www.avinhub.ca/fr/developpement-wintertech/ (consulté en juillet 2020).

RNCan – Ressources naturelles Canada, 2018. Localisateur de stations de recharge et de stations de ravitaillement en carburants de remplacement. Adresse : https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-pour-les-transports-et-carburants-de-remplacement/localisateur-stations-recharge-stations-ravitaillement-carburants-remplacement/20488?_ga=2.161996092.1830620965.1605817815-1309188995.1605126088#/find/nearest (consulté en juillet 2019).

Roan, M., M. Neurauter, D. Moore, et D. Glaser, 2017. « Electric vehicle detectability: A methods-based approach to assess artificial noise impact on the ability of pedestrians to safely detect approaching electric vehicles », *SAE International Journal of Vehicle Dynamics, Stability, and NVH*, vol. 1, n°2, p. 352-361.

Robinson, A., L. Mulvany, et D. Stringer, 2019. « Robots Take the Wheel as Autonomous Farm Machines Hit Fields », *Bloomberg* (15 mai).

Rodier, C. J., 2018. *Travel Effects and Associated Greenhouse Gas Emissions of Automated Vehicles*, Davis, CA, National Center for Sustainable Transportation.

Romero, D., 2019. E-scooters in Edmonton: How did Year 1 go? Adresse : https://edmonton.ctvnews.ca/e-scooters-in-edmonton-how-did-year-1-go-1.4675346 (consulté en avril 2020).

Rosique, F., P. J. Navarro, C. Fernández, et A. Padilla, 2019. « A systematic review of perception system and simulators for autonomous vehicles research », *Sensors*, vol. 19, p. 648.

Roy, G., 2019. Canadian Trials Page the Way for Autonomous Log Trucks. Adresse : https://www.woodbusiness.ca/canadian-trials-pave-the-way-for-autonomous-log-trucks/ (consulté en octobre 2019).

Roy, J., 2016. « By Road, Rail, Sea and Air: The Role of Transportation Networks in Moving Canada's Merchandise Trade », dans Tapp, S., A. V. Assche et R. Wolfe (réd.), *Redesigning Canadian Trade Policies for New Global Realities (Vol. 4),* Montréal, QC, Institute for Research on Public Policy.

Rudolph, G. et U. Voelzke, 2017. Three Sensor Types Drive Autonomous Vehicles. Adresse : https://www.sensorsmag.com/components/three-sensor-types-drive-autonomous-vehicles (consulté en avril 2019).

Ryan, C., F. Murphy, et M. Mullins, 2018. « Semiautonomous vehicle risk analysis: A telematics-based anomaly detection approach », *Risk Analysis*, vol. 39, n°5, p. 1125-1140.

Ryerson, M. S., C. S. Long, K. Scudder, et F. K. Winston, 2019. « Safety at the edge: A safety framework to identify edge conditions in the future transportation system with highly automated vehicles », Injury Prevention, vol. 26, p. 386-390.

Ryerson, M. S., J. E. Miller, et F. K. Winston, 2018. « Edge conditions and crash-avoidance roles: The future of traffic safety in the world of autonomous vehicles », *Injury Prevention*, vol. 25, n°2, p. 76-79.

Sabouri, S., S. Brewer, et R. Ewing, 2020. « Exploring the relationships between ride-sourcing services and vehicle ownership, using both inferential and machine learning approaches », *Landscape and Urban Planning*, vol. 198, p. 10377.

SAE – Society of Automotive Engineers, 2020. *Shared Mobility: Taxonomy and Definitions in SAE J3163TM*, Farmington Hills, MI, SAE.

SAE – Society of Automotive Engineers, 2016. Cybersecurity Guidebook for Cyber-Physical Vehicle Systems. Adresse : https://www.sae.org/standards/content/j3061/ (consulté en août 2019).

SAE – Society of Automotive Engineers, 2018. *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*, Farmington Hills, MI, SAE.

Saed, M., K. Daimi, et S. Bayan, 2019. A Survey of Autonomous Vehicle Technology and Security, communication présentée dans le cadre du VEHICULAR 2019: The Eighth International Conference on Advances in Vehicular Systems, Technologies and Applications, Rome, Italie.

Salazar, M., F. Rossi, M. Schiffer, C. H. Onder, et M. Pavone, 2018. *On the Interaction Between Autonomous Mobility-on-Demand and Public Transportation Systems*, communication présentée dans le cadre du 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems, Maui, HI.

Santi, P., G. Resta, M. Szell, S. Sobolevsky, S. H. Strogatz, et C. Ratti, 2014. « Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks », *PNAS*, vol. 111, n°37, p. 13290-13294.

Sarabia, L., 2020a. « National drop in vehicle-related pollution provides glimpse of an electrified future », *Electric Autonomy Canada* (9 avril).

Sarabia, L., 2020b. « With a "radically changed" policy environment for electric and autonomous vehicles, what form should post-COVID stimulus take? », *Electric Autonomy Canada* (22 avril).

Saracco, R., 2019. Platooning Does Not Seem A Viable Business. Adresse : https://cmte.ieee.org/futuredirections/2019/01/16/platooning-does-not-seem-a-viable-business/ (consulté en novembre 2019).

SC – Santé Canada, 2017. *Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé*, Ottawa, ON, SC.

Scassa, T., 2018. What Role for Trade Deals in an Era of Digital Transformation? Adresse : https://www.cigionline.org/articles/what-role-trade-deals-era-digital-transformation (consulté en octobre 2019).

Schaller, B., 2018. *The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities*, Brooklyn, NY, Schaller Consulting.

Schlossberg, M., W. Riggs, A. Millard-Ball, et E. Shay, 2018. *Rethinking the Street in an Era of Driverless Cars*, Eugene, OR, APRU Sustainable Cities and Landscape Research Hub.

Schmitz, K. et D. von Trotha, 2018. *Capacity Effect of Autonomous Vehicles*, Luxembourg, Luxembourg, Arthur D. Little.

Schneider, B., 2018. CityLab University: Induced Demand. Adresse : https://www.citylab.com/transportation/2018/09/citylab-university-induced-demand/569455/ (consulté en mai 2019).

Schoettle, B. et M. Sivak, 2013. *The Reasons for the Recent Decline in Young Driver Licensing in the U.S.*, Ann Arbor, MI, University of Michigan Transportation Research Institute.

Schoettle, B., 2017. *Sensor Fusion: A Comparison of Sensing Capabilities of Human Drivers and Highly Autonomous Vehicles*, Ann Arbor, MI, The University of Michigan, Sustainable Worldwide Transportation.

Schwarting, W., J. Alonso-Mora, et D. Rus, 2018. « Planning and Decision-Making for Autonomous Vehicles », *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, vol. 1, p. 187-210.

Schwartz, S. I., 2018. *No One at the Wheel: Driverless Cars and the Road of the Future*. New York, NY, PublicAffairs.

Scribner, M., 2018. *Authorizing Automated Vehicle Platooning: A Guide for State Legislators, 2018 Edition*, Washington, DC, Competitive Enterprise Institute

Serafimova, T., 2020. *Covid-19: An Opportunity to Redesign Mobility Towards Greater Sustainability and Resilience?*, Fiesole, Italie, Florence School of Regulation, European University Institute.

Seuwou, P., E. Banissi, et G. Ubakanma, 2020. « The future of mobility with connected and autonomous vehicles in smart cities », dans Farsi, M., A. Daneshkhah, A. Hosseinian-Far et H. Jahankhani (réd.), *Digital Twin Technologies and Smart Cities*, Cham, Suisse, Springer Nature Switzerland AG.

Shabanpour, R., A. Shamshiripour, et A. Mohammadian, 2018. « Modeling adoption timing of autonomous vehicles: innovation diffusion approach », *Transportation*, vol. 45, p.1607-1621.

Shah, S. A. A., E. Ahmed, M. Imran, et S. Zeadally, 2018. « 5G for Vehicular Communications », *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, n°1, p. 111-117.

Shaheen, S. A., A. Cohen, et I. Zohdy, 2016. *Shared Mobility: Current Practices and Guiding Principles*, Washington, DC, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

Shaheen, S., 2018. « Impacts of Shared Mobility », Berkeley, CA, ITS Berkeley Policy Briefs.

Shaheen, S., 2018. « Shared Mobility: The Potential of Ridehailing and Pooling », dans Sperling, D. (réd.), *Three Revolutions: Steering Automated, Shared, and Electric Vehicles to a Better Future*, Washington, DC, Island Press.

Shankwitz, C., 2017. *Long-haul Truck Freight Transport and the Role of Automation: Collaborative Human - Automated Platooned Trucks Alliance (CHAPTA),* Bozeman, MT, Western Transportation Institute.

Sharpe, B., 2019. *Zero-Emission Tractor-Trailers in Canada: Working Paper 2019-04*, Washington, DC, The International Council on Clean Transportation.

Shaver, K., 2019. « D.C. Tests System That Allows Delivery Drivers to Reserve Space at the Curb », *Washington Post* (2 août).

Sherman, L., 2017. « Why Can't Uber Make Money? », *Forbes* (14 decembre).

Shields, N., 2018. « Ford and Volvo are Partnering with Baidu for Self-Driving Technology », *Business Insider* (2 novembre).

Shladover, S. E., 2018. « Connected and automated vehicle systems: Introduction and overview », *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 22, n°3, p. 190-200.

Shoup, D., 2005. *The High Cost of Free Parking*. Chicago, IL, American Planning Association.

Shpieva, E., 201. « Dig to the Core: Automated Vehicles in the Mining Industry », *New Equipment Digest* (26 avril).

Sidewalk Labs, 2019. *MIDP Vol.2 Chap.1 Mobility*, Toronto, ON, Sidewalk Labs.

Sim, A., A. Ryan, M. Felder, M. Zolis, S. DeLara, C. Bure, et S. Sud, 2019. *Framing the Automated Vehicle Landscape,* Toronto, ON, MaRS Solutions Lab.

Simpson, J. R., S. Mishra, A. Talebian, et M. M. Golias, 2019. « An estimation of the future adoption rate of autonomous trucks by freight organizations », *Research in Transportation Economics*, vol. 76, p. 100737.

Singh, S., 2017. « Are Car Companies Going To Profit From Your Driving Data? », *Forbes* (6 novembre).

Sivak, M. et B. Schoettle, 2012. « Recent changes in the age composition of drivers in 15 countries », *Traffic Injury Prevention*, vol. 13, n°2, p. 126-132.

Sivak, M. et B. Schoettle, 2016. *Recent Decreases in the Proportion of Persons with a Driver's License Across All Age Groups*, Ann Arbor, MI, University of Michigan Transportation Research Institute.

SkedGo, 2020. From lockdown to lifeline: how overcoming COVID-19 can kick-start the Mobility-as-a-Service revolution. Adresse : https://skedgo.com/from-lockdown-to-lifeline-how-overcoming-covid-19-can-kick-start-the-mobility-as-a-service-revolution/ (consulté en juin 2020).

Smart, W. D., C. M. Grimm, et W. Hartzog, 2017. *An Education Theory of Fault for Autonomous Systems*, communication présentée dans le cadre du We Robot 2017, New Haven, CT.

Smith, A., 2020. Lime Says Bye-Bye to Bikes in Calgary; Will Bring Back E-Scooters. Adresse : https://calgaryherald.com/news/lime-says-bye-bye-to-bikes-in-calgary-will-bring-back-e-scooters/ (consulté en avril 2020).

Smith, B. W., 2017. « Automated driving and product liability », *Michigan State Law Review*, vol. 1, p. 1-74.

Sorensen, C., 2018. U of T Computer Vision Expert to Lead New Nvidia Research Lab in Toronto. Adresse : https://www.utoronto.ca/news/u-t-computer-vision-expert-lead-new-nvidia-research-lab-toronto (consulté en janvier 2020).

SP – Sécurité publique Canada, 2018. *Stratégie nationale de cybersécurité: Vision du canada pour la sécurité et la prospérité dans l'ère numérique*, Ottawa, ON, SP.

Spence, J. C., Y.-B. Kim, C. G. Lamboglia, C. Lindeman, A. J. Mangan, A. P. McCurdy, ... M. I. Clark, 2020. « Potential impact of autonomous vehicles on movement behavior: A scoping review », *American Journal of Preventative Medicine*, vol. 58, n°6, p. E191-E199.

Sperling, D., 2018. *Three Revolutions: Steering Automated, Shared, and Electric Vehicles to a Better Future*. Washington, DC, Island Press.

Spinney, J. E. L., D. M. Scott, et K. B. Newbold, 2009. « Transport mobility benefits and quality of life: A time-use perspective of elderly Canadians », *Transport Policy*, vol. 16, p. 1-11.

Spulber, A., V. Brugemen, E. Dennis, et Z. Fard, 2017. *Future Cities: Navigating the New Era of Mobility*, Ann Arbor, MI, Center for Automotive Research.

Stappers, N. E. H., D. H. H. Van Kann, D. Ettema, N. K. D. Vries, et S. P. J. Kremers, 2018. « The effect of infrastructural changes in the built environment on physical activity, active transportation and sedentary behavior – A systematic review », *Health and Place*, vol. 53, p. 135-149.

StatCan – Statistique Canada, 2012a. *L'activité humaine et l'environnement: Les déchets solides au Canada*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2012b. *La population rurale du Canada depuis 1851: chiffres de population et des logement, 2011 census*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2014. *Series T147-194: Motor Vehicle Registrations, by Province, 1903 to 1975*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2017a. *Commuters Using Sustainable Transportation in Census Metropolitan Areas*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2017b. *Tracking Physical Activity Levels of Canadians, 2016 and 2017*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2017c. *Journey to Work, Key Results from the 2016 Census*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2017d. *Population and Dwelling Count Highlight Tables. 2016 Census. Statistics Canada Catalogue no. 98-402-X2016001*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2017e. *Census of Population, 2016 Catalogue no. 98-304-X2016326*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2018a. *Canadian Survey on Disability, 2017*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2018b. *Survey of Household Spending, 2017*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2018c. *Dépenses des ménages, Canada, régions et provinces*. Adresse : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1110022201&request_locale=fr (consulté en octobre 2019).

StatCan – Statistique Canada, 2019a. *2016 Census of Population, Catalogue No. 98-400-X2016326*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019b. *Canada's Population Estimates: Age and Sex, July 1, 2018*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019c. *Road Motor Vehicle, Trailer and Snowmobile Registration, Table: 23-10-0235-01 (Formerly CANSIM 405-0001)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019d. *Commodity Flows by Mode in Canada: Canadian Freight Analysis Framework, 2016*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019e. *Table 20-10-0002-01 New Motor Vehicle Sales, by Type of Vehicle*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019f. *Table 36-10-0434-06 (formerly CANSIM 379-0031) Gross Domestic Product (GDP) at Basic Prices, by Industry, Annual Average, Industry Detail (x 1,000,000)*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019g. *Table 14-10-0202-01 (formerly CANSIM 281-0024) Employment by Industry, Annual*, Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2019h. Table 23-10-0067-01 Road Motor Vehicle Registrations, by Type of Vehicle. Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, 2020. *Table 12-10-0121-01 International Merchandise Trade by Commodity, Monthly (x 1,000,000)* Ottawa, ON, StatCan.

StatCan – Statistique Canada, s.d. *Table 24-10-0027-01 Number of Domestic Trips Made by Canadian Residents, by Trip Characteristics (x 1,000)*, Ottawa, ON, StatCan.

Steadman, M. et B. Huntsman, 2018. *Connected Vehicle Infrastructure: Deployment and Funding Overview*, College Station, TX, Texas A&M Transportation Institute.

Steck, F., V. Kolarova, F. Bahamonde-Birke, S. Trommer, et B. Lenz, 2018. « How autonomous driving may affect the value of travel time savings for commuting », Transportation Research Record, vol. 2672, n°46, p. 11-20.

Stein, S., 2019. Google's Smart Backpack Leads Second Wave of Connected Clothing. Adresse : https://www.cnet.com/news/googles-ambient-future-lives-in-an-upcoming-wave-of-smart-clothes/ (consulté en novembre 2019).

Stelling-Kończak, A., M. Hagenzieker, J. J. F. Commandeur, M. Agterberg, et B. van Wee, 2016. « Auditory localisation of conventional and electric cars: Laboratory results and implications for cycling safety », *Transportation Research Part F*, vol. 41, p. 227-242.

Stern, R. E., Y. Chen, M. Churchill, F. Wu, M. L. D. Monache, B. Piccoli, ... D. B. Work, 2019. « Quantifying air quality benefits resulting from few autonomous vehicles stabilizing traffic », *Transportation Research*, vol. 67, p. 351-365.

Stevenson, M., J. Thompson, T. Herick de Sa, R. Ewing, D. Mohan, R. McClure, ... J. Woodcock, 2016. « Land-use, transport and population health: Estimating the health benefits of compact cities », *Lancet*, vol. 338, p. 2925-2935.

Stogios, C., D. Kasraian, M. J. Roorda, et M. Hatzopoulou, 2019. « Simulating impacts of automated driving behavior and traffic conditions on vehicle emissions », *Transportation Research Part D*, vol. 76, p. 176-192.

Sweeney, B. A. et G. D. Mordue, 2017. « The restructuring of Canada's automotive industry, 2005-2014 », *Canadian Public Policy*, vol. 43, p. S1-S15.

Taeihagh, A. et H. S. M. Lim, 2019. « Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks », *Transport Reviews*, vol. 39, n°1, p. 103-128.

Talebian, A. et S. Mishra, 2018. « Predicting the adoption of connected autonomous vehicles: A new approach based on the theory of diffusion of innovations », *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 95, p. 363-380.

Talebpour, A., H. Mahmassani, et A. Elfar, 2017. « Investigating the effects of reserved lanes for autonomous vehicles on congestion and travel time reliability », *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2622, p. 1-12.

Tanguay, R., 2018. *En route pour gagner: Rapport du conseiller pour le secteur automobile*, Ottawa, ON, Innovation, Sciences et Développement économique Canada.

TC – Transport Canada, 2019d. *Statistiques sur les collisions de la route au Canada: 2018*, Ottawa, ON, TC.

TC – Transports Canada, 2011. *Sécurité Routière au Canada*, Ottawa, ON, TC.

TC – Transports Canada, 2018a. *Essais des Véhicules Hautement Automatisés au Canada*, Ottawa, ON, TC.

TC – Transports Canada, 2018b. *Les Transports au Canada 2016*, Ottawa, ON, TC

TC – Transports Canada, 2019a. *Les Transports au Canada 2018*. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/transparence/gestion-rapports-ministeriels/rapports-annuels-transports-canada/transports-canada-2018#item-12 (consulté en octobre 2019).

TC – Transports Canada, 2019b. *Canadians' Awareness of and Confidence in Automated Vehicles*. Ottawa, ON, TC.

TC – Transports Canada, 2019c. Sécurité des véhicules automatisés et connectés : ce qu'il faut savoir. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-automatises-connectes/securite-vehicules-automatises-connectes-ce-qu-il-faut-savoir (consulté en août 2019).

TC – Transports Canada, 2019e. *Programmes de financement pour véhicules connectés et automatisés*. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-automatises-connectes/programmes-financement-vehicules-connectes-automatises (consulté en novembre 2019).

TC – Transports Canada, 2019f. *Canada's Safety Framework for Automated and Connected Vehicles*, Ottawa, ON, TC.

TC – Transports Canada, 2019g. Le gouvernement du Canada investit dans les véhicules zéro émission. Adresse : https://www.canada.ca/fr/transports-canada/nouvelles/2019/04/le-gouvernement-du-canada-investit-dans-les-vehicules-zero-emission.html (consulté en mai 2019).

TC – Transports Canada, 2019h. *Les transporteurs routiers, les véhicules utilitaires et leurs conducteurs*. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/securite-vehicules-automobiles/transporteurs-routiers-vehicules-utilitaires-leurs-conducteurs (consulté en octobre 2019).

TC – Transports Canada, 2019i. *Véhicules zéro émission*. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission (consulté en mai 2019).

TC – Transports Canada, 2019j. *Systèmes coopératifs de circulation en peloton de camions : Le Centre d'essais pour véhicules automobiles de Transports Canada mène des essais de nouvelles technologies de transport par camion visant à réduire les émissions et à améliorer la sécurité*. Adresse : https://tc.canada.ca/fr/systemes-cooperatifs-circulation-peloton-camions-centre-essais-vehicules-automobiles-transports-canada-mene-essais-nouvelles-technologies-transport-camion-visant-reduire-emissions-ameliorer-securite (consulté en octobre 2019).

Tchir, J., 2020. « Could physical distancing reignite our excitement for autonomous driving? », *Globe and Mail* (16 avril).

Tesla, 2019. *InsureMyTesla*. Adresse : https://www.tesla.com/en_CA/support/insuremytesla (consulté en août 2019).

Thakur, P., R. Kinghorn, et R. Grace, 2016. *Urban Form and Function in the Autonomous Era*, communication présentée dans le cadre du Australasian Transport Research Forum, Melbourne, Australie.

The Lion Electric Co., s.d. The Lion Electric Co. | Propulser le Progrès. Adresse : https://thelionelectric.com/fr (consulté en février 2020).

Ticoll, D., 2015. *Driving Changes: Automated Vehicles in Toronto*, Toronto, ON, Munk School of Global Affairs.

Tirachini, A. et C. Antoniou, 2020. « The economics of automated public transport: Effects on operator cost, travel time, fare and subsidy », *Economics of Transportation*, vol. 21, p. 100151.

TKSL – Tencent Keen Security Lab, 2019. *Experimental Security Research of Tesla Autopilot*, Shenzhen, Chine, TKSL.

TMMC – Toyota Motor Manufacturing Canada Inc., 2019. *L'usine canadienne de montage de véhicules de Toyota: Usine Toyota Nord de Cambridge et Woodstock*, Adresse : https://tmmc.ca/fr/ (consulté en juillet 2019).

Topham, G., 2019. « All new UK cars to have speed limiters by 2022 under EU plans », *The Guardian* (27 mars).

Toral, R., 2018. « Evolving autonomous vehicle technology and the erosion of privacy », *University of Miami Business Law Review*, vol. 27, n°1, p. 153-180.

Town of Innisfil, 2019. *Staff Report DSR-038-19: Innisfil Transit 2018 Results and Fare Changes*, Innisfil, ON, Town of Innisfil.

Trading Economics, 2020. Labour Costs: America. Adresse : https://tradingeconomics.com/country-list/labour-costs?continent=america (consulté en août 2020).

Transdev Canada, 2019. Véhicules Autonomes. Adresse : https://www.transdev.ca/fr/nos-solutions/vehicules-autonomes/ (consulté en juillet 2019).

TRBOT – Toronto Region Board of Trade, 2020. *Getting Ready for Autonomy: AVs for Safe, Clean and Inclusive Mobility in the Toronto Region*, Toronto, ON, TRBOT.

Tremoulet, P. D., T. Seacrist, C. W. McIntosh, H. Loeb, A. DiPietro, et S. Tushak, 2018. « Transporting children in autonomous vehicles: An exploratory study », *Human Factors*, vol. 62, n°2, p. 278-287.

TTC – Toronto Transit Commission, 2017. *Implications of Automated Vehicles for TTC*, Toronto, ON, TTC.

Tu, R., L. Alfaseeh, S. Djavadian, B. Farooq, et M. Hatzopoulou, 2019. « Quantifying the impacts of dynamic control in connected and automated vehicles on greenhouse gas emissions and urban NO2 concentrations », *Transportation Research Part D*, vol. 73, p. 142-151.

Uber, 2019. Advanced Technologies Group. Adresse : https://www.uber.com/ca/en/atg/ (consulté en novembre 2019).

UE – Union Européenne, 2016. *Règlement (UE) 2016/679 Du Parlement Européen et du Conseil*, Brussels, Belgique, UE.

UITP – L'Union internationale des transports publics, 2017. *Autonomous Vehicles: A Potential Game Changer for Urban Mobility*, Brussles, Belgique, UTIP.

UN – United Nations, s.d. Objectif #11: Villes et communautés durable. Adresse : https://sdg.data.gov/fr/sustainable-cities-communities/ (consulté en juillet 2019).

Unifor, 2020. Unifor members ratify historic agreement with Ford Motor Company. Adresse : https://www.unifor.org/en/whats-new/press-room/unifor-members-ratify-historic-agreement-ford-motor-company (consulté en septembre 2020).

UofT News, 2020. U of T-Waterloo Research Data to put Self-Driving Cars to Ultimate Test: Canadian Winter. Adresse : https://www.utoronto.ca/news/u-t-waterloo-research-data-put-self-driving-cars-ultimate-test-canadian-winter (consulté en mars 2020).

USC – United States Congress, 2017. *S.680 - SPY Car Act of 2017*, Washington, DC, USC.

USDOT – United States Department of Transportation, 2018. *Roundtable on Data for Automated Vehicle Safety*, Washington, DC, USDOT.

USEPA – United States Environmental Protection Agency, 2019. Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES). Adresse : https://www.epa.gov/moves (consulté en août 2020).

USGAO – United States Government Accountability Office, 2017. *Vehicle Data Privacy*, Washington, DC, USGAO.

Valasek, C. et C. Miller, 2015. *Remote Exploitation of an Unaltered Passenger Vehicle*, Seattle, WA, IOActive.

Vardhan, H., 2017. HD Maps: New age maps powering autonomous vehicles. Adresse : https://www.geospatialworld.net/article/hd-maps-autonomous-vehicles/ (consulté en avril 2019).

Varghese, J. Z. et R. G. Boone, 2015. *Overview of Autonomous Vehicle Sensors and Systems*, communication présentée dans le cadre du 2015 International Conference on Operations Excellence and Service Engineering, Orlando, FL.

Vella-Brodrick, D. A. et J. Stanley, 2013. « The significance of transport mobility in predicting well-being », *Transport Policy*, vol. 29, p. 236-242.

Vellinga, N., 2019. « On automated driving, type-approval, road authorities and liability: A Dutch example », University of Groningen Faculty of Law Research Paper, n°56, p. 105.

ViaVan Technologies B.V., 2020. ViaVan. Adresse : https://www.viavan.com/ (consulté en septembre 2020).

Vision Mobility, Curiosity CK et L.E.K. Consulting, 2019. *Fourth Annual New Mobility Study*, Toronto, ON, Vision Mobility, Curiosity CK, et L.E.K. Consulting.

Waddell, D., 2020. « GM's First All-Electric Vehicle Plant in Detroit will have Canadian Spillover Benefits », *Windsor Star* (27 janvier).

Wadud, Z. et F. Y. Huda, 2019. « Fully automated vehicles: the use of travel time and its association with intention to use », *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport*, DOI:10.1680/jtran.18.00134.

Wadud, Z., 2017. « Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption », *Transportation Research Part A*, vol. 101, p. 163-176.

Wadud, Z., 2020. « An examination of the effects of ride-hailing services on airport parking demand », *Journal of Air Transport Management*, vol. 84, p. 101783.

Wadud, Z., D. MacKenzie, et P. Leiby, 2016. « Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles », *Transportation Research Part A*, vol. 86, p. 1-18.

Wahlström, J., I. Skog, et P. Händel, 2017. « Smartphone-Based Vehicle Telematics: A Ten-Year Anniversary », *IEEE Transactions on Intelligent Transport Systems*, vol. 18, n°10, p. 2802-2825.

Wang, A., C. Stogios, Y. Gai, J. Vaughan, G. Ozonder, S. Lee, ... M. Hatzopoulou, 2018. « Automated, electric, or both? Investigating the effects of transportation and technology scenarios on metropolitan greenhouse gas emissions », *Sustainable Cities and Society*, vol. 40, p. 524-533.

Ward, J., J. Michalek, I. Azebedo, et C. Samaras, 2019. « Effects of on-demand ridesourcing on vehicle ownership, fuel consumption, vehicle miles traveled, and emissions per capita in U.S. States », *Transportation Research Part C*, vol. 108, p. 289-301.

Welch, D., K. Naughton, et A. Barr, 2018. « GM Cuts in Front of Waymo to Seal Self-Driving Deal With Honda », *Bloomberg* (3 octobre).

Weldon, P., P. Morrissey, et M. O'Mahony, 2018. « Long-term cost of ownership comparative analysis between electric vehicles and internal combustion engine vehicles », Sustainable Cities and Society, vol. 39, p. 578-591.

WHO – World Health Organization, 2018. *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, Copenhagen, Danemark, WHO.

Wilkinson, S., 2020. « When will Canadians have the Right to Repair? », *The Monitor, Centre canadien de politiques alternatives* (2 janvier).

Williams, E., 2017. How Much Does it Really Cost to Charge that Electric Vehicle? Adresse : https://www.autotrader.ca/newsfeatures/20170302/how-much-does-it-really-cost-to-charge-that-electric-vehicle/ (consulté en août 2020).

Woldeamanuel, M. et A. Kent, 2014. « Determinants of per capita vehicle miles traveled (VMT): The case of California », *Journal of the Transportation Research Forum*, vol. 53, n°3, p. 35-46.

Wolfe, D. et E. Goracinova, 2017. *Regional Resilience and Ontario's Automotive Cluster: Its Future in the Digital Age*, communication présentée dans le cadre du Annual CDO Partnership Network Conference, Montréal, QC.

Woo, A., B. Fidan, et W. W. Melek, 2019. « Localization for Autonomous Driving », dans Zekavat, S. A. et R. M. Buehrer (réd.), *Handbook of Position Location: Theory, Practice, and Advances, (2ieme éd.)*, Hoboken, NJ, Wiley.

Wood, M., P. Robbel, M. Maass, R. Tebbens, M. Meijs, M. Harb, ... P. Schlicht, 2019. *Safety First for Automated Driving*, Troy, MI, Aptiv Services US, LLC; AUDI AG; Bayrische Motoren Werke AG; Beijing Baidu Netcom Science Technology Co., Ltd; Continental Teves AG & Co oHG; Daimler AG; FCA US LLC; HERE Global B.V.; Infineon Technologies AG; Intel; Volkswagen AG.

WSP Global Inc., 2019. *Ontario CAV Ecosystem Analysis*, Montréal, QC, WSP Canada Group Limited et les Centres d'excellence de l'Ontario

Xing, L., 2019. « Why Electric Vehicle Owners are Urging Ford Government to Fund Charging Stations », *CBC News* (15 juin).

Xing, L., 2020. « COVID-19 Restrictions Cut Downtown Toronto Pollution Levels by Almost Half, Researchers Find », *CBC News* (9 avril).

Yates, C. et J. Holmes, 2019. *The Future of the Canadian Auto Industry*, Ottawa, ON, Centre canadien de politiques alternatives

Ye, L. et T. Yamamoto, 2018. « Impact of dedicated lanes for connected and autonomous vehicle on traffic flow throughput », *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 512, p. 588-597.

Yin, H. et C. Berger, 2017. *When to Use What Data Set for Your Self-Driving Car Algorithm: An Overview of Publicly Available Driving Datasets*, communication présentée dans le cadre du IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation, Yokohama, Japon.

Zhang, W., S. Guhathakurta, et C. Ross, 2017. « Parking spaces in the age of shared autonomous vehicles: how much parking will we need and where? », *Transportation Research Record*, vol. 2651, n°1, p. 80-91.

Zhang, W., S. Guhathakurta, J. Fang, et G. Zhang, 2015. *The Performance and Benefits of a Shared Autonomous Vehicles Based Dynamic Ridesharing System: An Agent-based Simulation Approach*, communication présentée dans le cadre du Transportation Research Board 94th Annual Meeting, Washington, DC.

Zhou, L., S. Du, H. Zhu, C. Chen, K. Ota, et M. Dong, 2019. « Location privacy in usage-based automotive insurance: attacks and countermeasures », *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 14, n°1, p. 196-211.

Zimmer, B., 2018. *Vers La Protection De La Vie Privée Dès La Conception : Examen De La Loi Sur La Protection des Renseignements Personnels et les Documents Électroniques*, Ottawa, ON, Comité permanent de l'accès à l'information, de la protection des renseignements personnels et de l'éthique.

Rapports utiles du CAC

Les rapports d'évaluation répertoriés ci-dessous sont accessibles sur le site Web du CAC (www.rapports-cac.ca):

Bâtir l'excellence (2019)

Rivaliser dans une économie mondiale axée sur l'innovation : l'état de la R-D au Canada (2018)

Favoriser la mobilité des aînés canadiens (2017)

L'accès aux données sur la santé et aux données connexes au Canada (2015)

Promouvoir la durabilité dans un monde interconnecté (2014)

Paradoxe dissipé : pourquoi le Canada est fort en recherche et faible en innovation (2013)

Conseil d'administration du CAC*

David A. Dodge, O.C., MSRC (président), conseiller supérieur, Bennett Jones s.r.l. (Ottawa, Ont.)

Yves Beauchamp, O.C., FACG, vice-principal, administration et finances, Université McGill (Montréal, Qc)

Chantal Guay, FACG, directrice générale, Conseil canadien des normes (Ottawa, Ont.)

Eddy Isaacs, FACG, président, Eddy Isaacs, Inc.; conseiller stratégique, génie, Université de l'Alberta (Edmonton, Alb.)

Jawahar (Jay) Kalra, M.D., MACSS, professeur, Département de pathologie et de médecine de laboratoire et membre du Conseil des gouverneurs, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

Bartha Maria Knoppers, O.C., O.Q., MSRC, MACSS, professeure titulaire et directrice, Centre de génomique et politiques, Département de génétique humaine, Faculté de médecine, Université McGill (Montréal, Qc)

Cynthia Milton, vice-présidente associée à la recherche à l'Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

Sioban Nelson, inf. aut., MACSS, professeure à la Faculté des sciences infirmières de l'Université de Toronto et présidente désignée de l'Académie canadienne des sciences de la santé (Toronto, Ont.)

Proton Rahman, M.D., MACSS, professeur-chercheur universitaire à la Faculté de médecine de l'Université Memorial (St. John's, T.-N.-L.)

Donna Strickland, C.C., MSRC, FACG, professeure, Département de physique et d'astronomie, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

Julia M. Wright, MSRC, Professeure, Département d'anglais, et professeure-chercheuse universitaire, Université Dalhousie; présidente, Académie des arts, des lettres et des sciences humaines, Société royale du Canada (Halifax, N.-É.)

* En decembre 2020

Comité consultatif scientifique du CAC*

Eliot A. Phillipson, O.C., MACSS (président), professeur émérite de médecine Sir John and Lady Eaton, Université de Toronto (Toronto, Ont.); ancien président-directeur général, Fondation canadienne pour l'innovation (Ottawa, Ont.)

Karen Bakker, professeure, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écologie politique, et directrice du Programme sur la gouvernance de l'eau, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

David Castle, professeur, École d'administration publique et École de gestion Gustavson, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

Sophie D'Amours, O.C., FACG, rectrice, Université Laval (Québec, Qc)

Jackie Dawson, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'environnement, la société et les politiques et professeure agrégée, Département de géographie, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

Jeffrey A. Hutchings, MSRC, titulaire de la chaire Killam Memorial et professeur de biologie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Malcolm King, MACSS, directeur scientifique, Saskatchewan Centre for Patient-Oriented Research, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

Chris MacDonald, professeur agrégé; directeur, Ted Rogers Leadership Centre; chef du Département de droit et des affaires, Ted Rogers School of Management, Université Ryerson (Toronto, Ont.)

Stuart MacLeod, MACSS, professeur de pédiatrie (émérite), Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.); professeur auxiliaire, Département de santé communautaire et d'épidémiologie, Université Dalhousie (Halifax, N.É.)

Barbara Neis, C.M., MSRC, professeure distinguée John Paton Lewis, Université Memorial de Terre-Neuve (St. John's, T.-N.-L.)

Gilles G. Patry, C.M., O.Ont., FACG, directeur général, Le U15 – Regroupement des universités de recherche du Canada (Ottawa, Ont.)

Nicole A. Poirier, FACG, présidente, KoanTeknico Solutions Inc. (Beaconsfield, Qc)

* En decembre 2020

Council of Canadian Academies | Conseil des académies canadiennes

180, rue Elgin, bureau 1401
Ottawa (Ontario) K2P 2K3
Tél: 613 567-5000
www.rapports-cac.ca

Note to printer: Once thickness of book is known, please contact designer to make spine art correct dimension.