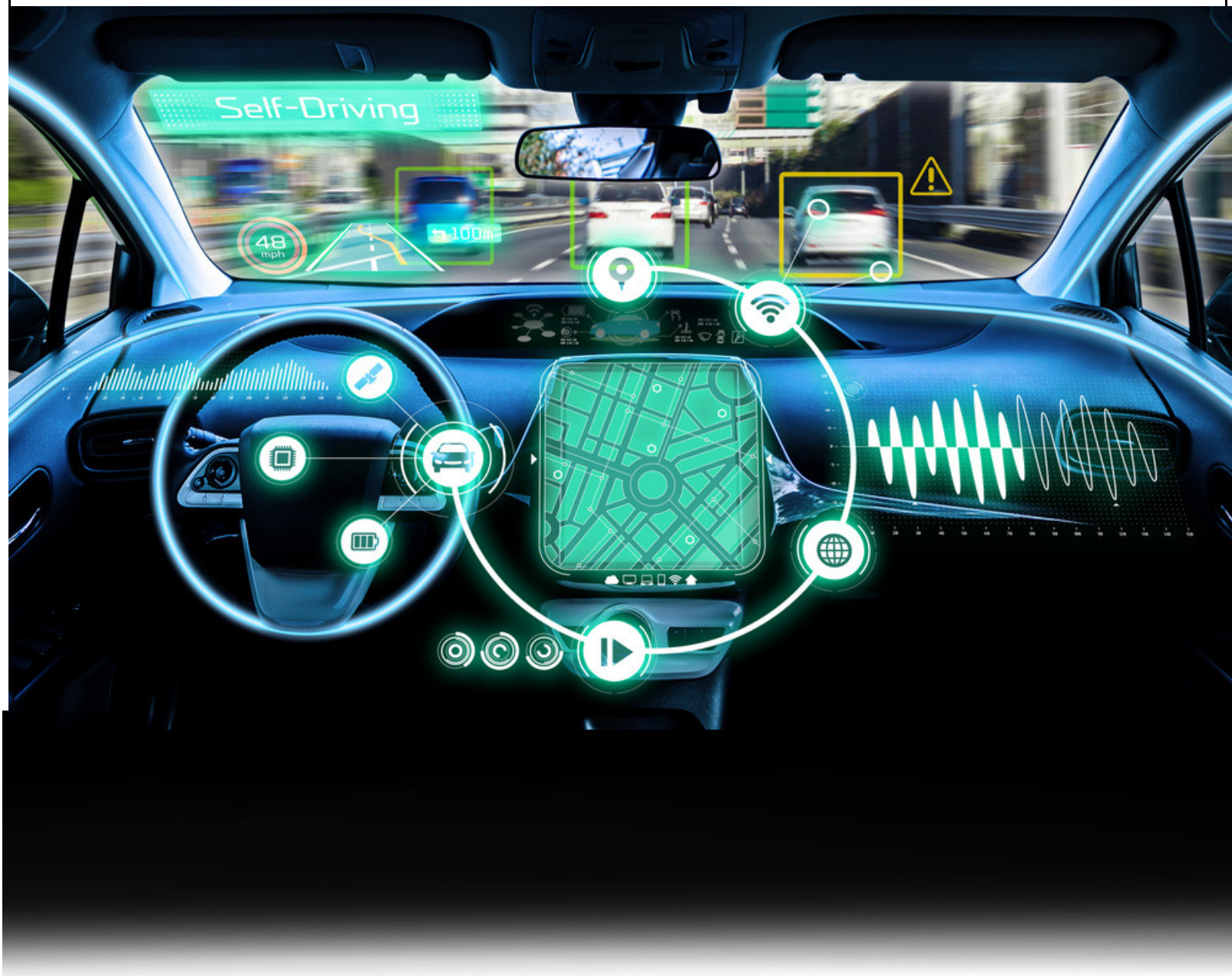




VEHICULES AUTONOMES | ET L'AVENIR DE L'EMPLOI AU CANADA



VEHICULES AUTONOMES ET L'AVENIR DE L'EMPLOI AU CANADA

RECHERCHE PAR:



CONSEIL DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DES
COMMUNICATIONS (CTIC)

FINANCEMENT FOURNI PAR :

LE PROGRAMME D'INITIATIVES SECTORIELLES DU GOUVERNEMENT
DU CANADA



VEHICULES AUTONOMES ET L'AVENIR DE L'EMPLOI AU CANADA

www.ictc-ctic.ca

Préface

Le CTIC est un centre national d'expertise qui vise à renforcer l'avantage numérique du Canada dans une économie mondiale. Grâce à des recherches de confiance, à des solutions novatrices de gestion des talents et à des conseils neutres en matière de politiques, le CTIC encourage les industries canadiennes novatrices et concurrentielles sur le marché mondial qui sont habilitées par une main-d'œuvre talentueuse et diversifiée.

Pour citer le présent rapport :

Cutean, A. (2017). Les véhicules autonomes et l'avenir du travail au Canada. Conseil des Technologies de l'information et des Communications (CTIC). Ottawa, Canada.

Élaboré et rédigé par Alexandra Cutean (gestionnaire, Politique et recherche), et grâce au généreux soutien de Jeremy Depow (vice-président, Politique et recherche), de Maryna Ivus (analyste principale, Politique et recherche), de Zhenzhen Ye (analyste, Politique et recherche), et de Choice Ubangha (analyste, Politique et recherche).

Remerciements

Les contributions apportées par notre comité consultatif sont grandement appréciées. Plus particulièrement, nous aimerions remercier les personnes suivantes:

Amit Singh: Public Policy, Uber

Guy Levin: Public Policy, Uber

Chris Schafer: Public Policy, Uber

AnnaLisa Meyboom: Director, TIPS lab, University of British Columbia (UBC)

Antoine Belaieff: Director, Regional Planning and Policy, Metrolinx

Emmanuel Chabot: Director, Innovation and Policy, Transport Canada

Eric Smith: VP, Regulatory Affairs, Canadian Wireless Telecommunications Association (CWTA)

Gary Andrishak: Director, IBI Group

Oliver Hartleben: Coordinator, IBI THINK, IBI Group

Geoffrey Wood: Senior Vice President, Canadian Trucking Alliance

Marco Beghetto: VP Communications, Canadian Trucking Alliance

Jean-Marc Picard: Executive Director, APTA

John Eddy: Principal, Arup

Julie Irvine: Senior Analyst, ISED

Nicola Bill: Manager, Policy and Strategic programs, ISED

Leemor Chandally: Director, Strategic Partnerships North-America, Bestmile

Neil Kochhar: Manager, Transport Canada

Sean Rathwell: Associate, Dillon Consulting

Yves Provencher: Director of Transport, PIT Group

TABLe DE MATIèRES

<i>Avant-propos</i>	1
<i>Sommaire</i>	4
<i>Introduction</i>	7
I. SECTION UN : VÉHICULES AUTONOMES : UN APERÇU DU MARCHÉ	10
cTechnologie, croissance et innovation au Canada : un bref aperçu	
Que sont les véhicules autonomes?	11
Une brève histoire des véhicules autonomes	12
Les technologies à la base des véhicules autonomes	13
Intelligence artificielle	13
Coopération homme-machine	14
Services mobiles 5G	15
Télématique	15
Détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR)	15
Les considérations mondiales des véhicules autonomes	16
Recettes et échéanciers : quelles recettes seront générées et quand peut-on s'attendre à les obtenir?	17
Mise à l'essai : véhicules autonomes, sécurité et protection des consommateurs	19
Du piratage informatique à la confidentialité des données : véhicules autonomes, cybersécurité et protection des données	23
À qui la faute : les véhicules autonomes et l'industrie de l'assurance	26
Élargir la portée : des véhicules autonomes et une mobilité accrue pour tous	
L'automatisation et le secteur du transport au Canada	28
Où nous situons-nous : les avancées mondiales, le Canada et les progrès liés aux véhicules autonomes	30
	31
II. SECTION DEUX - VILLES INTELLIGENTES : UTILISER LA TECHNOLOGIE POUR GÉNÉRER DES SOLUTIONS SOCIÉTALES	35
Les villes intelligentes et les véhicules autonomes : leur fonctionnement	
Infrastructure, population et mode de vie : « l'image » des villes intelligentes dotées de véhicules autonomes	37
Villes intelligentes et emplois : quelles professions d'aujourd'hui seront les plus recherchées?	38
Les villes intelligentes et les futurs emplois : quels emplois seront créés?	40
	43
III. SECTION TROIS: VEHICULES AUTONOMES: UNE ANALYSE DU MARCHÉ CANADIEN	44
Véhicules autonomes et changements sur le marché du travail	
Véhicules autonomes, percées technologiques et changements touchant les professions	44
	45

TABLER DE MATIERES

Professions touchées : marché du travail et perspectives d'emploi au Canada:	47
Considérations relatives aux conducteurs canadiens	
Chômage et transition vers le marché du travail	48
Niveaux de scolarité selon le type de profession	50
Salaires, éducation et suppression d'emplois : qui fera les frais du changement?	51
Comparaison des salaires selon les professions : analyse approfondie	53
Compétences, talents et modification des possibilités d'emploi	55
Prévisions d'emploi en TIC dans l'industrie canadienne des véhicules autonomes (2017-2021)	58
Conclusion	59
 IV. SECTION QUATRE : RECOMMANDATIONS	61
Annexe I: Methode de recherche et de prevision	64
Annexe II : Limites de la recherche	65
Annexe III: Tableau des professions en demande pour les villes intelligentes	69
Annexe IV : Tableau des professions de conducteurs qui seront touchées par les véhicules autonomes	73
Annexe V : Tableau des professions du domaine de l'automobile qui seront touchées par les véhicules autonomes	74
Annexe VI : Tableau des professions auxiliaires qui seront touchées par les véhicules autonomes	77
Annexe VII: Tableau des professions en TIC qui seront touchées par les véhicules autonomes	83
Annexe VIII : Tableau des professions liées aux véhicules autonomes et aux compétences connexes requises	89
Notes de fin	91

AVANT-PROPOS

Nous sommes à l'aube de l'ère des véhicules autonomes. Tout comme l'émergence de l'automobile a façonné le développement de nombreuses villes du XXe siècle, les véhicules autonomes auront un impact colossal sur la croissance des villes du XXIe siècle. Alors que l'arrivée de l'automobile a engendré des avantages monumentaux, elle a également créé des défis unanimement reconnus aujourd'hui : une hausse des décès sur la route, la pollution atmosphérique, le trafic qui augmente sans cesse, et des villes dominées par des routes et des stationnements. Cette nouvelle vague de véhicules nous permet de saisir les avantages d'une nouvelle technologie alors que nous apprenons de nos erreurs passées.

Parmi ces avantages, les véhicules autonomes présentent une occasion unique d'améliorer la sécurité de la conduite. L'an dernier seulement, il y a eu plus de 37 000 décès sur la route aux États-Unis et plus de 1 800 au Canada. Plus de 90 % de ces accidents ont été causés par une erreur humaine. La conduite autonome pourrait considérablement réduire ces chiffres.

Toutefois, comme les voitures traditionnelles, les véhicules autonomes ne produiront pas uniquement des résultats positifs. **Tout dépend de la façon dont la technologie est déployée.** Nous croyons fermement qu'une vision positive de l'avenir nécessite que les véhicules autonomes soient à la fois partagés et, en fin de compte, électriques. Ce n'est qu'en combinant ces trois révolutions des transports que sont le partage, l'automatisation et l'électrification que nous pourrions maximiser les avantages sociétaux de la nouvelle technologie.

Si nous faisons seulement une transition de propriété des véhicules individuels aux véhicules autonomes individuels, une grande occasion nous échappera. Aujourd'hui, les voitures tournent au ralenti à l'arrêt 95 % du temps. En ces rares occasions où les véhicules sont conduits, une seule personne les occupe habituellement. Ensemble, cela signifie que seulement 1 à 2 % de leur capacité potentielle est utilisée au cours d'une journée donnée. Le covoiturage permet d'améliorer l'utilisation non seulement du véhicule dans son ensemble, mais également des sièges qui s'y trouvent (de 1 à 4 passagers potentiels). En passant de la propriété de véhicules individuels aux parcs de véhicules permettant le covoiturage, les villes peuvent transporter nettement plus de personnes en utilisant beaucoup moins de voitures et réduire considérablement la demande de stationnement et d'autres infrastructures privées pour des véhicules avec conducteur.

Cela pourrait avoir un grand impact sur les villes. Les embouteillages étant moins nombreux, les gens pourraient passer moins de temps coincés dans la circulation et la productivité augmenterait. Les stationnements étant moins nombreux, les villes pourraient récupérer de précieux biens réels pour des priorités civiques comme le logement abordable et les espaces verts. L'utilisation accrue des places dans les véhicules crée un cercle vertueux qui permet de réduire les coûts de transport, facilitant ainsi l'accès aux communautés mal desservies.

Il est également essentiel de remarquer les synergies entre le partage et l'automatisation en hausse des véhicules et l'électrification croissante des véhicules. Les véhicules qui fonctionnent au moyen de combustibles fossiles peuvent contribuer jusqu'à 75 % de la pollution atmosphérique locale et souvent plus de 50 % de son empreinte carbone. Alors que les villes font face à une croissance démographique importante et à une hausse attendue de 300 % de la demande en matière de mobilité, les systèmes de transport dominés par une alimentation par combustion deviendront indéfendables. De nouvelles technologies plus propres seront créées pour la nouvelle ère, ce qui signifie l'utilisation intégrale de moteurs électriques pour éliminer les émissions d'échappement et l'intégration accrue de sources d'énergies renouvelables dans les réseaux électriques afin de réduire radicalement la pollution totale. Ainsi, cette possibilité permettra d'améliorer la qualité de vie au quotidien dans les villes et d'assurer une approche plus durable du transport à l'échelle mondiale.

Les trois technologies distinctes que sont la mobilité partagée, l'automatisation et l'électrification se renforcent mutuellement. L'autonomie réduira les coûts directs et augmentera l'utilisation en permettant aux véhicules de fonctionner continuellement. Plus le taux d'utilisation est élevé, plus il est justifié sur le plan économique de passer aux technologies électriques à rendement élevé plutôt que de s'en tenir aux moteurs à combustion et aux combustibles fossiles. Moins les coûts d'exploitation des trajets sont élevés, plus la demande pour des trajets qui permettent le covoiturage est élevée. La convergence réussie de ces trois innovations est essentielle à l'avenir des véhicules autonomes, et le déploiement des véhicules autonomes de manière réfléchie est crucial pour l'avenir des villes.

Nous devons également reconnaître les impacts possibles sur les emplois et la main-d'œuvre. Les innovations introduites au cours de l'histoire ont souvent provoqué le déplacement des travailleurs, mais elles ont aussi permis d'augmenter la productivité et de créer de nouveaux emplois, redéfinissant ainsi le marché du travail. Nous ne pouvons pas prédire avec exactitude ce que l'avenir nous réserve et ne devrions pas faire de suppositions quant aux impacts potentiels. Du côté d'Uber, nous croyons que le nombre de conducteurs qui utiliseront nos applications à l'avenir augmentera, et que la demande pour le covoiturage continuera de croître alors que les gens renoncent à leurs voitures personnelles. Nous devrions prendre ces questions au sérieux, et nous sommes déterminés à jouer un rôle dans le débat sur les politiques.

L'étude Les véhicules autonomes et l'avenir du travail au Canada est la première non seulement à évaluer les avantages des véhicules autonomes et leur processus de mise en œuvre, mais aussi à explorer la relation entre cette technologie cruciale et le marché du travail canadien. Grâce à une collaboration et à des échanges avec l'industrie, des décideurs, des chefs de file de l'industrie automobile et le milieu universitaire, le rapport présente les difficultés et les possibilités immenses auxquelles le marché du travail canadien peut s'attendre à la suite de l'introduction des véhicules autonomes.

Uber

SOMMAIRE

Les avancées technologiques changent et restructurent nos vies depuis les débuts de l'histoire de l'humanité. Depuis la naissance de la révolution industrielle, la technologie influence, façonne et rajuste différents aspects de nos vies et sociétés tout en faisant de nous des citoyens plus débrouillards, mieux informés et plus résilients en cours de route. Bien qu'il ne s'agisse que d'un exemple parmi d'autres de ce changement, les véhicules autonomes utilisent des innovations technologiques comme la méthode LIDAR (détection et télémétrie par ondes lumineuses), la 5G et l'intelligence artificielle pour réinventer la façon dont nous pensons à la mobilité et à la conduite d'un véhicule. Ayant la capacité de guider la croissance économique dans le monde entier, les véhicules autonomes devraient être la force motrice de la demande pour plus de 34 000 emplois de qualité au cours des 5 prochaines années au Canada. Il va sans dire que les véhicules autonomes sont en bonne voie de devenir l'une des innovations les plus attendues de notre époque.

Ce rapport présente un résumé des impacts imminents que les véhicules autonomes terrestres à passagers auront sur l'économie et le marché du travail du Canada. Le rapport se fonde sur les données secondaires les plus récentes, couvrant des sujets comme les professions les plus recherchées, les taux d'emploi et les salaires, ainsi qu'une analyse documentaire approfondie des études les plus récentes et pertinentes, et une analyse des données primaires recueillies par le biais d'entrevues et de groupes consultatifs composés de chefs de file et d'experts de l'industrie. Cette analyse approfondie des différentes données est nécessaire pour dresser un portrait exact de cet environnement et de ce contexte pour le Canada. Cela dit, la technologie des véhicules autonomes est un paysage qui évolue rapidement, et de nouveaux développements se produisent tous les jours. Le changement rapide inhérent à ce domaine entraîne inévitablement la nécessité de faire d'autres recherches, y compris une analyse périodique qui saisit l'évolution des tendances et les gains potentiels que ce paysage peut offrir à l'économie canadienne. Évidemment, alors que cette technologie sera essentielle pour ouvrir la voie à la hausse du nombre d'emplois de qualité sur le marché du travail canadien, comme pour tout changement technologique, le remplacement d'autres professions demeure une préoccupation valable. Des mesures stratégiques pour traiter des stratégies de transition de la main d'œuvre des professions à croissance faible et élevée, et qui permettent une approche inclusive de l'exploitation du capital humain au Canada, dont les groupes sous-représentés, seront essentielles pour l'avenir.

Bien que les véhicules autonomes n'en soient qu'à leurs débuts, leur rendement est impressionnant. Démontrant la possibilité de réduire de plus de la moitié la fréquence des accidents graves sur la route aujourd'hui, les véhicules autonomes se préparent à offrir des caractéristiques de sécurité supérieures dans l'ensemble de nos villes et communautés tout en appuyant simultanément la croissance de l'énergie verte, la connectivité et l'inclusivité. Près de 2 000 Canadiens étant impliqués dans des accidents mortels chaque année, les niveaux mondiaux d'émission ne diminuant pas assez rapidement et bon nombre de Canadiens connaissant des difficultés en matière de mobilité et d'accès, les premiers véhicules entièrement autonomes, ceux qui ne nécessitent aucune interaction humaine, devraient envahir les rues d'ici 2022.

Offrant des options de mobilité améliorées, les véhicules autonomes présentent des occasions bonifiées d'inclusivité et de participation économique. En améliorant l'accès aux centres économiques et aux secteurs de forte croissance, les groupes sous-représentés au Canada, y compris les personnes handicapées et les personnes qui vivent en milieu rural ou dans des régions éloignées (comme les Autochtones qui résident souvent dans ces régions), auront l'occasion de participer à l'économie plus activement. Grâce à cette inclusion, les véhicules autonomes non seulement offrent un service indispensable, mais aident également à faire croître l'emploi dans l'économie canadienne. En appuyant la croissance de la main-d'œuvre canadienne, par le biais de programmes de développement des compétences, une collaboration accrue entre l'industrie et le milieu universitaire, et d'autres solutions stratégiques appropriées, nous augmentons notre potentiel en tant que nation de tirer parti des occasions offertes par ce développement novateur et de restructurer une main-d'œuvre qui peut prospérer malgré les perturbations qui se produisent au croisement de cette technologie même.

L'un de ces croisements touche les villes intelligentes et les communautés. La croissance des communautés et des villes intelligentes illustre bien la notion qui consiste à utiliser la technologie pour améliorer les résultats sociaux, économiques et communautaires, et nombreux sont ceux qui soutiennent que les véhicules autonomes ne pourront fonctionner selon leur pleine capacité que dans un environnement « intelligent ». Dans cet environnement, les concepts de mobilité et de connectivité et les nouveaux concepts d'aménagement urbain tirent le meilleur de l'autre : les communautés et les villes intelligentes favoriseront la capacité des véhicules autonomes et, grâce à la mobilité intelligente, ces derniers seront une composante essentielle de nos futurs secteurs urbains et ruraux.

D'ici 2035, on estime que le marché mondial des véhicules autonomes atteindra 77 milliards de dollars. Au Canada, les récents développements dressent un portrait prometteur de notre potentiel national de progresser dans ce domaine et de notre capacité à nous tailler une place sur ce marché. Au début de 2016, GM s'est engagée à embaucher un nouveau groupe d'ingénieurs pour travailler sur les véhicules autonomes en Ontario. Cette annonce a été appuyée par des engagements similaires de la part des décideurs, y compris le gouvernement de l'Ontario, ainsi que d'autres chefs de file de l'industrie comme QNX et Ford, promettant tous de soutenir une recherche accélérée dans le domaine. La demande étant croissante, le Canada a mis à l'essai ses premiers véhicules autonomes dans les rues d'Ottawa en octobre 2017.

Grâce à ce type de développements, la demande croissante pour des travailleurs dans les industries canadiennes des véhicules connectés et autonomes n'est pas surprenante, et ces changements se produisent rapidement. Comptant 213 300 travailleurs en 2016, les industries des véhicules connectés et autonomes du Canada devraient enregistrer une hausse de l'emploi qui atteindra 248 000 travailleurs d'ici 2021, représentant ainsi une croissance de 34 700 employés et un taux de croissance annuel composé de près de 3 %. Ce chiffre représente plus du double de la croissance moyenne observée dans l'ensemble de l'économie canadienne. L'éventail d'applications pour les véhicules autonomes et leurs impacts sur l'économie et la société ont une grande portée, et il sera crucial pour le Canada de tirer profit au cours des prochaines années des possibilités offertes par ce paysage technologique qui évolue rapidement.

INTRODUCTION

Touchant presque tous les volets de la vie quotidienne, la technologie change la façon dont nous travaillons et, au bout du compte, la façon dont nous vivons. Par conséquent, les avancées technologiques et la numérisation s'intègrent rapidement à une variété d'industries et sont de plus en plus le moteur de bon nombre d'économies de premier rang dans le monde entier. Au Canada seulement, le secteur des TIC [1] représente une croissance de 5,2 % du produit intérieur brut (PIB) depuis 2007 [2], atteignant une valeur totale de 72,3 milliards de dollars (4,3 % du PIB) en 2016 [3].

Visant à accroître l'efficience, à créer de nouvelles solutions aux problèmes de société et à élargir le pouvoir de l'efficacité du produit, les avancées technologiques représentent une source principale de productivité et de croissance économique. Ce lien est rapidement en train de devenir une réalité incontestée, les niveaux de productivité et la génération de recettes d'une entreprise, ou même d'une nation, étant de plus en plus liés à l'adoption de la technologie [4]. Une étude comparant la croissance au tout début d'Internet a dévoilé que le principal facteur déterminant de la hausse de la productivité aux États-Unis de 1995 à 2006 était leur capacité accrue de mettre en œuvre et d'utiliser des technologies novatrices et de faire croître leur économie du savoir [5]. L'Union européenne a connu une baisse de la productivité au cours de la même période, attribuable en grande partie à sa lente entrée dans ce domaine. Plus de 10 ans plus tard, les mêmes considérations s'appliquent toujours, mais elles sont encore plus pertinentes. Aujourd'hui, la capacité des entreprises de miser efficacement sur les technologies novatrices constitue une exigence fondamentale de leur développement, de leur capacité à créer des emplois de grande qualité, et de leur réussite économique globale.

Les véhicules autonomes [6] sont un exemple clé d'une innovation technologique se développant rapidement, permettant ainsi de créer des impacts considérables sur le développement économique, les besoins du marché du travail et la productivité. Les véhicules autonomes et leur rôle dans nos communautés modifient rapidement les perceptions des consommateurs et restructurent les considérations et les décisions en matière de politique publique.

Couvrant des secteurs allant de la création d'emplois au perfectionnement des compétences, en passant par les initiatives de formation, les demandes liées aux infrastructures urbaines, la cybersécurité et même les futures modifications législatives, les véhicules autonomes réorganisent, restructurent et transforment les besoins de la société.

Utilisant une variété d'avancées technologiques comme l'intelligence artificielle, la 5G et la télématique, les véhicules autonomes sont sans aucun doute l'une des innovations les plus attendues de notre époque. L'évolution des véhicules autonomes, en plus de leur impact sur nos sociétés de plus en plus connectées, nécessitera inévitablement la création de nouveaux modèles opérationnels et de nouvelles stratégies. Dans certains cas, ces nouveaux modèles ne seront pas compatibles avec les approches courantes des économies traditionnelles, dont le rendement économique croissant découlant de la banalisation des données. La capacité du Canada de rivaliser sur le marché en croissance des véhicules autonomes et de miser sur la croissance intersectorielle correspondante qui y est associée est cruciale. Ainsi, nous pouvons nous concentrer sur notre capacité de comprendre, d'adopter et de valoriser les avantages et les possibilités qu'offrent les véhicules autonomes à notre économie, à nos communautés et, au bout du compte, à nos vies.

Divisé en quatre sections, le présent document expose certaines des considérations clés relatives à l'arrivée des véhicules autonomes et à leur mise en œuvre au Canada et partout dans le monde. Selon une analyse approfondie de la technologie des véhicules autonomes, de ses impacts et de son potentiel de création d'emplois, ce document offrira des perspectives pertinentes notamment sur les besoins de l'industrie, les considérations relatives à l'infrastructure, la perception des consommateurs, la modification des exigences professionnelles et la future demande de main-d'œuvre. Le rapport comprend les sections suivantes.

SECTION UN - Véhicules autonomes: un aperçu du marché. Cette section présentera l'évolution des véhicules autonomes, du développement initial aux perspectives d'avenir.

Abordant la composition technologique des véhicules autonomes, comme l'intelligence artificielle, la 5G et les autres composantes pertinentes, cette section analysera les conséquences élargies des véhicules autonomes sur la vie quotidienne, notamment des questions clés comme la cybersécurité, la protection des données, la sécurité, la perception des consommateurs, les assurances et la réglementation.

SECTION DEUX - Villes intelligentes: utiliser la technologie pour générer des solutions sociétales. Cette section analysera le rôle et la capacité des véhicules autonomes dans le développement et l'évolution de villes intelligentes, notamment les considérations technologiques des villes intelligentes, la modification des infrastructures, les principaux besoins en infrastructures pour les véhicules autonomes dans les villes intelligentes, et l'analyse des professions les plus recherchées. Cette analyse inclura une liste des professions actuelles qui se répandront encore davantage au fil de la croissance des villes intelligentes, ainsi qu'une analyse conceptuelle des nouvelles professions (celles qui n'existent pas aujourd'hui) qui feront leur apparition grâce aux villes intelligentes.

SECTION TROIS - Véhicules autonomes: une analyse du marché canadien. Cette section recense et présente les rôles recherchés, les rôles qui nécessiteront le perfectionnement des connaissances, les rôles liés à la création de villes intelligentes, et les rôles qui seront ultérieurement progressivement éliminés. Cette section proposera des perspectives sur la composition de la main-d'œuvre, les salaires, la croissance de l'emploi et le besoin de compétences précises en se fondant sur une prévision relative à l'automatisation de niveau 2 à 5 des véhicules autonomes et une évaluation du « risque » associé à chaque profession.

SECTION QUATRE - Recommandations: À l'aide des perspectives énoncées dans les sections 1 à 3, cette section visera un appel à l'action, formulant des recommandations à l'intention des décideurs et de l'industrie au Canada selon les lacunes cernées en matière de développement et de déploiement des véhicules autonomes. Si elles sont mises en œuvre, ces recommandations contribueront à la croissance de la technologie des véhicules autonomes au Canada tout en permettant de s'assurer parallèlement que le Canada demeure concurrentiel sur ce marché en pleine croissance et en constante expansion.

SECTION UN : VÉHICULES AUTONOMES : UN APERÇU DU MARCHÉ

Technologie, croissance et innovation au Canada : un bref aperçu

Façonnée par un climat commercial conservateur en matière de prise de risques et d'investissement [7], historiquement, l'innovation, dont le domaine des véhicules autonomes, est un secteur dans lequel le Canada a sans doute évolué plus lentement que certains de ses homologues internationaux. Cependant, les récents développements, dont l'engagement du gouvernement fédéral à l'égard de la croissance de l'économie numérique, ont marqué un retournement de situation dans cet univers. En mettant clairement l'accent sur l'ouverture de la voie vers un avenir novateur au Canada, ces changements ont commencé à prendre forme en 2016. Le budget fédéral a approuvé une dépense de 7,3 millions de dollars sur 2 ans pour appuyer l'élaboration d'un cadre réglementaire qui vise à surveiller les technologies émergentes dans le secteur des transports, y compris les véhicules autonomes. Cette année, le Budget fédéral de 2017 a reconnu l'importance de l'innovation pour assurer la future croissance économique du Canada et permis de lancer le programme national d'innovation. Ce programme a présenté plusieurs initiatives prospectives, dont un investissement de 950 millions de dollars sur 5 ans pour des « supergrappes » d'innovation, le terme faisant référence à des secteurs au sein de villes ou de communautés qui affichent une concentration élevée de compétences académiques et de croissance des entreprises. Présentant un intérêt particulier pour les véhicules autonomes, le Budget de 2017 prévoyait également un investissement de 76,7 millions de dollars pour la modernisation du système de transport du Canada, une partie de cet investissement étant utilisé pour financer l'élaboration de règlements afin d'assurer l'adoption sécuritaire des véhicules connectés et autonomes [8].

Ces investissements, et d'autres encore, représentent des étapes initiales importantes qui peuvent aider à faire du Canada un centre d'innovation de classe mondiale, offrant des possibilités d'emplois de grande qualité et durables aux Canadiens dans l'ensemble des industries. Même si certaines mesures devront tout de même être prises pour faire connaître le Canada en tant que chef de file de l'innovation, ces investissements annoncent un avenir dans lequel nous serons mieux outillés pour adopter les innovations technologiques, stimuler l'innovation et exploiter pleinement les avantages évolutifs de l'économie numérique croissante.

Que sont les véhicules autonomes?

Grâce aux récents développements parmi les chefs de file des véhicules autonomes comme Tesla et Google, ainsi qu'aux progrès réalisés par d'autres fabricants établis, certains diront que la version ultime d'un véhicule qui peut fonctionner sans supervision humaine est une réalité de plus en plus plausible. Toutefois, la capacité d'autonomie complète de la plupart des véhicules sur la route est encore très loin de la réalité. Bien que bon nombre de véhicules modernes possèdent un certain niveau de connectivité, de façon générale, ils nécessitent encore le contrôle et la supervision des humains. Les véhicules autonomes fonctionnent selon un éventail varié de capacités, du niveau 1, où une seule fonction [9] est automatisée, au niveau 5, où toutes les fonctions sont automatisées. Un véhicule n'est entièrement autonome qu'au niveau 5 : il peut fonctionner de lui-même et assurer toutes les fonctions de conduite nécessaires sans aucune aide humaine.

Bon nombre des véhicules modernes se situant quelque part entre les niveaux 1 et 3, la plupart en sont venus à posséder plusieurs fonctions technologiques avancées, dont l'accès Internet intégré. Utilisant Internet pour offrir des fonctions de sécurité et des options de divertissement améliorées, les voitures d'aujourd'hui équipées de matériel numérique sont désignées comme des « véhicules connectés ». Ces véhicules offrent des fonctions comme la 4G et des mécanismes de sécurité améliorés comme les capteurs de détection des accidents. Par exemple, la Kia Sedona 2015 offre un coffre qui peut détecter les mains du propriétaire et s'ouvrir automatiquement. De même, la Ford Fusion, la Toyota Prius et la Lincoln MKZ de 2017 sont toutes équipées d'avertisseurs de sortie de voie, utilisant des caméras intégrées et les freins pour maintenir la position du véhicule au centre de la voie. Les fabricants de voitures de luxe comme BMW et Mercedes-Benz ont également équipé leurs véhicules de capteurs, ainsi que de systèmes qui apprennent le style de conduite du conducteur et qui l'avertissent en cas de conduite dangereuse ou inhabituelle. Bien que ces fonctions puissent avoir été considérées comme révolutionnaires seulement récemment, pour la plupart des fabricants de véhicules, le niveau de technologie autonome leur permet présentement de fonctionner dans un milieu « connecté » plutôt que dans un espace où le rôle du conducteur humain peut être éliminé complètement.

Une brève histoire des véhicules autonomes

Malgré les récentes innovations dans le domaine des véhicules connectés et autonomes, cette notion du véhicule qui fonctionne de façon autonome n'est pas un nouveau concept. En réalité, l'idée a commencé à faire son chemin dès la Seconde Guerre mondiale grâce à l'invention du régulateur de vitesse de Teetor. Créé en 1945 et commercialisé en 1958, le régulateur de vitesse Teetor était la première plateforme pour la conduite autonome : un accélérateur mécanique permettait au conducteur d'établir automatiquement la vitesse du véhicule [10]. Cette invention était non seulement la première en son genre, mais aussi la première à changer la façon dont l'expérience de conduite était perçue.

Une autre innovation importante dans le monde de la technologie autonome : la voiturette Stanford. Créée en 1961, cette voiturette est le premier rover à se poser sur la Lune. Dotée de caméras et d'un programme lui permettant de suivre automatiquement une ligne blanche continue sur le sol [11], la voiturette Stanford représentait la première découverte partant de l'idée de contrôler un véhicule à distance et créant un appareil capable de le faire à partir de la distance la plus éloignée possible à l'époque. Étant donné la nature précoce de cette technologie, il existait encore évidemment des difficultés significatives, la plus importante étant le délai entre l'envoi du signal par le centre de commandement et l'interception et l'interprétation du signal par la voiturette. Cependant, puisqu'elle appartenait à une époque de concurrence ardente entre les États-Unis et l'URSS pendant la Guerre froide, la voiturette Stanford représentait une découverte révolutionnaire en matière de technologie spatiale et de technologie des véhicules autonomes et a servi d'exemple éloquent du type d'innovation pouvant être généré dans des circonstances politiques, économiques et culturelles impérieuses.

D'autres innovations se sont également avérées cruciales pour modeler notre compréhension actuelle de la technologie des véhicules autonomes. Les développements clés incluent les suivants : le système de génie mécanique de Tsukuba de 1977, lequel peut reconnaître de façon autonome le marquage des rues tout en roulant à 20 milles à l'heure [12]; le véhicule VaMoRs de 1987, lequel permet aux véhicules de détecter de manière autonome des objets sur la route qui se trouvent devant ou derrière le véhicule [13]; l'aéronef MQ-1 Predator de General Atomics, le premier drone autonome de masse [14]; et la route de 150 milles de long pour les voitures autonomes, créée aux États-Unis à la suite du concours DARPA Robotics Challenge de 2004 à 2013 [15].

Toutes ces innovations ont contribué au développement de la technologie connectée et ont ultérieurement préparé le terrain pour les véhicules autonomes d'aujourd'hui comme le Waymo de Google et l'Autopilot de Tesla. Alors que les véhicules autonomes deviennent plus développés, fonctionnels et réactifs, les gouvernements du monde entier commencent à leur prêter attention. Jusqu'à présent, 33 États américains ont adopté des lois sur les véhicules autonomes et, comme le montre le Budget de 2017, le Canada a commencé à jeter les bases de ce fondement législatif également.

Les technologies à la base des véhicules autonomes

Alors que l'avenir des véhicules autonomes dépend de plusieurs facteurs, comme le développement technologique, la réglementation, le soutien gouvernemental et l'acceptation sociale [16], au bout du compte, leur succès se fonde sur leur capacité de fournir des solutions économiques de rechange qui sont viables, sécuritaires et pratiques [17]. Les sections suivantes présenteront les principales technologies utilisées dans les véhicules autonomes.

Intelligence artificielle

Les véhicules autonomes apprennent de leurs milieux en créant efficacement des cartes en trois dimensions de leurs environnements. Ces cartes permettent aux véhicules autonomes d'avoir un portrait d'ensemble de leur environnement en temps réel, une fonction clé qui les aide à prendre de meilleures décisions qu'un conducteur humain le ferait [18]. Des images précises en trois dimensions sont saisies à l'aide d'une combinaison de radars et de la méthode LIDAR (détection et télémétrie par ondes lumineuses), cette dernière utilisant la lumière d'un laser pour mesurer les plages et les distances [19]. Une fois que ces mesures sont saisies, le système informatique doit interpréter précisément leur signification et calculer la valeur des renseignements recueillis. C'est là que l'intelligence artificielle entre en jeu.

L'ordinateur utilise l'« apprentissage en profondeur », soit un regroupement d'algorithmes d'apprentissage automatique qui dépendent de couches de traitement pour extraire des caractéristiques distinctives des éléments d'information [20]. Par exemple, lorsque l'ordinateur reçoit une image tridimensionnelle d'un panneau d'arrêt, ses algorithmes d'apprentissage en profondeur « découpent » l'image en plusieurs tuiles et chacune d'elles est analysée et examinée afin d'en détecter certaines caractéristiques [21].

Les couches de traitement examinent la couleur, la forme, la taille et d'autres aspects pertinents des tuiles saisies. De là, l'ordinateur analyse toutes ces caractéristiques pour déterminer si l'objet est un panneau d'arrêt ou non d'après un vecteur de probabilité en se fondant sur un niveau de confiance établi [22]. Les caméras de la voiture envoient jusqu'à 30 images par seconde à l'ordinateur et le système d'intelligence artificielle du véhicule crée ces vecteurs de probabilité plusieurs fois par seconde, une composante qui permet au véhicule de prendre des décisions instantanées. Les architectures d'apprentissage en profondeur peuvent prendre plusieurs formes, certaines des plus courantes pour les véhicules autonomes étant les réseaux de neurones profonds et les réseaux de neurones convolutifs [23]. L'application de réseaux de neurones profonds leur permet d'« apprendre » à conduire sur divers types de routes et dans une variété de conditions climatiques.

Coopération homme-machine

Bien que l'intelligence artificielle soit au cœur de la capacité de la machine de déchiffrer la « signification » des renseignements reçus, une interface homme-machine qui fonctionne bien est essentielle pour s'assurer que le système fonctionne selon les besoins de l'humain dans le véhicule et que l'humain comprend les commandes ou les demandes de la machine. Bref, un humain dans un véhicule autonome peut effectuer d'autres activités pendant qu'il se trouve dans le véhicule, mais il doit pouvoir faire confiance au système informatique et le comprendre au cas où il devrait intervenir [24], notamment en reprenant la conduite du véhicule en mode manuel et le contrôle de la voiture, au besoin.

Un système d'interface homme-machine à haut rendement doit assurer la transparence du processus décisionnel de la machine selon les renseignements qui sont couramment utilisés par les conducteurs. Par exemple, si un véhicule anticipe des conditions météorologiques défavorables pendant un trajet, un facteur qui peut nécessiter l'intervention d'un humain, son système d'interface homme-machine doit d'abord analyser les données pertinentes pour déterminer une position, puis les exprimer d'une façon claire pour l'humain, permettant ainsi à chaque partie de mieux comprendre les décisions de l'un et l'autre [25] et créant par conséquent moins de conflits ou de confusion quant à la meilleure ligne d'action pour les deux parties.

Services mobiles 5G

L'une des composantes fondamentales de la conception des véhicules autonomes est leur capacité, et leur besoin, de communiquer avec d'autres véhicules (véhicule à véhicule) et infrastructures (véhicule à infrastructure). Cette communication dépend de la transmission de grandes quantités de données en temps réel. Les vitesses actuelles des réseaux d'aujourd'hui agissent comme goulot d'étranglement et, dans bon nombre de cas, empêchent ces véhicules d'atteindre leur plein potentiel [26]. Lorsque des données volumineuses sont saisies, les véhicules autonomes utilisent la fusion des données de capteurs multiples (FDCM), une plateforme qui condense les renseignements de différentes sources, chacune comportant différentes caractéristiques physiques (bâtiments, autres véhicules). La FDCM permet de recueillir et d'analyser ces données, améliorant ainsi la capacité du véhicule de comprendre son environnement [27]. Cependant, la capacité de la FDCM de fonctionner selon une efficacité optimale et sans décalage dépend de l'utilisation à grande échelle et de la disponibilité du flux de données de cinquième génération.

La cinquième génération représente la plus récente norme de service sans fil mobile faisant présentement partie d'un projet de déploiement à grande échelle. Selon des estimations récentes, la cinquième génération devrait être entièrement fonctionnelle et disponible dans l'ensemble du Canada d'ici 2020 [28]. Les services mobiles 5G offriront des vitesses accrues (plus de 600 fois plus rapides que les vitesses moyennes de la LTE d'aujourd'hui), une latence très faible, et une connectivité de véhicule à véhicule. Ensemble, ces fonctions permettront aux véhicules de communiquer entre eux, d'apprendre les uns des autres, et d'interagir avec leur environnement [29]. Grâce à la disponibilité de cette technologie, les véhicules autonomes pourront facilement et rapidement interagir et communiquer avec leur environnement, ainsi qu'analyser et stocker les données qu'ils reçoivent en quelques secondes seulement.

Télématique

La télématique renvoie à toute utilisation des télécommunications qui est intégrée aux technologies de l'information et des communications. Essentiellement, il s'agit d'un ensemble de technologies qui permettent d'envoyer, de recevoir et de stocker des renseignements sur des objets éloignés [30] comme des téléphones, des ordinateurs ou, dans ce cas-ci, des véhicules.

La télématique est utilisée dans les véhicules autonomes afin de surveiller l'emplacement d'un véhicule donné, ses déplacements, son état, sa destination, sa vitesse et son comportement dans une flotte [31]. Ce faisant, elle utilise un récepteur GPS et un dispositif récepteur électronique lui permettant d'interagir avec l'utilisateur et un système logiciel sur le Web [32]. Les autres services offerts au moyen de la télématique sont axés sur la commodité autant pour l'utilisateur que le fabricant. Par exemple, dans les véhicules autonomes, la télématique peut être exploitée pour recueillir des points de données variables. Lorsque ces données sont analysées, le véhicule peut ensuite interagir avec l'utilisateur, notamment en l'informant de sa disponibilité pour une réservation préalable, en fournissant des données logistiques (p. ex. moment de l'arrivée), ou en fournissant même des renseignements sur les périodes d'entretien [33]. Bon nombre de véhicules modernes disposent de certaines composantes de télématique qui ont été intégrées dans leurs systèmes, en faisant ainsi des véhicules « connectés ». Les services de télématique offerts dans les véhicules modernes incluent les systèmes avancés d'aide à la conduite, comme le régulateur de vitesse intelligent, le freinage d'urgence autonome, le système de surveillance des angles morts, le système de détection des piétons, l'avertisseur de sortie de voie et le détecteur de sommeil au volant [34].

Détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR)

La méthode LIDAR est une forme active de télédétection qui génère des renseignements spatiaux précis et valables sur le plan géographique concernant la forme et la composition de la surface de la Terre. Même si la technologie LIDAR était à l'origine utilisée pour la planification urbaine et l'archéologie, des joueurs puissants de la technologie ont récemment commencé à utiliser la méthode LIDAR pour leurs véhicules autonomes. Les véhicules autonomes de Google sont dotés d'un système LIDAR rotatif sur 360 degrés qui leur permet de « voir » la route et les objets qui s'y trouvent. Ce faisant, trois types de renseignements sont recueillis : 1) la portée de la voiture par rapport à l'objet sur la route; 2) la vitesse à laquelle l'objet se déplace; et 3) les propriétés chimiques de l'objet. Pour que les véhicules autonomes fonctionnent efficacement et évitent les collisions, le système LIDAR et les autres capteurs sont essentiels. Bien qu'il existe encore aujourd'hui certaines grandes difficultés concernant la technologie (comme la capacité de voir derrière des objets solides [35]), les avancées touchant le système LIDAR se poursuivent, et ce n'est qu'une question de temps avant que la technologie soit entièrement fonctionnelle.

Les considérations mondiales des véhicules autonomes

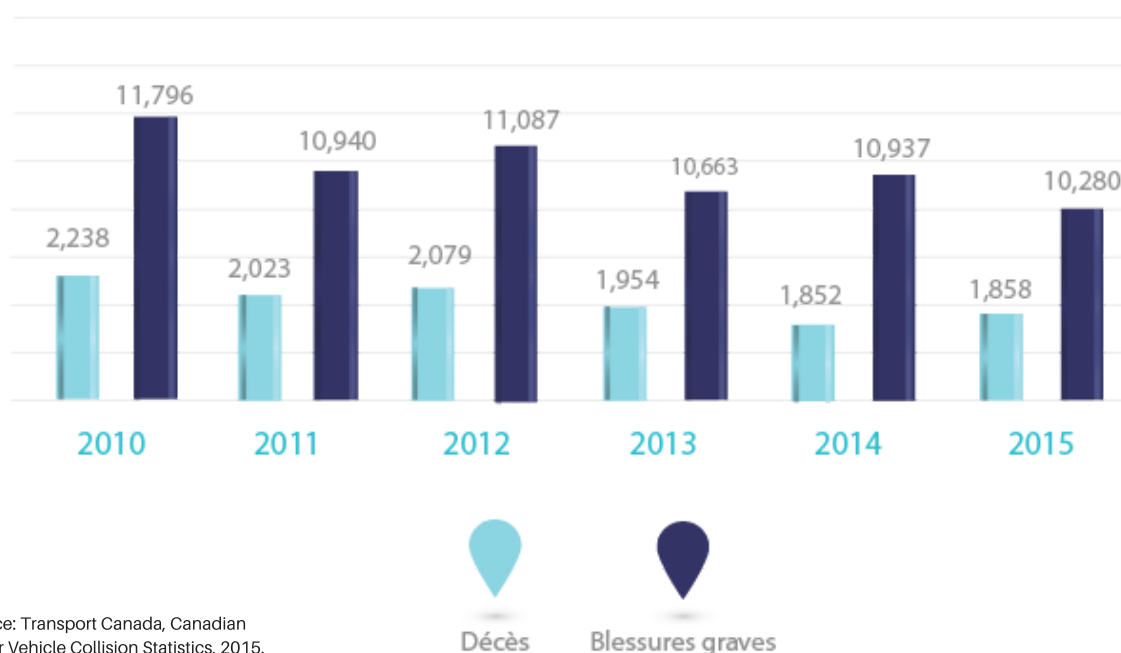
L'influence de la technologie sur divers secteurs de l'économie ne peut pas être sous-estimée. La technologie, qui a un impact sur les secteurs comme la fabrication, les services financiers, la vente au détail et le transport, remet continuellement en question les normes et, ultérieurement, change la façon dont notre monde fonctionne. Particulièrement, l'influence de la technologie sur le transport continue de croître. Grâce à l'arrivée de diverses fonctions de mobilité comme la télématique, le covoiturage, le divertissement intégré et l'assistance routière personnalisée, les modèles traditionnels de transport subissent présentement des changements considérables. Ce changement inévitable affecte la façon dont les véhicules sont construits, vendus et commandés, ainsi que la façon dont nous les utilisons et la raison pour laquelle nous le faisons. L'un des principaux éléments perturbateurs poussant ce changement : les véhicules autonomes.

Recettes et échéanciers : quelles recettes seront générées et quand peut-on s'attendre à les obtenir?

Parfois appelés « l'avenir de la mobilité mondiale » [36], les véhicules autonomes peuvent offrir de nombreux avantages à nos sociétés, notamment une réduction considérable des collisions de la route. En 2015, le nombre de décès sur la route au Canada était de 1 858, une hausse de 0,3 % par rapport à 2014. Le nombre de blessures graves a augmenté démesurément, soit presque 10 fois le nombre de décès, totalisant 10 280 blessures [37]. Ces cas entraînent non seulement une réduction de la qualité de vie, voire même un décès, mais ils s'accompagnent également de coûts très élevés. Les estimations évaluent le coût total des collisions de la route au Canada à quelque 46,7 milliards de dollars par année [38].

En revanche, non seulement les antécédents en matière de sécurité des véhicules autonomes montrent des résultats prometteurs, mais le rendement économique de cette technologie, dont la réduction des dépenses relatives aux accidents de la route, devrait être considérable. Bien qu'aucun résultat de référence ne soit présentement disponible précisément pour le Canada, le Boston Consulting Group estime que la valeur de l'industrie des véhicules autonomes, laquelle enregistre des ventes moyennes de 12 millions de véhicules chaque année partout dans le monde, pourrait atteindre 77 milliards de dollars d'ici 2035 [39].

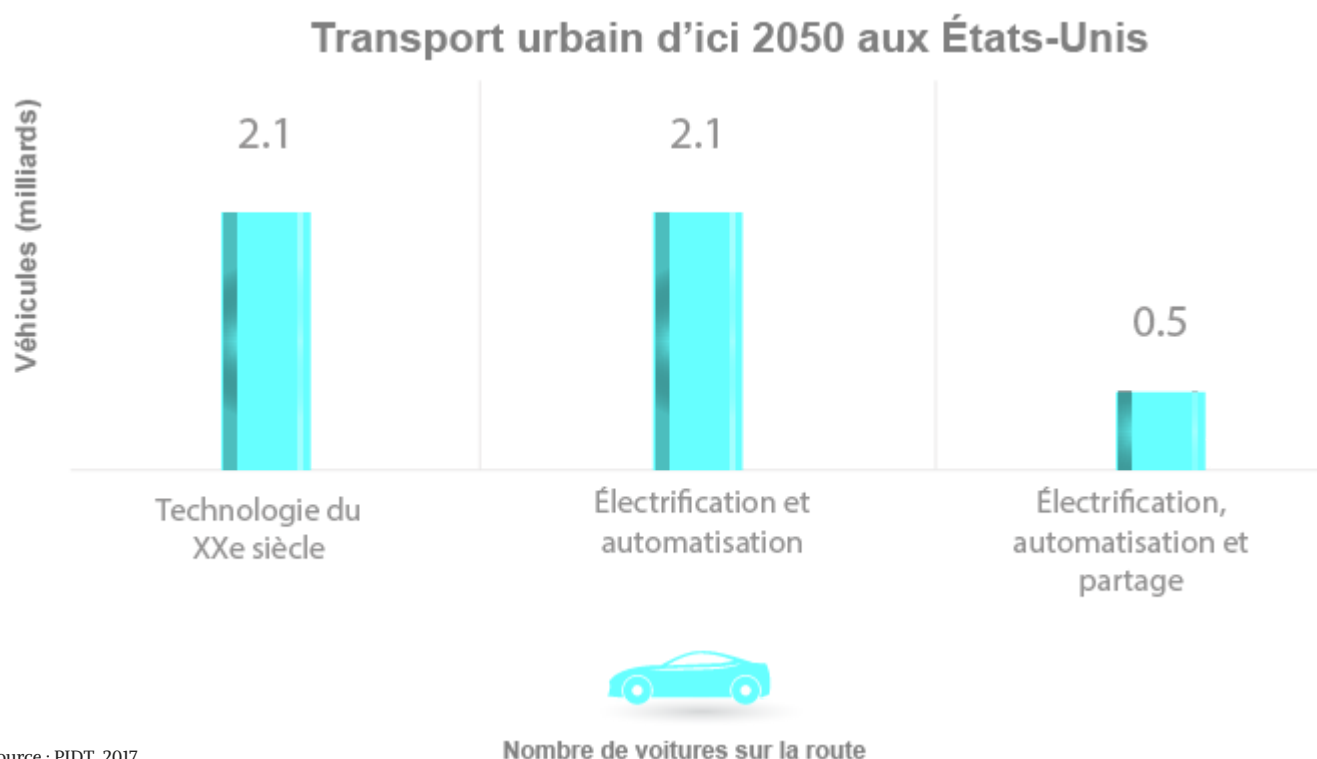
Accidents de la route au Canada



En ce qui concerne les échéanciers de déploiement, certaines prévisions ont souligné la possibilité que certains fabricants lancent, dès 2022, des véhicules entièrement autonomes, ne nécessitant donc aucun contrôle humain [40]. Cependant, la plupart des estimations indiquent que la probabilité d'une pleine automatisation d'ici cette date est mince. Même si certaines versions de véhicules autonomes pourraient envahir les rues relativement fréquemment entre 2020 et 2040, certains croient que la majorité des avantages liés aux véhicules autonomes, y compris l'amélioration de la sécurité, la réduction des embouteillages et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, sont plus susceptibles de se produire des années plus tard, soit entre 2040 et 2060.

Selon d'autres recherches, d'ici à ce que la technologie des véhicules autonomes convienne à un usage public, les fabricants d'équipement d'origine (FEO) ne seront plus des acteurs majeurs en matière de mobilité. Selon ces prévisions, les véhicules autonomes devront également s'adapter aux nouvelles tendances en matière d'utilisation des véhicules et s'intégrer dans une société qui préfère recourir à des plateformes de covoiturage plutôt que de posséder un véhicule. En réalité, certains défenseurs du covoiturage vont encore plus loin : ils suggèrent non seulement que les véhicules autonomes soient largement partagés, mais aussi que le développement de cette technologie n'atteindra son plein potentiel que s'ils sont partagés.

Bien que les véhicules autonomes soient prêts à offrir des solutions à des problèmes de société comme les accidents de la route et les embouteillages, les adeptes du covoiturage disent également que l'objectif qui est de réduire le nombre de voitures sur la route ne sera réalisable que par le biais du partage. En d'autres mots, à moins de les partager, la présence de véhicules autonomes ne fera qu'empirer les problèmes de circulation [41].



Source : PIDT, 2017.

Mise à l'essai : véhicules autonomes, sécurité et protection des consommateurs

Tout comme les 1 858 décès enregistrés sur les routes au Canada en 2015 [42], environ 3 400 personnes dans le monde entier sont tuées chaque jour lors d'accidents de la circulation [43], selon les plus récentes estimations de l'Organisation mondiale de la Santé. La nécessité d'améliorer les mécanismes de sécurité des véhicules et de la route ne peut pas être sous-estimée.

Bien que la plupart des technologies intégrées aux véhicules autonomes n'en soient qu'à leurs débuts, la notion de voiture qui se conduit toute seule pourrait encore causer un certain niveau de malaise chez les consommateurs. Par conséquent, bien que certains peuvent comprendre la valeur des véhicules autonomes d'une perspective logique, peu de gens semblent parfaitement à l'aise à cet égard.

Essentiellement, à l'heure actuelle, les consommateurs hésitent à l'idée d'utiliser régulièrement une technologie non éprouvée, leurs principales préoccupations concernant le manque de fiabilité possible de la technologie et l'absence d'un temps de réponse rapide [44].

Ces préoccupations ont été reprises lors de deux sondages mondiaux publiés en 2011 et 2013 afin d'évaluer l'opinion du public au sujet des véhicules autonomes. Le premier sondage a été réalisé par la société Accenture auprès de 2 006 consommateurs des États-Unis et du Royaume-Uni. Les résultats de ce sondage étaient divisés, un peu moins que la moitié des répondants indiquant qu'ils seraient à l'aise d'utiliser un véhicule sans conducteur. Lorsqu'on leur a demandé des précisions, les consommateurs ont indiqué un sentiment de malaise ou d'incertitude à renoncer au contrôle du véhicule, indiquant qu'ils n'utiliseraient un tel véhicule que s'ils pouvaient en reprendre le contrôle [45]. Par contraste, le deuxième sondage, réalisé par J.D. Power and Associates, a permis d'interroger 17 400 propriétaires de véhicules dans le monde entier. Même si les usagers étaient plus disposés à utiliser une voiture sans conducteur, seulement 37 % des répondants ont indiqué qu'ils souhaiteraient en posséder une. Ce chiffre chute à 20 % lorsque les coûts supplémentaires associés à la possession d'un tel véhicule sont pris en considération [46]. Ce sondage a aussi démontré des tendances intéressantes propres au Canada. Alors que la moitié des Canadiens feraient confiance aux véhicules autonomes pour les conduire à leur destination, seulement 30 % d'entre eux envisageraient d'en utiliser un de façon régulière. À l'échelle régionale, les résultats du sondage ont montré que les répondants du Québec avaient le plus confiance dans les véhicules autonomes, suivis de près par les répondants de l'Ontario. Par contraste, les taux les plus faibles d'acceptation du public à l'égard des véhicules autonomes ont été observés au Manitoba et en Saskatchewan, alors que seulement 45 % des répondants seraient disposés à essayer la technologie [47].

Malgré cette opinion publique incertaine, le rendement antérieur véritable des véhicules qui a été mis à l'essai sur la voie publique est impressionnant. Par exemple, Waymo, l'unité de véhicules autonomes de Google, est présente dans quatre villes des États-Unis (Kirkland, à Washington, Phoenix, en Arizona, Austin, au Texas, et Mountain View, en Californie) [48].

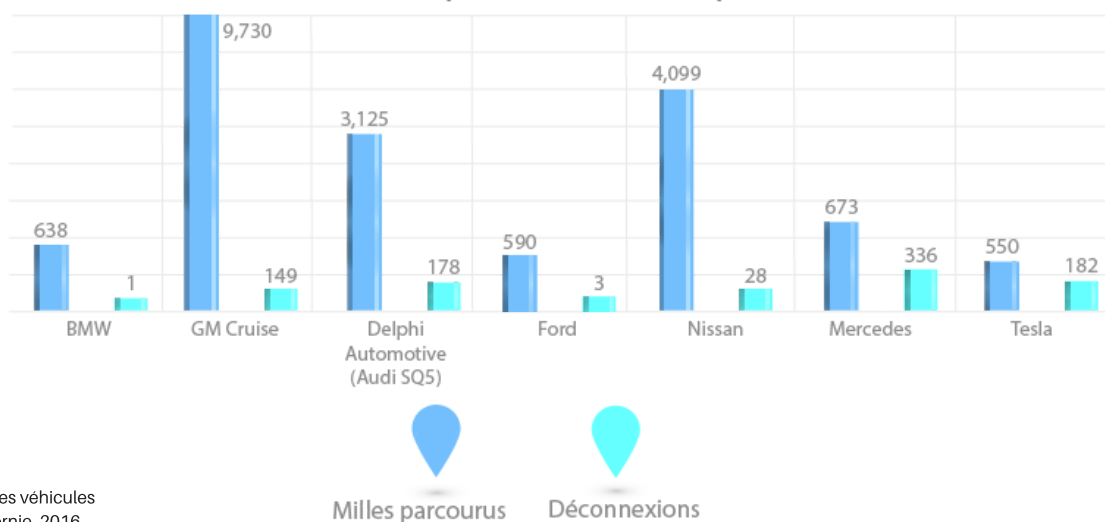
À la fin de 2016, la flotte de Waymo avait enregistré 3 millions de milles parcourus dans les rues de la ville, le taux de « déconnexions », soit les cas où les conducteurs humains prennent le contrôle du véhicule, totalisant seulement 0,20 déconnexion par 1 000 milles [49]. Démontrant les progrès rapides de la technologie, ce taux de déconnexion en 2016 représente une baisse importante par rapport à l'année 2015, alors que le taux était de 0,80 par 1 000 milles.



Source : Google, 2017.

Bien que Waymo ne produise plus de rapports de collision mensuels, les entreprises de véhicules autonomes exploitées en Californie sont légalement tenues de produire des rapports annuels pour le département des véhicules automobiles de la Californie afin d'en superviser la technologie et d'en déterminer la sécurité globale. En 2016, le rapport du département soumis par Waymo indiquait que des 635 868 milles parcourus dans les rues de la Californie pendant cette année, seulement 124 déconnexions avaient été enregistrées [50]. De ce nombre, la majeure partie (51) des déconnexions découlaient d'une anomalie logicielle, d'une manœuvre non désirée du véhicule (30) et d'un défaut de perception (20) [51].

**Milles parcourus et déconnexions
(Californie en 2016)**



Source : Département des véhicules automobiles de la Californie, 2016.

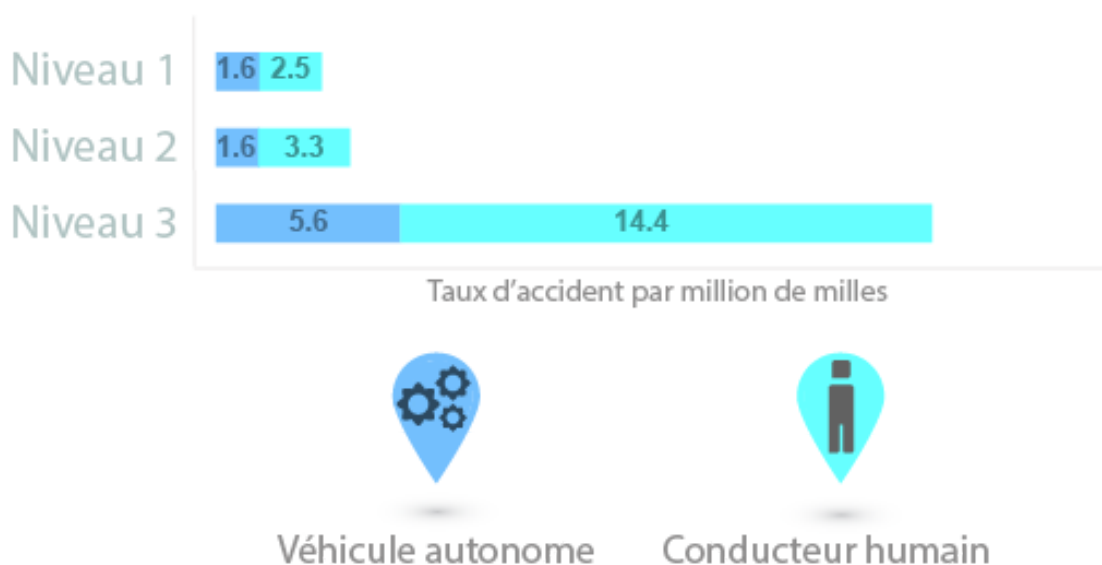
Par comparaison, plus de 1,25 million de personnes sont blessées mortellement chaque année partout dans le monde lors d'accidents de la route [52]. Les accidents de la circulation étant la principale cause de décès chez les personnes âgées de 15 à 29 ans [53], les véhicules autonomes pourraient miser sur la puissance exponentielle de l'intelligence artificielle pour diminuer l'erreur humaine pouvant entraîner des collisions à un taux que le cerveau humain ne pourrait jamais atteindre.

Quoique la technologie nécessite davantage de recherches, en plus de l'élaboration de normes acceptables d'utilisation, c'est-à-dire quoi faire en cas d'intempéries, lesquelles représentent souvent un défi pour les véhicules autonomes [54], les véhicules autonomes constituent une formidable possibilité de rendement économique, de prévention des pertes et d'amélioration de la qualité de vie. Bien que l'idée d'un véhicule autonome puisse être difficile à accepter au début, une simple comparaison côte à côte aide à apaiser les doutes. Les véhicules autonomes ne sont jamais sous l'effet de l'alcool, ne sont jamais distraits ou fatigués, sont souvent dotés d'une meilleure perception (aucun angle mort), disposent de meilleures capacités décisionnelles (planification plus précise des manœuvres de conduite plus complexes) et exécutent des actions plus rapidement (contrôle plus rapide et plus précis de la direction, des freins et de l'accélération) [55].

Ceux qui s'inquiètent de l'utilisation des véhicules autonomes soutiendront souvent que leur bilan en matière de sécurité est encore prématuré. Certains disent que les véhicules autonomes n'ont pas encore enregistré un nombre suffisant d'heures de conduite pour rendre les résultats pertinents. Cependant, selon un récent rapport du Virginia Tech Transportation Institute, une analyse temporelle a permis d'établir que les véhicules autonomes étaient clairement plus sécuritaires que les conducteurs humains. En analysant les données sur les accidents de niveau 1 à 3 (le niveau 1 étant le plus grave et le niveau 3 étant le moins grave), le rapport indiquait que la fréquence des collisions pour les voitures conduites par des humains était nettement plus élevée dans chaque cas, surtout en ce qui concerne les accidents de niveau 3 (cas les plus graves). Dans les cas de niveau 1, les conducteurs humains enregistraient 2,5 collisions par million de milles par rapport à 1,6 collision pour les véhicules autonomes [56]. De même, pour les niveaux 2 et 3, les humains avaient 3,3 et 14,4 collisions par million de milles parcourus alors que les véhicules autonomes enregistraient 1,6 et 5,6 collisions, respectivement [57].

De tels résultats brossent un portrait convaincant de la situation. Même s'il ne fait aucun doute que les véhicules autonomes doivent surmonter certains obstacles pour démontrer leur plein potentiel en matière de sécurité, y compris une hausse des milles parcourus, ils semblent avoir pris un bon départ.

Accidents – Humain et véhicule autonome



Source : Virginia Tech Transportation Institute, 2016.

Du piratage informatique à la confidentialité des données : véhicules autonomes, cybersécurité et protection des données

Liée à un sentiment d'appréhension concernant la sécurité et la fiabilité des véhicules autonomes, la question de la cybersécurité joue un rôle central dans le développement de la technologie des véhicules autonomes et la perception des consommateurs. Sachant que les véhicules autonomes dépendront de logiciels pour fonctionner, plusieurs associent cette dépendance à la vaste transmission de données et, au bout du compte, à la possibilité d'une cyberattaque (piratage informatique). Si un véhicule autonome est piraté, le pirate informatique pourrait être en mesure de prendre le contrôle des fonctions du véhicule, ainsi qu'accéder aux données personnelles que le véhicule a pu recueillir [58]. Dans le pire des cas, le pirate informatique pourrait même accéder aux bases de données des fournisseurs mêmes des FEO [59]. De toute évidence, de tels scénarios sont extrêmement indésirables et alimentent grandement le sentiment d'incertitude relatif à cette technologie.

Les premiers stades de développement d'une technologie, ainsi que les tendances qui sont de plus en plus manifestes relativement aux véhicules connectés, contribuent à faire en sorte que les véhicules autonomes deviennent vulnérables aux cyberattaques. Le FEO crée le concept et la technologie de base que le véhicule utilise et dont il dépend, mais les tiers fabricants de technologies, comme les développeurs d'applications, peuvent utiliser Internet pour accéder au véhicule [60]. Par exemple, un passager qui se connecte à Internet dans un véhicule connecté afin d'utiliser une application de média social pourrait, dans des cas extrêmes, mettre en danger l'ensemble du véhicule si cette application est compromise. En fait, bien que ce scénario soit peu probable dans la plupart des cas, l'utilisation d'applications de tierces parties dans des véhicules connectés signifie qu'aucune entreprise seule n'est responsable de la sécurité des données du véhicule même [61]. Cette préoccupation est encore plus impérieuse pour les véhicules autonomes puisque le conducteur humain n'est pas régulièrement « en contrôle » de la voiture.

Une autre importante préoccupation relativement aux véhicules autonomes concerne la collecte de grandes quantités de données. Comme mentionné précédemment, les véhicules autonomes recueillent des renseignements sur leur environnement à l'aide de différentes sources, y compris les radars, le système LIDAR et les cartes en trois dimensions. Cependant, leur capacité de recueillir continuellement ces données dépend de l'accès à un réseau sans fil et de la capacité du véhicule de transmettre des données sur lui-même et ses passagers en temps réel [62]. Ces données sont ensuite retransmises à l'ordinateur de la voiture et potentiellement vers un centre externe contrôlé par le fabricant [63]. De plus, les véhicules sans conducteur doivent également continuellement interagir les uns avec les autres et l'infrastructure (véhicule à véhicule et véhicule à infrastructure). Les véhicules diffusent des messages aux autres véhicules et infrastructures à proximité jusqu'à 10 fois par seconde. Ce faisant, ils accèdent, stockent et affichent une variété d'éléments d'information, y compris leurs propres paramètres comme l'accélération et le freinage [64], ainsi que des données biométriques sur leurs passagers (y compris les dossiers médicaux personnels) afin de surveiller le tempérament, la vigilance et même les préférences qui sont liés à la prévention des accidents [65].

Il n'est pas difficile de comprendre pourquoi cette transmission de données peut être préoccupante.

Toutefois, la capacité de protéger les données des passagers est une grande priorité, et continuera de l'être, pour les fabricants de véhicules autonomes. Les FEO peuvent prendre des mesures, notamment intégrer des fonctions dans le concept de base du véhicule que les utilisateurs obtiennent souvent auprès de tierces parties, comme des options de divertissement, des applications de médias sociaux et des services de diffusion en continu. Ainsi, bien que probablement moins opportunes que les applications de tierces parties, les mises à jour de ces services seraient directement effectuées par les FEO. Cette fonction réduit considérablement le risque de compromission. De même, les organismes de réglementation peuvent également jouer un rôle clé pour assurer la sécurité et la protection des données personnelles. Pour ce faire, ils peuvent fournir des lignes directrices pour aider à structurer les technologies émergentes, comme les véhicules autonomes. Le mouvement de protection de la vie privée dès la conception est un exemple d'une telle initiative, laquelle est menée par le commissaire à l'information et à la protection de la vie privée de l'Ontario. En utilisant une variété de mesures proactives au cours du développement d'un produit, ce mouvement de protection exige que les fabricants et les concepteurs de produits limitent au minimum leur invasion de la vie privée des utilisateurs [66]. Ce type d'approche est semblable à celle utilisée par l'Union européenne, l'idée étant que les véhicules autonomes et les autres développements technologiques clés ne devraient pas compromettre la vie privée des utilisateurs en transmettant des renseignements qui peuvent être utilisés pour faire de la commercialisation ciblée ou de la surveillance [67].

Certaines de ces préoccupations sont facilement apaisées, alors que d'autres nécessitent un examen plus attentif. Par exemple, les accidents impliquant des véhicules autonomes qui sont causés par un mauvais fonctionnement évident des logiciels ou un défaut de conception flagrant peuvent être attribuables aux fabricants en vertu d'un régime normalisé de responsabilité associée aux produits [68]. Grâce au lobbying d'organisations clés fait au nom des consommateurs, les entreprises peuvent être contraintes de suivre des processus rigoureux de gestion des données, y compris démontrer une transparence dans l'utilisation des données et limiter la transmission des données dans la mesure du possible. À l'heure actuelle, les entreprises qui dominent le développement de véhicules autonomes connaissent les conséquences pour la sécurité et prennent des mesures actives pour y faire face, sans toutefois compromettre la croissance du potentiel de la technologie.

Bien qu'il soit impossible de garantir que les logiciels seront toujours exempts d'erreurs logiques [69], plusieurs mesures, comme intégrer les applications de tierces parties aux paramètres d'infodivertissement par défaut du FEO du véhicule ou effectuer des tests diagnostiques périodiques [70], peuvent être prises pour atténuer ces risques.

À qui la faute : les véhicules autonomes et l'industrie de l'assurance

Entre 1984 et 2013, le Canada a enregistré quelque 94 000 décès sur la route et 6,7 millions de blessures attribuables à des accidents de la circulation dans l'ensemble du pays [71]. On estime que l'adoption généralisée des véhicules autonomes, laquelle devrait produire des résultats importants dans ce secteur, réduira considérablement le nombre d'incidents liés à la circulation [72]. Les véhicules autonomes sont également dotés de fonctions qui offrent des applications d'aide à la conduite et utilisent les données recueillies à partir de ces applications pour produire une analyse sur l'opération du véhicule. Contrairement aux applications actuellement sur le marché qui dépendent de renseignements relativement élémentaires comme la vitesse d'arrêt, l'accélération et le rayon de virage pour mesurer le rendement du véhicule, les futurs assureurs pourraient être en mesure de tirer profit des données détaillées que les véhicules autonomes génèrent pour élaborer des politiques rationalisées et adaptées aux consommateurs.

À l'aide des données des véhicules autonomes, les assureurs pourraient accéder à des renseignements plus précis que ne le fait présentement la solution existante afin de déterminer si une distance sécuritaire de freinage a été respectée, si les lois en matière de circulation ont été suivies, si les virages ont été négociés en douceur, ainsi que d'autres éléments similaires de la performance au volant. La connectivité dans l'habitacle et la télématique permettraient également aux assureurs de savoir si le conducteur autonome a été désactivé à un moment quelconque. Ensemble, ces éléments d'information améliorent la capacité des sociétés d'assurances de calculer les primes et les taux. D'après une analyse de l'industrie, les assureurs pourraient être en mesure d'imposer aux consommateurs différents taux selon la fréquence à laquelle ils conduisent ou activent les fonctions de conduite autonome du véhicule. En évaluant ce comportement, les sociétés d'assurances pourraient aussi être en mesure d'offrir des prix flexibles fondés sur l'usage, soit une assurance de type « paiement proportionnel à la conduite » [73].

Selon le président-directeur général de Lyft Logan Green, les entreprises de covoiturage possédant des véhicules autonomes pourraient aller dans cette direction. Ces entreprises pourraient adopter un modèle d'abonnement comme celui de Spotify ou de Netflix, offrant un plan de milles parcourus par mois sur le réseau de Lyft et un choix de multiples véhicules [74]. Ce type de changement révolutionnaire dans l'industrie automobile agira inévitablement comme un important facteur de perturbation pour l'industrie des assurances comme on l'entend aujourd'hui. De plus, alors que les fabricants en viennent à posséder une plus grande quantité de données sur l'opération de leurs véhicules, ils seront mieux placés pour éviter les risques potentiels à l'avenir. Cependant, la responsabilité demeure un obstacle important pour les fabricants et les concepteurs de véhicules autonomes. Alors que les véhicules autonomes deviennent de plus en plus nombreux, on estime que le nombre de collisions diminuera. Toutefois, il demeurera impossible de garantir une sécurité pleine et totale et un nombre nul de collisions.

Même si la technologie se développe, les véhicules autonomes ne seront jamais à l'abri de leurs propres difficultés. Des accidents graves peuvent être causés par des bogues, des virus, des défaillances du réseau et des erreurs de programmation qui sont connus pour affecter les dispositifs informatisés. Toyota a récemment réglé un recours collectif découlant de plusieurs cas dans lesquels les systèmes d'accélération autonome de certains modèles ont mal fonctionné, causant l'accélération rapide et incontrôlable des véhicules et entraînant des accidents. Même si ces véhicules n'étaient pas entièrement autonomes, ces cas sont des exemples sérieux de situations potentielles. Évidemment, la technologie de ces véhicules doit être améliorée, testée constamment et mise à jour, mais il faut également établir un ensemble de normes, de règles et de cadres législatifs pour en assurer la sécurité optimale.

La majorité des lois actuelles sur le sujet énoncent une exigence sous-jacente voulant qu'un conducteur autorisé soit présent dans chaque véhicule. Cette exigence existe pour différentes raisons, notamment la responsabilité en cas d'accident. Dans le cas des véhicules autonomes sans conducteur humain, certains experts ont fait allusion à la possibilité de tenir les fabricants responsables.

D'autres ont suggéré que la responsabilité soit partagée entre le propriétaire du véhicule et le fabricant, alors que bon nombre ont proposé que les tribunaux adoptent un tout nouveau système de responsabilité qui évalue la responsabilité de chaque partie en utilisant les principes de responsabilité associée aux produits, une méthode qui se concentre sur le niveau de dépendance du conducteur à l'égard du véhicule autonome. Bien que cette question soit loin d'être réglée, des experts maintiennent que la meilleure option consiste à tenir les fabricants responsables, ce qui permettrait surtout de s'assurer qu'ils améliorent constamment leurs systèmes et les mettent à jour pour une utilisation optimale.

Bien qu'il demeure divers obstacles techniques et stratégiques à l'adoption étendue des véhicules autonomes, la réglementation inconséquente peut servir à retarder ou à limiter l'adoption de cette importante technologie. Par conséquent, les décideurs devraient se rappeler que nos institutions se sont graduellement adaptées à des perturbations technologiques similaires par le passé et ont souvent réussi à produire un meilleur résultat. À quoi ressembleraient les téléphones intelligents aujourd'hui si la politique les réglementant était préventive et contraignante, visant uniquement la prévention des risques potentiels plutôt que l'immense valeur qu'ils peuvent générer? Une diligence appropriée et une évaluation des risques sont des mesures cruciales de l'établissement d'une politique durable et solide. Elles constituent le fondement essentiel qui nous aide à composer avec ces perturbations et à en tirer parti, et surtout celles ayant un tel potentiel révolutionnaire et ambitieux. Cependant, nous maintenons que la croissance économique, les possibilités d'emploi inclusif et le changement sociétal global positif que ces innovations peuvent offrir ne doivent pas être étouffés en cours de route.

Élargir la portée : des véhicules autonomes et une mobilité accrue pour tous

Un des changements clés que les véhicules autonomes peuvent offrir à nos sociétés actuelles touche l'amélioration des options de mobilité. Ce changement s'avérera particulièrement avantageux pour les personnes et les groupes démographiques qui connaissent présentement des difficultés liées à la conduite d'un véhicule. Le vieillissement rapide de la population parmi les pays membres de l'OCDE en est un exemple clé. En 2014, le Japon comptait la plus grande population d'ainés (âgés de 65 ans et plus) au monde, totalisant plus de 25 %, un chiffre qui a augmenté de près de 10 % depuis 2000 [75].

Au Canada et aux États-Unis, des résultats similaires sont appréciables, la population d'ainés totalisant environ 16 % au Canada en 2014 et 14 % aux États-Unis pendant la même période [76]. Des options améliorées et plus nombreuses pour des solutions durables en matière de transport, y compris les véhicules autonomes, amélioreraient radicalement la qualité de vie des aînés partout dans le monde.

Les personnes handicapées font partie d'un autre groupe démographique qui pourrait profiter de la présence de véhicules autonomes. En 2012, près de 14 % des Canadiens étaient considérés comme ayant une capacité limitée dans leur quotidien en raison d'une incapacité, plus de 11 % de la population éprouvant des problèmes de mobilité ou de flexibilité, particulièrement [77]. Ce chiffre est plus élevé aux États Unis où environ 1 personne sur 5 estime avoir une certaine forme d'incapacité, près du quart de ces répondants souffrant d'une incapacité grave [78]. Les statistiques des États-Unis montrent également que le plus haut niveau de chômage touche les personnes ayant de la difficulté à se déplacer (marcher). Parmi ce classement, moins d'un quart des personnes occupaient un emploi en 2016 [79]. Les véhicules autonomes offrant une certaine mobilité, ils peuvent non seulement améliorer la qualité de vie de ce groupe, mais également créer des possibilités d'emploi.

D'autres groupes pourraient profiter du potentiel considérable des véhicules autonomes, notamment les personnes qui vivent en milieu rural ou dans des régions éloignées, les Autochtones et d'autres groupes qui tendent à vivre dans des régions où il existe une connectivité déficiente, des difficultés socioéconomiques ou un manque d'accès à des moyens de transport appropriés. Les options d'aujourd'hui en matière de transport présentent des défis pour de nombreux Canadiens. Les véhicules autonomes, qui peuvent atteindre des lieux éloignés avec efficacité, tout en fonctionnant sans l'intervention des humains, amélioreraient considérablement la vie d'un grand nombre de personnes. Ces véhicules peuvent offrir une certaine indépendance et une diversité accrue tout en créant des occasions d'augmenter la croissance économique et la productivité grâce à l'inclusivité.

L'automatisation et le secteur du transport au Canada

Dans l'économie numérique mondiale d'aujourd'hui, l'augmentation des taux de chômage dans certaines industries traditionnelles n'est pas chose rare. Cependant, alors que l'automatisation continue de remplacer certaines professions, son potentiel global de création d'emplois est important. Cela étant dit, certains employeurs et industries accusent un retard lorsque vient le temps d'offrir des possibilités opportunes de formation dans des domaines qui s'appliquent à l'économie future, notamment la robotique et l'intelligence artificielle. La solution au remplacement de certaines professions n'est pas de freiner la croissance et le développement des technologies, mais plutôt de planifier à long terme et de doter les travailleurs d'aujourd'hui des compétences dont ils auront besoin à l'avenir [80]. Au Canada, l'importance de ce type de réflexion est encore plus impérieuse. Au cours des 20 dernières années, les dépenses annuelles en matière d'apprentissage et de perfectionnement ont considérablement diminué. Totalisant 800 \$ par employé en 2015, ce chiffre représente une baisse de 40 % par rapport à la somme de 1 249 \$ par employé dépensée au début des années 1990 [81].

Bien qu'il existe présentement certains obstacles économiques, sociaux et techniques, parmi d'autres, qui retardent la mise en œuvre à grande échelle des véhicules autonomes, des cadres stratégiques qui traitent de ces questions sont actuellement élaborés dans le monde entier. Sachant que ce n'est qu'une question de temps avant que cette révolution technologique soit courante, il est crucial de créer des cadres qui sauront l'appuyer. En ce moment seulement, on estime que plus de 30 sociétés du monde entier travaillent au déploiement de véhicules autonomes [82]. Ces sociétés incluent des entreprises traditionnelles de fabrication d'automobiles comme BMW, Ford, Nissan et Volvo, des entreprises de technologie informatique comme Apple et Google [83], et des entreprises de covoiturage comme Uber et Lyft. Par conséquent, cette technologie, ainsi que l'automatisation et son impact sur les emplois, est de plus en plus un sujet d'actualité.

L'ensemble de changements qu'offre l'automatisation pour l'économie n'a rien de nouveau. Les sous produits de cette transformation sont déjà apparents dans bon nombre d'industries et de territoires de compétence au Canada et partout dans le monde. Récemment, la Banque du Canada a indiqué que nous devons nous préparer à des pertes d'emplois et à une plus grande inégalité des revenus, un résultat direct des progrès technologiques [84].

Cependant, ce type de raisonnement alarmiste n'est pas seulement inutile, mais également quelque peu incomplet. Bien qu'il soit vrai que les progrès technologiques puissent entraîner la suppression de certains emplois, comme le professeur Enrico Moretti l'explique, ils peuvent également générer des possibilités nouvelles et sans doute meilleures dans l'ensemble de l'économie. Ces possibilités contribuent à augmenter la croissance économique, à améliorer les soins de santé et l'accès à l'éducation, à accroître la qualité de l'environnement, et à améliorer le bien-être social.

La technologie pourrait permettre d'accroître l'efficacité et de créer des solutions aux défis sociétaux. Elle menace également de préciser ou, à tout le moins, de modifier la façon dont nous concevons présentement les responsabilités de nombreuses professions, ainsi que la façon dont nous, comme nation, opérons dans l'économie mondiale. Une certaine planification de ces changements socioéconomiques inévitables a déjà pris forme. Les gouvernements du monde entier ont commencé à examiner le concept du revenu de base universel, alors que d'autres se concentrent sur des initiatives d'éducation et de perfectionnement, s'assurant que les travailleurs demeureront aptes à travailler dans des circonstances changeantes. Ces facteurs et d'autres encore permettront d'entamer un dialogue. Alors que l'introduction des véhicules autonomes créera sans aucun doute de nouveaux défis pour la structure existante des villes, des économies et des systèmes sociaux du monde entier, le Canada doit non seulement tenter de mieux comprendre ces défis, mais aussi se préparer aux possibilités d'emploi de qualité que cette technologie mettra de l'avant.

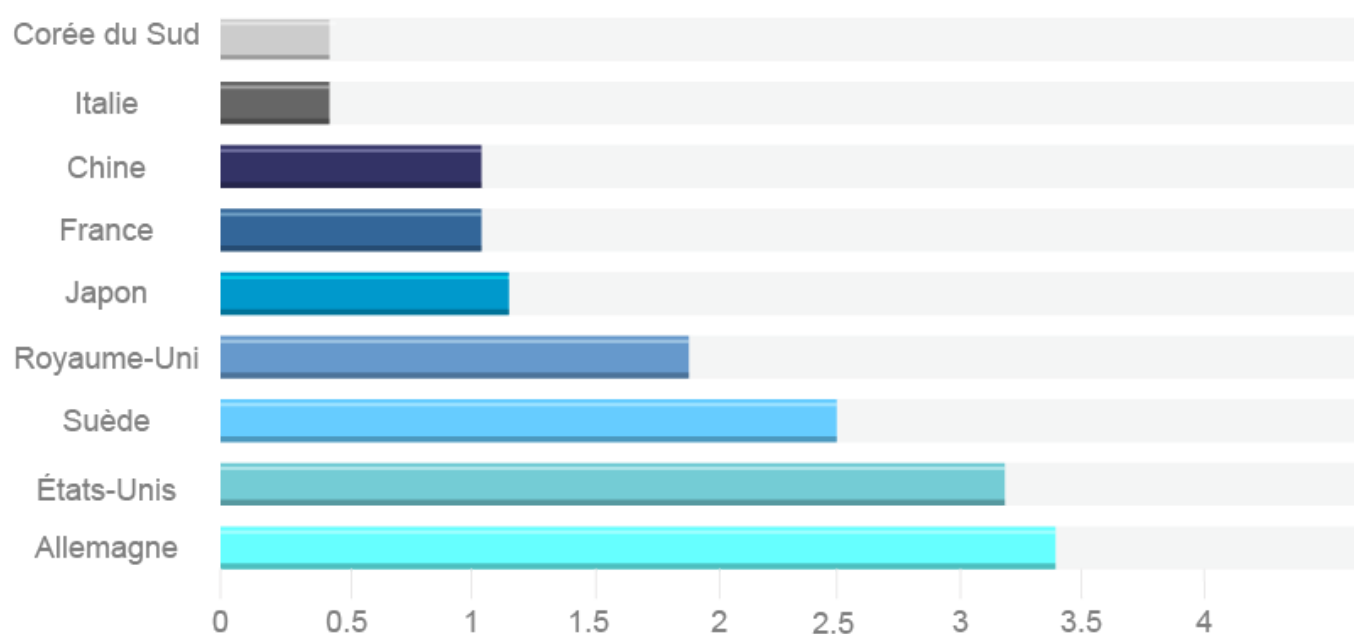
Où nous situons-nous : les avancées mondiales, le Canada et les progrès liés aux véhicules autonomes

Grâce à la présence de pionniers de la technologie comme Google et Tesla, ainsi que de FEO comme Ford et GM, il n'est pas surprenant que bon nombre des avancées les plus importantes d'aujourd'hui en matière de technologie autonome proviennent principalement des États-Unis. Cependant, de plus en plus, des joueurs internationaux comme BMW en Allemagne et Nissan au Japon, parmi plusieurs autres marques clés, ont commencé à faire d'importants progrès dans le domaine. Selon la plus récente analyse des effectifs de ce marché émergent, un total de neuf pays figurent présentement à l'index des véhicules autonomes.

L'index mesure les positions comparatives des industries automobiles nationales selon l'état des développements technologiques touchant les véhicules conçus par les FEO d'un pays ainsi que la taille du marché, évaluée par la demande des consommateurs et le soutien législatif.

Bien que l'avancement technologique ne soit pas entièrement inclusif, puisqu'il vise principalement la croissance et le développement des FEO malgré la présence croissante de fournisseurs autres que des FEO dans ce domaine, la part de marché est calculée selon le besoin ou le désir relatif de créer des systèmes perfectionnés d'aide à la conduite, en plus des progrès nationaux visant les cadres législatifs qui réglementent les véhicules autonomes [85]. Selon l'index des véhicules autonomes de 2016, les neuf pays suivants sont considérés comme étant à l'avant-plan de cette technologie : l'Allemagne, les États-Unis, la Suède, le Royaume-Uni, le Japon, la France, la Chine, l'Italie et la Corée du Sud. Le Canada, en raison de sa lente évolution dans le domaine, ne fait pas partie de la liste.

Classements de l'index des véhicules autonomes



Source: Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen (fka), 2016.

En date de 2016, un seul FEO canadien (General Motors) avait annoncé son intention de pénétrer le marché des véhicules autonomes. Puisque aucune société ne teste présentement cette technologie, il n'y a guère eu de discussions sur l'élaboration de cadres juridiques pour régir l'utilisation de ces véhicules. De plus, et possiblement en raison de cette lente évolution, la demande des consommateurs et la perception du public à l'égard des véhicules autonomes demeurent relativement faibles au Canada. Dans le cadre d'une étude menée par GfK en 2016, seulement 26 % des Canadiens estimaient que le concept d'un véhicule entièrement autonome était attrayant [86]. Aussi, l'étude a permis de découvrir que les répondants utilisaient le plus souvent les mots « inquiets » et « impuissants » pour décrire leurs sentiments quant à leur présence dans un véhicule autonome [87].

Bien qu'il ait été un pionnier de certains développements technologiques importants par le passé, notamment en lançant le premier satellite commercial de télécommunication géosynchrone et en étant le premier pays à installer des feux de circulation informatisés, le Canada, par rapport à ses homologues internationaux, tire présentement de l'arrière en matière de développement et d'adoption de la technologie des véhicules autonomes [88]. Le rythme d'adoption de la technologie parmi les petites et moyennes entreprises du Canada étant modéré et le mouvement de discussion sur le sujet étant relativement lent, il reste beaucoup à faire pour permettre au Canada d'atteindre un niveau à peu près équivalent aux grands joueurs internationaux dans le domaine des véhicules autonomes.

En 2015, le département des Transports des États-Unis a annoncé plusieurs initiatives visant la création d'un système de transport novateur. Le défi des villes intelligentes en est une : son principal objectif était d'allouer 40 millions de dollars américains à la ville américaine la mieux placée pour servir d'exemple d'innovation dans le secteur du transport [89]. Ce programme a connu du succès non seulement en tant que tel, mais des villes américaines ont aussi pu miser sur un financement privé et public supplémentaire de 500 millions de dollars pour réaliser cette vision. Profitant de la popularité de cette initiative, le département des Transports des États-Unis a annoncé en octobre 2016 des subventions supplémentaires de 65 millions de dollars pour appuyer une technologie de pointe axée sur la communauté en vue de projets de transport dans plusieurs villes du pays.

Il ne s'agit là que de quelques exemples de développements novateurs en transport observés dans le monde entier. Les autres mesures prises à l'échelle internationale incluent les cartes interactives et les systèmes de navigation par satellite de Singapour [90] ainsi que la réforme de l'Allemagne des lois en matière de circulation pour accueillir des véhicules autonomes [91]. Grâce à ces initiatives, il est clair que le transport intelligent est un facteur clé pour bon nombre de centres d'innovation et d'économies de premier rang du monde.

Par comparaison, l'approche du Canada à l'égard de la technologie des véhicules autonomes, ainsi que les progrès dans le transport intelligent, a été lente.

L'Ontario est présentement la seule province canadienne à avoir créé des avenues tangibles pour la mise à l'essai de véhicules autonomes. En 2016, l'Ontario est devenu la première province à élaborer un cadre réglementaire pilote pour la mise à l'essai de véhicules autonomes et en avril 2017, la province a annoncé un investissement de 80 millions de dollars dans une installation de démonstration de véhicules autonomes à Stratford [92]. À la fin de 2016, BlackBerry QNX a ouvert un centre de recherche précisément pour les véhicules autonomes, et les premières séries d'essais devraient débuter à l'automne ou à l'hiver 2017 à Ottawa [93]. Les autres mesures prises en Ontario incluent des développements dans les usines de GM à Markham et à Oshawa, des secteurs dans lesquels GM s'est engagée à augmenter son équipe d'ingénieurs responsables de mettre à l'essai des véhicules autonomes de 3 000 à 10 000 au cours des prochaines années [94], ainsi que l'annonce de Ford au début de 2017 concernant la création d'une nouvelle installation de recherche pour les véhicules autonomes de 340 millions de dollars établie à Ottawa, ainsi que des bureaux auxiliaires à Oakville et à Waterloo [95].

Même si les progrès ont été lents en dehors de l'Ontario, d'autres provinces ont graduellement commencé à comprendre la valeur et la pertinence de s'engager dans ce domaine. En 2016, Google a annoncé la mise à l'essai de ses premières voitures sans conducteur à Richmond, en Colombie Britannique, afin de réduire le taux de collisions dans la ville [96]. Bien que les autoroutes de la Colombie-Britannique disposent déjà de certaines technologies en matière de transport intelligent, comme des panneaux indicateurs de vitesse variable qui s'adaptent aux conditions de conduite et des caméras infrarouges qui détectent la présence d'animaux sauvages, la province devra apporter des changements supplémentaires aux infrastructures pour accueillir des véhicules autonomes [97].

La ville d'Edmonton, en Alberta, a commencé à rédiger des plans pour créer une piste d'essai unique précisément pour les véhicules autonomes.

Selon le conseiller municipal d'Edmonton Andrew Knack, le premier projet pilote mené par le Centre for Smart Transportation comprendrait vraisemblablement une navette de 10 personnes dans une partie clôturée du campus sud de l'Université de l'Alberta [98]. L'analyse actuelle souligne la possibilité que ce développement génère des recettes annuelles de 30 millions de dollars pour la ville, lesquelles se mesurent par de nouvelles occasions d'emploi et des activités économiques dérivées stimulées par l'initiative [99]. De même, à Calgary, un projet pilote pour commencer à tester un service de navette autonome à basse vitesse est présentement dans l'attente d'une approbation.

En outre, le développement le plus remarquable au Canada a été une discussion préliminaire sur les solutions de rechange pour le transport par véhicule autonome en Saskatchewan. Bien que le projet n'en soit qu'à ses débuts, le maire de Saskatoon a lancé des appels répétés pour concevoir une infrastructure capable de soutenir la présence de véhicules autonomes au cours des 15 prochaines années [100]. Par conséquent, alors que l'Ontario est à la tête des progrès dans ce domaine et que certains plans importants sont mis de l'avant en Colombie-Britannique et en Alberta, les activités et les développements touchant les véhicules autonomes au Canada demeurent faibles. Pendant ce temps, la flotte de véhicules autonomes de Google enregistre déjà plus de 3 millions de milles parcourus sur les voies publiques aux États-Unis [101], et l'Allemagne a adopté les premières lignes directrices éthiques au monde sur les voitures autonomes [102]. Devant ces développements mondiaux, nous tirons déjà de l'arrière, une réalité renforcée par l'index mondial des véhicules autonomes. Pour demeurer concurrentiel sur ce marché, le Canada doit obtenir une place à la table des discussions et investir le temps et les ressources nécessaires pour y rester.

SECTION DEUX : VILLES INTELLIGENTES: UTILISER LA TECHNOLOGIE POUR GENERER DES SOLUTIONS SOCIETALES

En intégrant des éléments comme la technologie, la viabilité écologique et l'accessibilité, les villes intelligentes font de plus en plus partie du langage quotidien. Par définition, une ville intelligente est une municipalité qui utilise les technologies de l'information et des communications pour accroître l'efficacité opérationnelle, partager des renseignements avec le public et améliorer la qualité des services gouvernementaux et le bien-être des citoyens [103].

À mesure que les populations grandissent et que l'étalement urbain s'impose, la capacité d'exploiter au mieux l'espace urbain est cruciale.

Partout dans le monde, il est clair que les villes sont l'avenir du travail et de la vie. En 2016, environ 55 % des populations du monde vivaient dans des centres urbains [104]. Ce chiffre grimpe à 82 % au Canada et aux États-Unis [105]. Au Canada particulièrement, le Recensement de 2016 indiquait que plus du tiers des Canadiens vivaient dans seulement 3 régions métropolitaines : Toronto, Montréal et Vancouver [106]. Le Canada et les États-Unis enregistrent certaines des plus grandes concentrations de populations urbaines des pays du G7, et de nombreuses villes du monde commencent à s'attaquer aux défis associés à l'étalement urbain et aux populations croissantes.

Utilisant la technologie pour améliorer la qualité de vie, les villes intelligentes profitent aux résidents de nombreuses façons. Elles génèrent des améliorations environnementales en dépendant de l'énergie verte. Elles économisent de l'espace en ayant recours à des solutions architecturales créatives comme des habitations superposées, améliorent la productivité en créant des mécanismes pour accroître la participation de tous dans l'économie, dont des solutions améliorées de mobilité comme les véhicules autonomes, et améliorent même la qualité des soins de santé en utilisant des applications de cybersanté qui permettent le diagnostic des symptômes en temps réel [107]. Il ne s'agit là que de quelques exemples des possibilités et des avantages diversifiés que nos futures villes intelligentes peuvent produire.

Le potentiel des véhicules autonomes dans une ville intelligente est illimité. De plus, nombreux sont ceux qui disent que les véhicules autonomes ne pourront pas donner un rendement optimal sans les villes intelligentes. Malgré le potentiel technologique des véhicules autonomes, beaucoup de gens estiment que leur efficacité dépendra de leur environnement [108]. En partant du principe de base de l'interaction de véhicule à infrastructure, un véhicule autonome doit pouvoir communiquer avec une infrastructure intelligente, soit une infrastructure qui peut lui « parler » par l'utilisation de capteurs et la transmission de données. Cette communication est cruciale pour que les véhicules soient conscients des obstacles sur leur chemin et utilisent les façons les plus efficaces de se rendre à destination. Sans ces mécanismes de soutien, ils seront probablement coincés.

En tenant compte du besoin de connectivité, il est clair que le succès des véhicules autonomes à grande échelle est intrinsèquement lié au développement et à la croissance des villes intelligentes.

Les villes intelligentes et les véhicules autonomes : leur fonctionnement

Des estimations indiquent que l'utilisation à pleine échelle des véhicules autonomes entraînerait une baisse pouvant atteindre 60 % du nombre de véhicules dans les rues de la ville. Ainsi, des sous-produits seront créés, y compris une baisse de 80 % des émissions d'échappement et une réduction de 90 % des accidents de la route [109]. Bien que le Canada soit loin de ce type d'adoption quant aux véhicules autonomes, il sera essentiel d'y ouvrir la voie afin de produire différents avantages pour les Canadiens de toutes les régions.

Comme mentionné, l'adoption à grande échelle des véhicules autonomes dépend de la présence des infrastructures appropriées pour les soutenir, notamment des développements technologiques nécessaires pour que les véhicules communiquent avec leur environnement. Dans une certaine mesure, les véhicules modernes d'aujourd'hui disposent déjà de cette capacité, mais de façon rudimentaire. Les systèmes de diagnostic des véhicules, utilisés depuis le début des années 1990 [110], peuvent lire la composition de base d'un véhicule et produire des rapports. Les récentes améliorations ont permis d'améliorer ce concept grâce à l'utilisation de la technologie Wi-Fi, 4G et LTE. Par exemple, le produit colombien CarLock utilise un système GPS et la 4G pour surveiller un véhicule et envoyer au conducteur des alertes lorsque le véhicule se déplace, que le moteur démarre ou si un mouvement inhabituel est détecté [111]. Il peut même informer par messagerie texte des personnes-ressources en cas d'urgence advenant une collision [112]. Aux États-Unis, il existe un produit similaire appelé Zubie. Au moyen d'Internet et d'un système GPS, Zubie peut fournir au conducteur la position en temps réel, l'historique des déplacements, des alertes de maintenance et des diagnostics moteurs, entre autres observations sur la conduite [113]. Grâce à ces développements et à d'autres encore, il devient de plus en plus évident que certains changements technologiques nécessaires pour alimenter les véhicules connectés dans nos futures villes intelligentes sont déjà en cours.

Cependant, une véritable ville « intelligente », capable d'intégrer l'espace de vie à des solutions efficaces de mobilité comme les véhicules autonomes, aura besoin d'une connectivité plus rapide et améliorée ainsi que de solutions améliorées de stockage de données qui surpassent largement les options présentement disponibles. Grâce aux cinquième, sixième et même septième générations, l'infrastructure dotée de capteurs pourra saisir des renseignements sur la circulation et transmettre ces données aux véhicules sur la route. Par exemple, un feu de circulation muni de capteurs serait en mesure d'envoyer des renseignements sur les changements des feux aux véhicules autonomes, leur permettant ainsi de rajuster leur vitesse avant d'arriver au feu de circulation [114]. Cette communication, affichée entre la convergence des infrastructures et les véhicules, illustre le type de « connexion » nécessaire pour propulser nos futures villes. Cette connexion est la clé du développement de systèmes de transport intelligent, de solutions améliorées en matière de soins de santé et d'éducation, de transactions financières sécurisées et efficaces, et de nombreux autres éléments des villes intelligentes qui intègrent efficacité, efficience et productivité en vue d'améliorer la qualité de vie au sein de nos communautés.

Infrastructure, population et mode de vie : « l'image » des villes intelligentes dotées de véhicules autonomes

Les villes intelligentes suscitent de nombreuses discussions de nos jours. Certains disent que les villes intelligentes seront essentielles pour accélérer la productivité, alors que d'autres se concentrent plutôt sur la façon dont elles amélioreront les relations communautaires et notre qualité de vie en général. Cependant, à l'issue de ces discussions, une question clé demeure : *à quoi ressembleront-elles réellement?*

Plus de 80 % du PIB mondial d'aujourd'hui étant généré par les villes [115], il sera crucial de réfléchir à l'avenir des régions métropolitaines du Canada et du monde entier. Reposant sur l'idée d'offrir à nos grandes zones urbaines une mise à jour technologique [116], les villes intelligentes combinent l'utilisation de la technologie pour améliorer l'efficacité, l'efficience et la qualité de vie. Les villes intelligentes disposeront d'une infrastructure entièrement intégrée, y compris des services de transport intelligent, des services intelligents d'approvisionnement en eau et des institutions financières intelligentes, lesquels seront alimentés par des réseaux électriques connectés [117].

Par conséquent, on estime que ces améliorations « intelligentes » stimuleront l'efficacité et la productivité tout en améliorant simultanément la qualité de vie.

Dépendant de l'intelligence artificielle pour traiter les données volumineuses qui sont constamment transmises, les villes intelligentes devront être dotées d'une multitude de capteurs. Ces capteurs communiqueront ensuite des renseignements sur la « santé » et l'état de la ville, y compris les taux de pollution, les systèmes météorologiques et les menaces potentielles pour l'infrastructure comme les séismes et les ouragans [118]. L'infrastructure utilisera ensuite l'intelligence artificielle pour analyser la signification des données et prendre les mesures appropriées.

Comme mentionné précédemment, un des concepts clés d'une ville intelligente et efficace concerne les solutions de transport intelligent, y compris les véhicules autonomes. Pour que ces véhicules circulent avec efficacité et efficience dans les rues de nos villes, plusieurs changements devront être apportés aux infrastructures afin de les accueillir. La mise en place de capteurs routiers le long des rues et des autoroutes, lesquels utiliseront des réseaux comme la 5G pour transmettre rapidement des renseignements aux véhicules, représentera un changement important. Ces capteurs routiers seront en fait les yeux des véhicules, leur permettant ainsi de « voir » à l'avance ce qui se passe sur la route. Cette capacité permettra non seulement aux véhicules de faire les meilleures manœuvres possible pour gagner du temps et de l'énergie, mais elle produira aussi de nouvelles fonctions de sécurité si une intervention humaine est requise. En recevant ces signaux de façon anticipée, les passagers qui seront en train de manger, de dormir ou de regarder un film auront quelques minutes plutôt que quelques secondes pour prendre le contrôle du véhicule au besoin [119], comparativement à notre capacité actuelle, alors que les capteurs routiers ne sont pas très répandus. Des capteurs LIDAR montés sur les voitures sont plutôt utilisés. Ces systèmes offrent une portée d'intervention des passagers de seulement 200 mètres, ce qui signifie que le passager reçoit un avertissement de 5 à 10 secondes seulement concernant une situation inhabituelle droit devant [120]. Dans certains cas, cela représente un important problème pour une intervention appropriée des passagers.

D'autres importants changements à l'infrastructure des villes intelligentes incluent des modifications à l'utilisation de protocoles sur l'espace et le flux de trafic.

Comme on estime que les futures villes intelligentes profiteront vraisemblablement des avantages du transport intelligent si les véhicules autonomes sont « loués » plutôt qu'achetés [121], la demande d'espace de stationnement ou d'entreposage pour les véhicules devrait considérablement diminuer. Uniquement aux États-Unis, l'analyse des experts a permis de découvrir que l'augmentation du nombre de véhicules sans conducteur et l'adoption accrue du covoiturage entraîneront une réduction de la demande d'espace de stationnement de plus de 5,7 milliards de mètres carrés d'ici 2035 [122]. Selon une étude récente réalisée par INRIX, un organisme qui se consacre aux recherches sur le déplacement intelligent des véhicules et des personnes, la difficulté de trouver du stationnement est un phénomène mondial, les conséquences étant tout sauf négligeables. L'étude indique que le fardeau économique de la recherche d'un stationnement était important dans plusieurs pays. On estime que les conducteurs des États-Unis, du Royaume-Uni et de l'Allemagne passent en moyenne 17, 44 et 41 heures par année, respectivement, à chercher un stationnement [123]. Du point de vue de l'impact sur la productivité, ce temps perdu se traduisait par des pertes de recettes de 72,7 milliards de dollars, de 23,3 milliards de livres sterling et de 40,4 milliards d'euros [124].

Les autres changements mineurs à l'infrastructure qui sont nécessaires pour la pleine fonctionnalité des véhicules automobiles dans une ville intelligente incluent l'amélioration du travail de peinture sur les routes et la conception de panneaux de signalisation pour aider les véhicules autonomes à mieux « voir » [125]. En plus des feux de circulation dotés de capteurs, ces changements aideront l'infrastructure à communiquer efficacement avec les véhicules. Selon le président du département de génie électrique et informatique de l'Université Rutgers, les villes intelligentes sont celles où chaque appareil, entité et objet peut se connecter, peu importe son besoin [126]. Ensemble, ces changements révolutionnaires sont ceux qui produiront sans aucun doute des avantages d'une grande portée dans l'ensemble de nos nombreuses communautés mondiales diversifiées.

Villes intelligentes et emplois : quelles professions d'aujourd'hui seront les plus recherchées?

Présentement, la ville intelligente est une idée que bon nombre de communautés du monde entier ne font que commencer à comprendre. Cependant, ultérieurement, il faudra transformer le concept en une réalité.

Par conséquent, les méthodes et les pratiques que nous employons aujourd'hui, qu'il s'agisse de la planification urbaine, du génie civil ou des concepts sociaux qui soutiennent les villes et les communautés, subiront un changement considérable. En raison de ce changement, la demande pour certaines professions nécessaires pour propulser ces villes augmentera inévitablement.

Nos recherches ont permis de recenser un groupe de 11 catégories de la Classification nationale des professions (CNP) (voir annexe II) qui, selon nous, connaîtront une hausse de la demande au Canada alors que le concept des villes intelligentes prend de la vitesse et que des avenues de mise en œuvre sont générées. Par exemple, les professions de la CNP 2131 (Ingénieurs civils) et 2153 (Urbanistes et planificateurs de l'utilisation des sols) seront particulièrement importantes dans le développement des villes intelligentes, notamment en ce qui concerne certains sous-groupes professionnels précis comme les ingénieurs civils, les ingénieurs en levés géodésiques, les planificateurs municipaux et les urbanistes. Prenons, par exemple, le développement de structures urbaines superposées décrit précédemment. Ces constructions peuvent offrir des services polyvalents, y compris des espaces de vie, des espaces commerciaux et même, dans certains cas, plusieurs étages de terres cultivables verticales. À l'exception de certaines villes qui manquent de place, comme Singapour et Hong Kong, lesquelles utilisent présentement certaines versions d'habitations superposées ou d'agriculture urbaine superposée [127], la capacité de combiner des espaces de vie, commerciaux et agricoles à grande échelle est loin d'être un concept omniprésent à l'échelle mondiale et n'a pas encore été tenté au Canada. Par conséquent, les ingénieurs civils et les ingénieurs en levés géodésiques devront conceptualiser plusieurs des caractéristiques de ces futures structures : ils devront d'abord rédiger des plans sur la façon de les construire en tenant compte notamment des effets gravitationnels et terrestres, et ils devront ensuite les concevoir et les construire d'une façon sensée du point de vue architectural et facile à entretenir. En plus des exigences matérielles de construction de ces immeubles, des planificateurs de l'utilisation des sols et des planificateurs municipaux seront nécessaires pour s'assurer que les terres sont utilisées le plus efficacement possible et que les structures sont placées dans des lieux qui répondent aux besoins de la ville, soit près d'un accès facile au transport, des espaces communautaires et des grandes routes d'expédition de la ville grâce auxquelles la production agricole peut être transportée.

De même, les professions de la CNP 4161 (Rechercheurs, experts-conseils et agents de programmes, en sciences naturelles et appliquées) et 41(Économistes, chercheurs et analystes des politiques économiques) seront également pertinentes dans le paysage des villes intelligentes. Ces professions évalueront les impacts sociaux, économiques et politiques des villes intelligentes, et en feront le suivi, aidant ainsi à établir le fondement nécessaire pour constamment soutenir et mettre en œuvre des améliorations sur une base continue. Par exemple, en raison de l'utilisation accélérée de solutions énergétiques propres dans les villes, lesquelles servent à faire fonctionner un peu de tout, des immeubles urbains superposés aux véhicules autonomes, les analystes de politiques énergétiques (sous la CNP 4161) observeront une hausse de la demande de main-d'œuvre puisque ces professions seront essentielles pour analyser les conséquences pertinentes pour les politiques qui sont liées aux nouvelles sources d'énergie. Aussi, les analystes des politiques économiques (sous la CNP 4162) serviront à analyser l'impact économique des nouvelles solutions énergétiques ainsi que les autres innovations des villes intelligentes comme le transport intelligent.

Ces professions et d'autres encore, allant des développeurs de logiciels qui conçoivent des capteurs qui recueillent des données aux directeurs de travaux de construction qui construiront physiquement nos nouveaux immeubles, deviendront de plus en plus pertinentes et recherchées alors que les villes intelligentes passent du concept à la réalité. Même si le Canada n'en est qu'aux étapes très rudimentaires de la conception de villes intelligentes, le fait de conserver une longueur d'avance signifie s'assurer que nous établissons une base de talents pertinents aujourd'hui, nous permettant ainsi de répondre facilement et aisément aux besoins de demain.

Les villes intelligentes et les futurs emplois : quels emplois seront créés?

Pour qu'une ville devienne vraiment « intelligente », elle doit construire l'infrastructure nécessaire pour appuyer ce changement, ce qui signifie non seulement que nous observerons une hausse de la demande pour les professions d'aujourd'hui comme les planificateurs urbains, mais que nous serons également témoins du développement d'emplois complètement nouveaux, soit des emplois dont les compétences, les titres et les classifications n'existent pas présentement. Bien que le concept même des villes intelligentes ne s'est réalisé que récemment dans de nombreuses régions métropolitaines du monde, on estime que bon nombre des futurs emplois « intelligents » proviendront d'un ensemble de valeurs fondamentales, notamment la connectivité, l'efficience, la viabilité écologique et l'inclusivité.

Étant donné cette convergence, de nouveaux emplois devront être créés pour appuyer ce changement et cette croissance. Alors que certaines futures professions naîtront sans doute de la nécessité de posséder des compétences numériques et une expertise solides, d'autres pourraient découler des considérations sociales de la croissance des villes intelligentes. Les prévisions clés des futures professions recherchées incluent des architectes de logiciels de télématique chargés de concevoir des systèmes intégrés de surveillance des véhicules autonomes et de l'utilisation mobile; des analystes des données volumineuses qui seront chargés d'analyser l'acquisition des données volumineuses de la ville pour produire des pratiques améliorées; des planificateurs de villes intelligentes, qui collaboreront avec d'autres services pour réduire les déchets et améliorer l'efficacité de la ville; et des agents de valeur partagée responsables de s'assurer que tous les ministères de la ville partagent les valeurs liées à l'avancement des pratiques de durabilité pour améliorer la qualité de vie des résidents de la ville [128].

Bien que beaucoup plus de recherches soient nécessaires pour estimer précisément les besoins de main-d'œuvre au-delà de ces prévisions préliminaires, et en particulier concernant les besoins précis du Canada, des professions comme celles ci-dessus, en plus de nombreuses autres, feront leur apparition au fil du développement des villes intelligentes. En se concentrant sur la convergence entre la technologie, la durabilité et l'amélioration de la qualité de vie, les villes intelligentes entraîneront sans aucun doute des changements pour notre marché du travail et, de bien des façons, elles accéléreront le besoin de talents qualifiés. Toutefois, grâce à ces changements, les villes intelligentes produiront des possibilités sans fin. Elles s'avéreront non seulement essentielles à la future croissance technologique et au développement économique de demain, mais elles seront également au cœur de la durabilité et de l'habitabilité globales de nos villes et communautés au Canada et partout dans le monde.

SECTION TROIS: VÉHICULES AUTONOMES : UNE ANALYSE DU MARCHÉ CANADIEN

Véhicules autonomes et changements sur le marché du travail

Bien que le Canada ne soit pas encore au même niveau que certaines puissances mondiales (comme les États-Unis, l'Allemagne et le Japon) dans le domaine des véhicules autonomes, notre marché du travail connaîtra davantage de changements, de perturbations et de possibilités puisque la technologie des véhicules autonomes se peaufine et devient de plus en plus courante et acceptée. Évidemment, ces changements ne se seront ni immédiats, ni extrêmes. Les véhicules autonomes seront déployés en phases d'automatisation, selon un processus graduel de mise à l'essai et de déploiement.

Il va sans dire que l'évolution de cette importante technologie modifiera aussi les besoins liés au marché du travail canadien. Comme pour bon nombre d'avancements technologiques antérieurs, ces changements sont inévitables. Par conséquent, certains emplois connaîtront une hausse de la demande alors que d'autres subiront une baisse ou même une suppression. Cependant, les changements n'auront rien à voir avec un « cataclysme des emplois ». Les véhicules autonomes modifieront certaines exigences professionnelles, mais ne signifieront pas une importante perte d'emplois comme on le prédit parfois.

Comme ils reposent sur une technologie qui améliore l'accessibilité et intègre la mobilité, les véhicules autonomes seront plutôt une source d'emplois nouveaux et de grande qualité, tant dans le secteur de la technologie que dans l'économie dans son ensemble. Par exemple, bien que la technologie des véhicules autonomes soit encore relativement rudimentaire à l'heure actuelle au Canada, plusieurs professions clés ont déjà commencé à émerger, principalement celles directement liées à l'industrie. On pense notamment aux ingénieurs de systèmes de conduite automobile avancée, aux ingénieurs de recherche sur la conduite automatisée et aux formateurs sur les véhicules autonomes. La demande croissante pour ces professions n'a cependant pas supprimé les emplois traditionnels dans l'industrie automobile, comme les mécaniciens ou les répartiteurs, bien que les compétences requises pour ces derniers puissent éventuellement changer. Il s'agit simplement d'un aperçu du potentiel de création d'emplois que les véhicules autonomes peuvent offrir.

Tandis que les professions liées aux véhicules autonomes soutiendront le besoin en talents numériques, d'autres industries connaîtront aussi une croissance, notamment la planification publique, l'urbanisme et même la construction. Comme indiqué précédemment, la technologie comme les véhicules autonomes nécessitera le réaménagement de nos villes afin qu'ils puissent fonctionner selon leur plein potentiel. Le développement technologique des véhicules autonomes et la croissance des villes intelligentes sont intimement liés. De plus, les véhicules autonomes pourraient aussi transformer la structure des banlieues. Le cofondateur de LinkedIn, Marc Andreessen, explique que les véhicules autonomes pourraient entraîner une exurbanisation, ou la création de « banlieues de banlieues ». Grâce à cette exurbanisation, l'industrie de la construction sera en plein essor et stimulera donc la demande pour des emplois non liés aux véhicules autonomes [129].

Véhicules autonomes, percées technologiques et changements touchant les professions

Certes, les véhicules autonomes créeront des emplois, mais ils entraîneront aussi des changements qui nécessiteront un remaniement des compétences liées à certaines des professions d'aujourd'hui. Par exemple, même si les véhicules autonomes ne remplaceront pas les policiers, ils pourraient modifier leurs tâches quotidiennes.

Comme les véhicules autonomes élimineront les erreurs humaines et les écarts en matière de logique, les policiers passeront moins de temps à patrouiller sur les autoroutes, à gérer les contrôles routiers et à mener des enquêtes sur les accidents de la route (puisque la quantité de collisions sera réduite) [130]. Cependant, les policiers pourraient devoir assumer d'autres responsabilités, dont plusieurs nécessiteront un perfectionnement ou un recyclage. Ces nouvelles responsabilités pourraient notamment comprendre l'habileté à détecter, à réduire et à sanctionner efficacement les infractions liées aux cyberattaques (piratage) menant à l'utilisation des véhicules autonomes à des fins illicites [131]. Il ne s'agit que d'un exemple de l'ampleur de la transformation que les véhicules autonomes pourraient engendrer.

Il ne fait aucun doute que les développements technologiques d'envergure, comme les véhicules autonomes, transformeront le marché du travail canadien et, d'une façon ou d'une autre, auront une incidence sur bon nombre des nombreuses professions actuelles. Conséquemment, la suppression éventuelle de certains emplois sera inévitable. Par contre, la suppression de certains emplois en raison d'une innovation technologique n'a rien de nouveau et il ne faut pas la craindre. De l'invention de la roue à la première automobile, en passant par le développement de l'équipement agricole, la technologie a été un facteur de changement positif et de croissance. Une étude menée par Deloitte en 2015 au Royaume-Uni, intitulée *Technology and People*, laisse entendre que la technologie a été une véritable machine à création d'emplois au cours de l'histoire [132]. Dans l'étude, on affirme qu'au cours des 150 dernières années, la technologie a été un élément clé pour créer des emplois de bonne qualité et a servi à exécuter des tâches dangereuses ou laborieuses à la place des travailleurs [133]. Au cours de cette période, les plus importantes suppressions d'emplois ont été observées dans les professions nécessitant moins de qualifications (comme les travailleurs dans le secteur des chaussures et du cuir ainsi que les tisseurs et tricoteurs), dont le nombre d'emplois a respectivement diminué de 82 % et de 79 % entre 1992 et 2014 [134]. Par contre, bien que ces professions aient connu une forte baisse, la croissance des emplois de grande qualité a été exponentielle. Les professions dans les domaines des soins infirmiers, de l'enseignement et de l'administration des affaires ont connu une croissance de 909 %, de 580 % et de 365 % respectivement au cours de la même période [135].

Ainsi, bien qu'il soit inévitable que la technologie des véhicules autoautonomes cause une transition et, dans certains cas, une suppression d'emplois, il est nécessaire de déterminer s'il s'agit ou non d'une bonne chose. Bref, la suppression d'emplois que la présence de véhicules autonomes pourrait entraîner compense-t-elle les possibilités d'emplois de grande qualité qu'ils généreront?

Professions canadiennes touchées par la technologie des véhicules autonomes

L'incidence des technologies transformatives comme les véhicules autonomes sur un marché du travail donné dépend grandement du stade de ces technologies. Bien qu'au Canada la technologie des véhicules autonomes n'en soit qu'aux premiers développements, nos travaux de recherche nous ont permis de déterminer les caractéristiques suivantes auxquelles nous pourrions nous attendre lorsque les véhicules autonomes et connectés en seront à un stade plus avancé et seront utilisés.

1. Les professions qui dépendent des conducteurs humains seront grandement touchées, voire éventuellement éliminées. Nous prévoyons que la demande pour ces professions diminuera jusqu'au niveau 3 d'automatisation et sera complètement supprimée d'ici l'atteinte du niveau 5.

L'annexe IV contient une liste des professions de conducteurs les plus pertinentes au Canada, classées selon quatre codes de la CNP.

2. Certaines professions du secteur automobile, comme les mécaniciens, nécessiteront un perfectionnement ou un recyclage afin d'être en mesure d'offrir les services nécessaires relativement aux véhicules autonomes. L'annexe V comprend une liste des professions du domaine de l'automobile au Canada, classées selon sept codes de la CNP.

3. Certaines professions non liées aux TIC (ci-après appelées « professions auxiliaires »), comme les policiers et les techniciens-ambulanciers paramédicaux, seront touchées. Elles nécessiteront du perfectionnement ou du recyclage afin que les travailleurs puissent composer efficacement avec les changements que la technologie des véhicules autonomes apportera. L'annexe VI présente une liste des professions auxiliaires au Canada, classées selon 16 codes de la CNP.

4. La demande pour certaines professions en TIC, comme les ingénieurs en logiciels, augmentera en raison du développement et du déploiement de la technologie des véhicules autonomes. L'annexe VII comprend une liste des principales professions en TIC au Canada, classées selon 16 codes de la CNP.

Professions touchées : marché du travail et perspectives d'emploi au Canada: Considérations relatives aux conducteurs canadiens

Malgré la forte croissance observée dans les domaines créateurs d'emplois comme les TIC, l'emploi dans les industries à l'extérieur du secteur tertiaire a très peu augmenté au cours des dernières années. Totalisant 531 283 travailleurs en 2017, les conducteurs (le groupe professionnel le plus touché par la technologie des véhicules autonomes) représentent seulement 0,5 % de la population active canadienne. En comparaison, pour la même période, les travailleurs des TIC occupant une profession clé [136] représentaient plus de 5 % de la population active canadienne. Bien que de nombreuses professions dans des secteurs comme les TIC connaissent une augmentation en raison de leur contribution au développement des innovations et de la technologie, la croissance d'autres professions, comme les conducteurs, peut aussi être perçue comme un sous-produit du développement engendré par les professions hautement spécialisées.

Par exemple, les services novateurs comme Uber et Lyft ont changé la façon dont nous concevons les services de taxi et interagissons avec les chauffeurs de taxi, les chauffeurs et les professions semblables. En janvier 2016, Uber comptait 22 000 conducteurs à l'échelle mondiale, dont 2 200 femmes à Toronto seulement. Étant donné que les services de taxi traditionnels sont largement dominés par les hommes (plus de 90 % des conducteurs [137]), cela représente non seulement un changement important quant à ces services traditionnels, mais aussi quant à leur composition. De plus, alors que les services novateurs comme les applications de covoiturage changent le paysage de cette industrie, ils prennent aussi en considération l'incidence à long terme de la technologie des véhicules autonomes. Ainsi, les plans de transition précoce pour les conducteurs humains, comme ceux mis de l'avant par Uber, deviennent très importants.

Même si la technologie des véhicules autonomes pourrait éventuellement éliminer certaines professions liées à la conduite, il faut souligner que, pour d'autres professions, les effets prendront beaucoup de temps à se faire sentir. Les camionneurs en sont un très bon exemple. À l'heure actuelle, le marché des camionneurs professionnels au Canada connaît une forte demande. Cette demande est si élevée que l'Alliance Canadienne du Camionnage a récemment publié un rapport dans lequel on prévoit une pénurie de 34 000 camionneurs professionnels d'ici 2024 [138]. De plus, la demande en camionneurs professionnels devrait continuer d'excéder l'offre au Canada pour diverses raisons, notamment les longues distances à parcourir et les conditions météorologiques extrêmes présentes dans plusieurs provinces et territoires canadiens [139]. Par conséquent, alors que des entreprises comme Uber, Telsa et Google ont déjà commencé à mettre à l'essai des prototypes de camions autonomes [140], ces deux raisons ralentiront l'intégration de la technologie des véhicules autonomes dans l'industrie canadienne du camionnage. Les décideurs et l'industrie disposeront donc d'un délai supplémentaire pour établir des modèles de formation efficaces en vue d'une éventuelle transition.

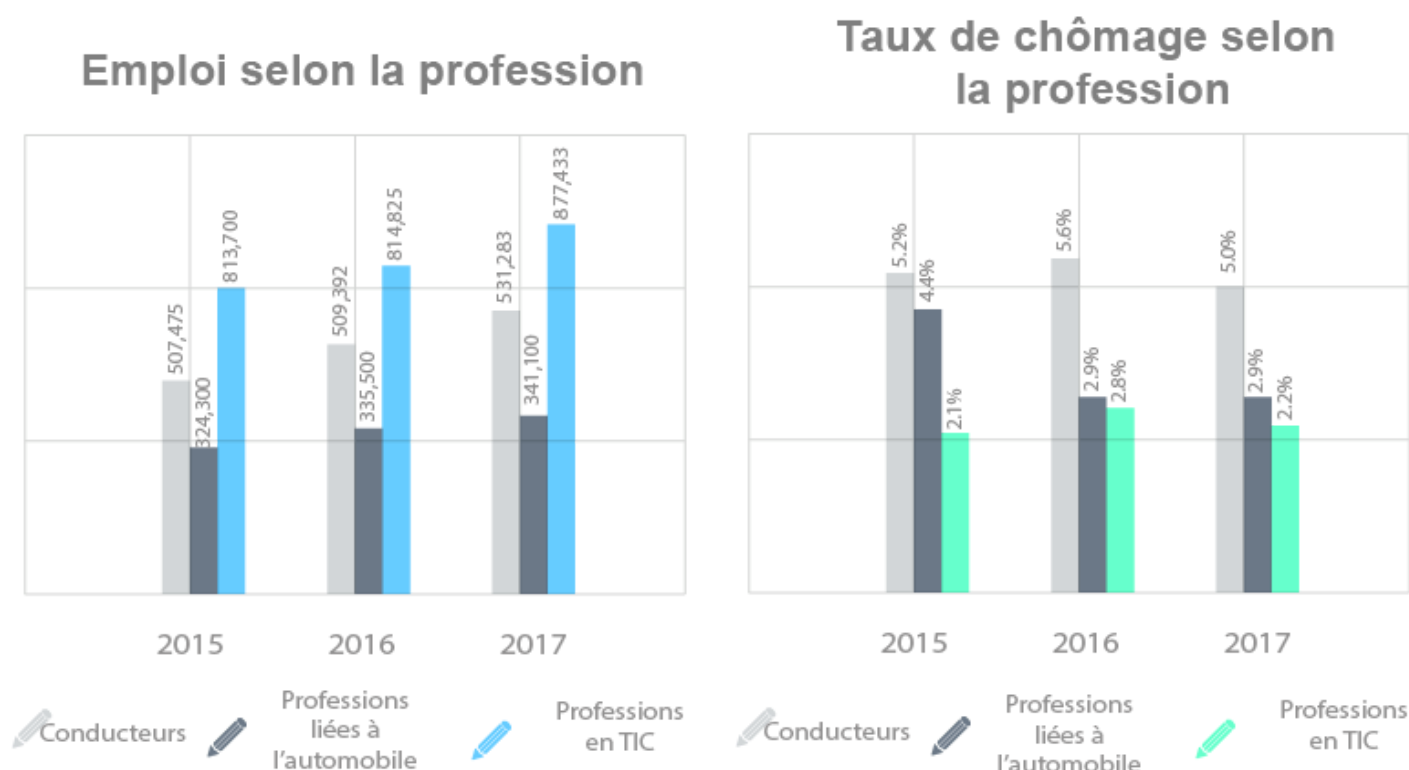
Chômage et transition vers le marché du travail

Comme indiqué précédemment, les développements technologiques créent souvent des répercussions inverses sur le marché du travail. Par exemple, bien qu'une solution novatrice en matière de mobilité comme les véhicules autonomes puisse éventuellement entraîner une augmentation du taux de chômage chez les conducteurs, elle favorisera aussi considérablement la croissance des professions hautement spécialisées comme les développeurs de logiciels. Encore une fois, rien n'est nouveau : il s'agit d'une tendance observée dans l'ensemble de l'économie canadienne. Selon Monster.ca, les huit emplois qui seront les plus recherchés à l'avenir au Canada sont les enseignants, les analystes en sécurité de l'information, les analystes en étude de marché, les directeurs de travaux de construction, les avocats, le personnel infirmier autorisé, les développeurs de logiciels et les directeurs du marketing [141]. Tous ces emplois sont considérés comme des professions hautement spécialisées, dont la majorité nécessite un niveau de scolarité et d'expérience élevé.

En analysant l'état actuel du marché du travail canadien, on constate que la situation est assez semblable. Dans le cas des professions en TIC les plus recherchées, le nombre global d'emplois a augmenté à près de 877 500 en 2017, pour un taux de chômage total de 2,2 %. Ce pourcentage représente moins du tiers du taux de chômage total au Canada.

En analysant les professions hautement spécialisées, mais non liées aux TIC (comme les mécaniciens ou les réparateurs de carrosserie), les tendances en matière d'emploi sont également positives. Pour ces professions, le taux de chômage a considérablement diminué au cours des dernières années, passant de 4,4 % en 2015 à 2,9 % en 2017. Entre-temps, le taux de chômage pour les professions nécessitant moins de qualifications (comme les conducteurs) a fluctué, mais est demeuré relativement élevé comparativement à celui des professions hautement spécialisées. En 2015, le taux de chômage chez les conducteurs était de 5,2 %. Ce nombre a continué d'augmenter en 2016, atteignant un point culminant de 5,6 %, puis s'est établi à 5 % en 2017. Bien que ce pourcentage soit tout de même inférieur au taux de chômage moyen dans l'ensemble des industries canadiennes (qui s'élevait à 7,3 % en 2017), le taux de chômage a tendance à être supérieur dans les professions nécessitant moins de qualifications que dans les professions hautement spécialisées.

En ce qui concerne les conducteurs, le taux de chômage a dépassé celui observé dans les professions liées aux TIC et à l'industrie automobile pour chaque année, et représentait plus du double du taux de chômage dans le secteur des TIC.



Niveaux de scolarité selon le type de profession

Les résultats de la priorisation de l'éducation au pays sont évidents. Année après année, le Canada a invariablement été classé parmi les meilleurs pays par l'OCDE en ce qui concerne le niveau de scolarité. En 2015, le Canada a terminé au 3^e rang des pays ayant le plus de résidents détenant un diplôme postsecondaire au monde. Également en 2015, près de 60 % des adultes canadiens avaient des qualifications tertiaires, soit 20 % de plus que la moyenne de 35 % chez les pays membres de l'OCDE [142]. Bien que le niveau de scolarité change selon la région, la catégorie professionnelle et d'autres facteurs, nous pouvons être fiers. De plus, à la lumière de la conclusion voulant que les personnes détenant des compétences spécialisées et un niveau de scolarité élevé réussissent mieux sur le marché du travail [143], nous sommes sur la bonne voie pour assurer l'emploi continu des Canadiens dans l'économie numérique.

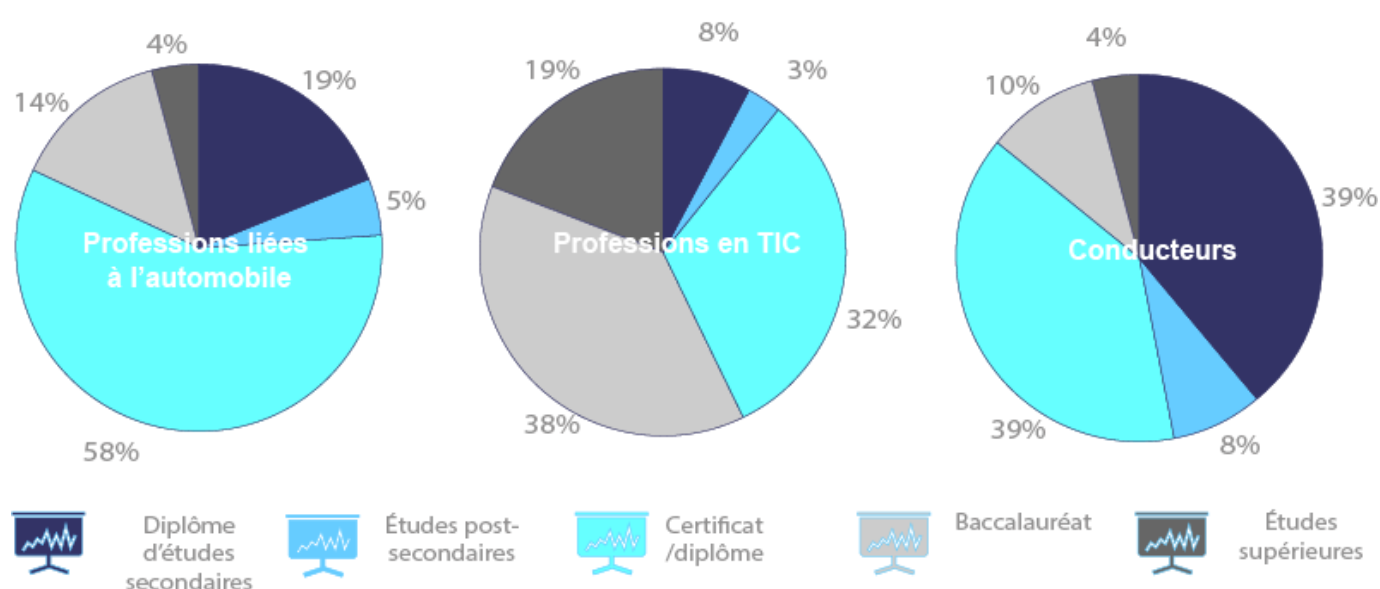
Au cours de nos travaux de recherche sur les professions qui sont le plus touchées par la technologie des véhicules autonomes, nous avons constaté que les conducteurs avaient le niveau de scolarité le plus faible. En 2017, 39 % des Canadiens occupant un poste de conducteur ont indiqué que le plus haut niveau de scolarité qu'ils avaient complété était un diplôme d'études secondaires. Ce pourcentage était supérieur de 18 % par rapport à la moyenne nationale de 21 %. Conséquemment, un pourcentage relativement faible de conducteurs ont un certificat ou un diplôme d'études collégiales (39 %) ou un baccalauréat (10 %), comparativement aux professionnels des TIC les plus recherchés qui occupent un emploi lié à la technologie des véhicules autonomes. On apprend que 32 % d'entre eux détiennent un certificat ou un diplôme d'études collégiales, 39 % ont un baccalauréat et 19 % ont un diplôme d'études supérieures. La disparité scolaire est manifeste. Nous en sommes venus à la conclusion que les professions liées à l'industrie automobile nécessitaient un perfectionnement (bien que ce besoin soit moins marqué chez les professionnels des TIC). En effet, les résultats indiquent que 58 % des travailleurs de ce groupe détenaient un certificat ou un diplôme d'études collégiales et que 14 % avaient un baccalauréat.

Bien que les études postsecondaires ne soient pas nécessairement gage de réussite dans l'économie numérique (il suffit de penser au plus célèbre décrocheur de Harvard [144], Bill Gates, ou au fondateur d'Apple, Steve Jobs, qui a abandonné ses études au Reed College après seulement six mois [145]), elles constituent souvent un facteur important à l'égard des futures possibilités d'emploi. Plus précisément, comme l'a mentionné le président de l'Université Wilfrid-Laurier, Max Blouw, les universités offrent un développement intellectuel et personnel général qui permet aux diplômés de réussir dans un monde en constante évolution, un monde qui exige de l'innovation et une capacité d'adaptation [146].

Le pourcentage élevé de scolarité postsecondaire parmi les professionnels des TIC et travaillant dans l'industrie automobile peut aussi constituer un avantage en matière d'employabilité dans l'économie numérique ainsi qu'un avantage dans le cadre des programmes de perfectionnement qui favorisent la transition vers une économie où les véhicules autonomes sont courants. Pour les conducteurs, qui ont un niveau de scolarité considérablement inférieur, les perspectives de nouvelle formation sont plus minces.

Certaines entreprises, comme Uber, ont déjà préparé des plans qui traitent de cette situation. Uber a indiqué son désir de fournir la formation nécessaire, notamment des périodes professionnelles et des périodes d'étude et de transition (pour aider les conducteurs à composer avec l'essor de la technologie des véhicules autonomes) bien avant que la conversion s'effectue [147]. L'entreprise s'affaire donc à créer des options pour une profession qui sera durement touchée par la nouvelle technologie. Il n'est donc pas surprenant que les conducteurs soient les premiers à subir une suppression d'emplois au fur et à mesure que les véhicules autonomes s'intégreront dans notre quotidien. De plus, le niveau de scolarité relativement faible parmi ce groupe professionnel amplifie l'urgence d'établir des programmes de formation avant que cette transition d'envergure survienne sur le marché du travail.

Niveau de scolarité selon la profession



Source: Statistics Canada, 2017.

Salaires, éducation et suppression d'emplois : qui fera les frais du changement?

Puisque le niveau de scolarité est souvent étroitement lié au salaire, il est raisonnable de penser que les professions les mieux payées nécessitent un niveau de scolarité élevé. Par contre, on remarque de plus en plus que ce n'est pas tant le niveau de scolarité qui importe, mais le type. Selon le réseau Slice.ca, près de la moitié des 20 professions les mieux payées au Canada en 2016 étaient liées aux TIC. Un autre quart était des professions dans le domaine des affaires et du marketing.

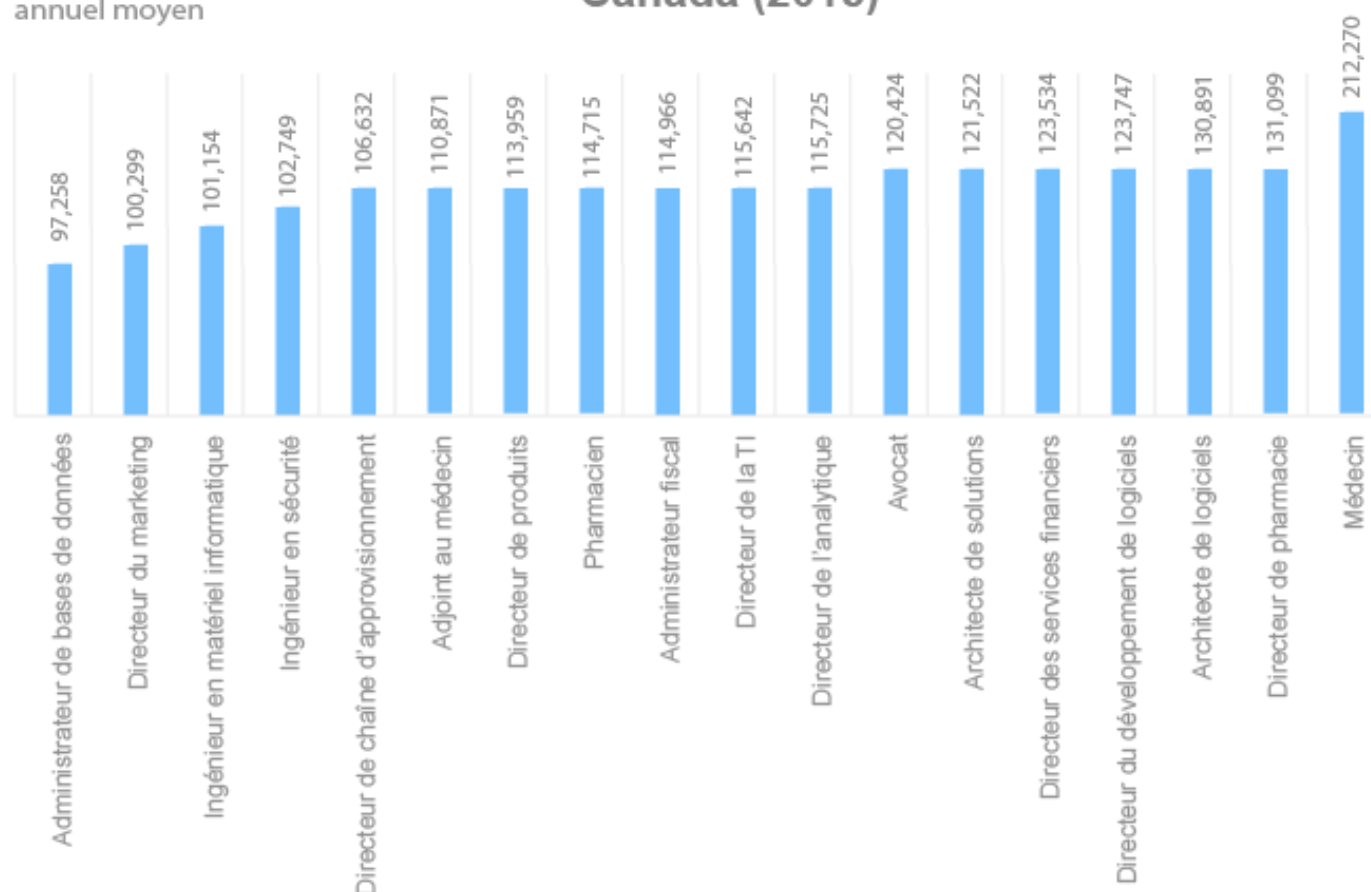
Bien que les professionnels des TIC et des affaires aient habituellement un niveau de scolarité élevé, la demande relative à ces professions semble continuer de croître, alors que la transformation numérique se répand davantage.

Prenons le cas d'un ingénieur en matériel informatique, dont le salaire annuel moyen est d'environ 101 000 \$. Les exigences minimales en matière d'études sont un baccalauréat en informatique ou un domaine afférent, alors que certains employeurs exigent une maîtrise [148]. Une tendance semblable a été observée pour les directeurs des services financiers, dont le salaire annuel moyen est d'environ 123 500 \$. Pour un tel poste, les exigences minimales en matière d'études sont un baccalauréat en finance ou en administration des affaires, alors que certains employeurs exigent une maîtrise en administration des affaires [149]. Il s'agit de deux professions considérées comme étant très en demande.

À l'inverse, les exigences en matière d'études pour un conducteur, dont le salaire annuel moyen était de 34 948 \$ en 2016, sont beaucoup moins rigoureuses. Un chauffeur de taxi a un niveau de scolarité habituellement moins élevé et la profession n'exige pas de formation officielle (secondaire ou postsecondaire) [150]. Cette observation corrobore une des conclusions de nos travaux de recherche, soit qu'il existe un taux élevé de travailleurs détenant un diplôme d'études secondaires dans cette profession. Évidemment, ce n'est pas nécessairement la norme parmi toutes les professions liées à la conduite de véhicules. Par exemple, les camionneurs (soit la profession liée à la conduite de véhicules qui connaîtra le taux de suppression d'emplois le plus faible au moment de l'implantation de la technologie des véhicules autonomes) doivent détenir non seulement un diplôme d'études secondaires, mais aussi un certificat qui leur permet d'obtenir un permis de conduire commercial de classe A [151]. Selon le McKinsey Global Institute, les emplois qui sont le plus sujet à l'automatisation sont ceux axés sur un travail physique prévisible [152] et qui ne nécessitent pas une analyse approfondie ou d'interaction sociale. Par conséquent, même si certaines professions liées à la conduite (comme les camionneurs sur longue distance) éviteront probablement la suppression d'emplois pour le moment, alors que les chauffeurs de taxi ou les chauffeurs n'y échapperont pas.

 Salaire
annuel moyen

Salaire selon les emplois les plus recherchés au Canada (2016)

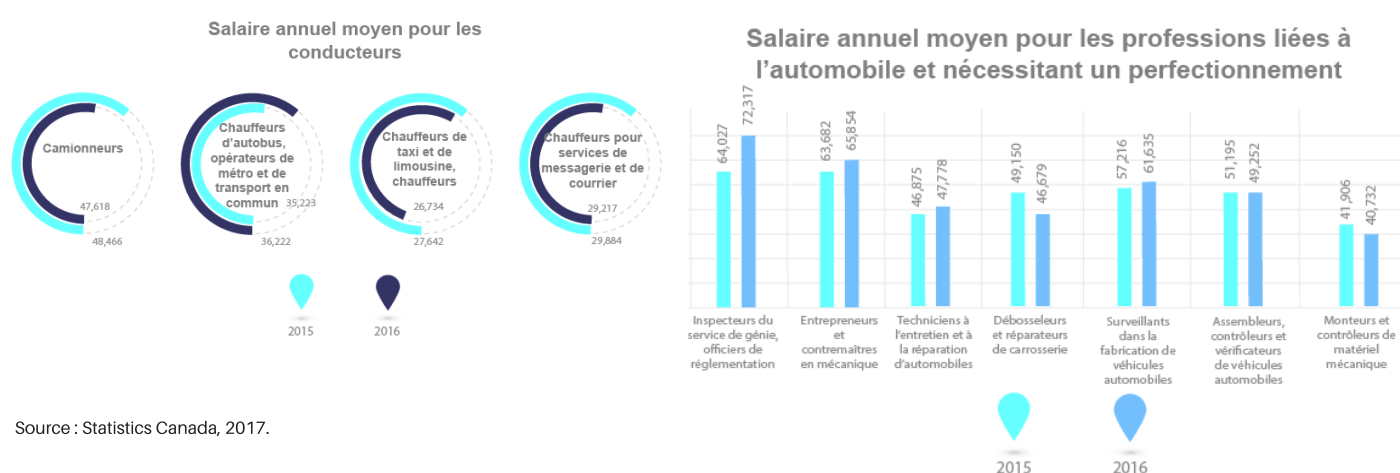


Source : Slice.ca (« The Highest Paying in-demand jobs in Canada - 2016 Edition »)

Comparaison des salaires selon les professions : analyse approfondie

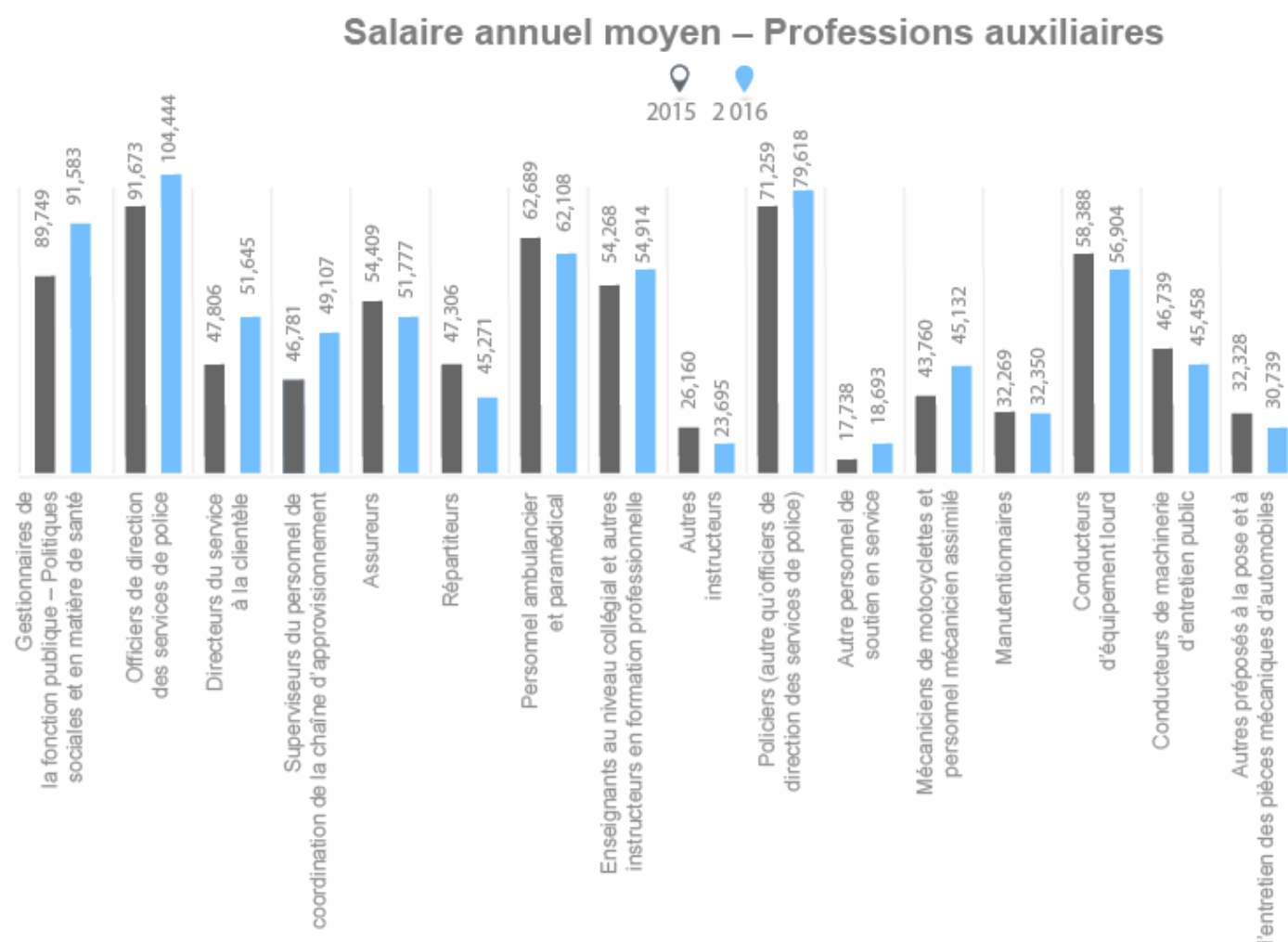
Une analyse approfondie démontre des écarts encore plus marqués entre la profession de conducteur et les autres professions : le salaire moyen pour les professions dans l'industrie automobile s'élevait à 55 884 \$ en 2015 et a augmenté de près de 3,5 % en 2016, atteignant ainsi 57 690 \$. Ce montant est 65 % plus élevé que le salaire moyen d'un conducteur en 2016. De plus, au fur et à mesure que la technologie des véhicules autonomes se précise et se répand, il est possible que les salaires augmentent encore davantage pour ces professions. Comme les travailleurs occupant ces professions auront la chance de suivre une formation sur l'entretien des véhicules autonomes, la demande pour ces types de profession pourrait aussi augmenter. Prenons, par exemple, les professions classées sous le code 7322 de la CNP (Débrosseurs et réparateurs de carrosserie). Les travailleurs occupant ces professions connaîtront sans aucun doute une accalmie quant à la demande en ce qui concerne les compétences actuelles.

Comme il y aura moins d'accidents, l'expertise traditionnelle des mécaniciens deviendra moins utile puisque leurs services seront moins en demande [153]. Par contre, au fur et à mesure que les travailleurs dans le domaine suivront une nouvelle formation pour s'adapter aux changements apportés par les véhicules autonomes, la nature de leur travail sera modifiée ainsi que le processus de réparation. Par exemple, on prévoit que les véhicules autonomes seront en mesure de se rendre eux-mêmes à l'atelier de réparation, d'informer le mécanicien des réparations dont ils ont besoin et même d'établir un échéancier des travaux [154]. Les mécaniciens traditionnels devront donc suivre une nouvelle formation afin de bien comprendre ces véhicules (notamment une formation sur l'interface homme machine), pour « collaborer » avec eux et les réparer.



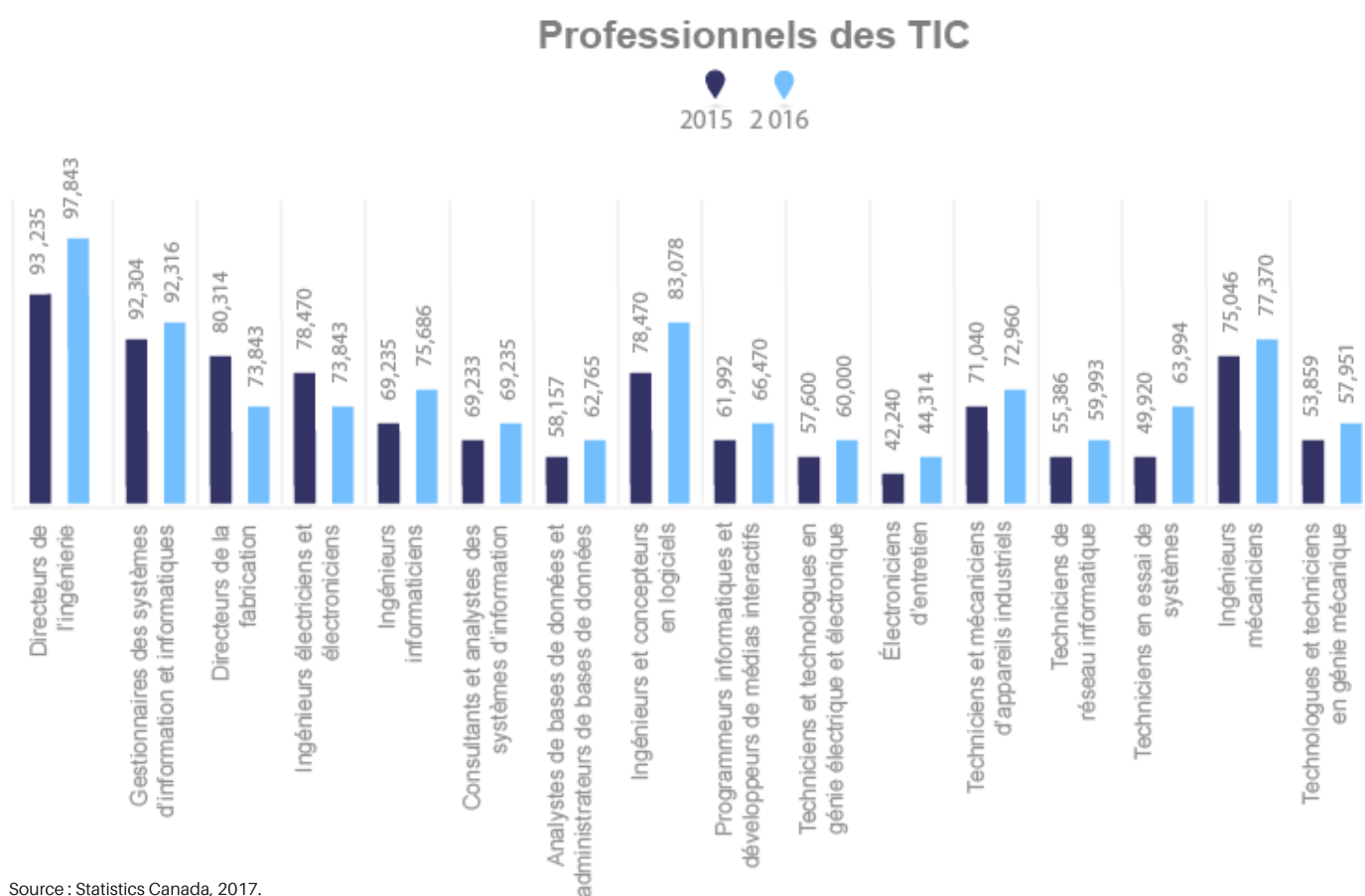
Une tendance semblable pourrait aussi être observée chez les travailleurs auxiliaires, comme les policiers et les assureurs. Le salaire moyen des travailleurs auxiliaires s'élevait à 51 458 \$ en 2015. Il a augmenté d'environ 2,5 % en 2016, pour s'établir à 52 715 \$, ce qui représente une différence de 51 % par rapport au salaire annuel moyen d'un conducteur. De plus, la technologie des véhicules autonomes aura inévitablement une incidence sur la demande et les rôles associés à certaines de ces professions. Prenons l'exemple du code 1313 de la CNP (Assureurs). Les véhicules autonomes ne modifieront pas seulement les rues d'une ville, mais ils changeront aussi les processus réglementaires et les normes régissant tous les véhicules. Conséquemment, les polices d'assurance devront être adaptées aux véhicules autonomes, qui ne sont donc pas assujettis aux erreurs humaines ou aux caractéristiques personnelles, lesquelles représentent la majorité des données utilisées pour établir des polices d'assurance à l'heure actuelle.

Les assureurs devront ainsi suivre une formation pour déterminer les nouveaux risques associés aux véhicules autonomes (comme la défaillance des logiciels lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises) plutôt que les risques associés à un conducteur humain. Une fois normalisés, ces nouveaux risques pourront être compilés afin de fixer les primes, la portée de la protection, les tableaux de taux et les autres éléments clés de la profession.



Cela dit, les salaires qui sont de loin les plus élevés sont ceux des travailleurs les plus en demande pour l'avenir de la technologie des véhicules autonomes : les professionnels des TIC. Le salaire moyen d'un professionnel des TIC était de 67 906 \$ en 2015 et de 70 706 \$ en 2016. À 70 706 \$, le salaire moyen d'un professionnel des TIC était 102 % plus élevé que celui d'un conducteur. De plus, au fur et à mesure que la technologie des véhicules autonomes se précise et s'intègre selon un taux plus élevé, la possibilité d'augmentation salariale pour les professionnels des TIC est très forte.

Les professionnels des TIC, comme les ingénieurs en logiciels, les analystes de bases de données et les ingénieurs informaticiens, joueront un rôle essentiel dans le développement et l'amélioration des véhicules autonomes. Par conséquent, plus la demande en véhicules autonomes augmentera, plus la demande en professionnels des TIC augmentera aussi. Une forte demande signifie souvent une augmentation des salaires.



Compétences, talents et modification des possibilités d'emploi

Un vaste éventail de compétences, dont certaines seront nettement différentes des compétences actuelles, seront nécessaires dans le domaine des véhicules autonomes afin de concevoir, de développer et de déployer efficacement des véhicules efficaces et sécuritaires. Les compétences traditionnelles en sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STIM) constitueront encore l'essentiel de la formation, mais auxquelles des compétences complémentaires seront juxtaposées (comme l'intelligence artificielle et l'apprentissage en profondeur). Des composantes des professions en TIC, notamment la cybersécurité, la transmission de données sans fil, l'apprentissage automatique et la télématique, seront aussi indispensables [155].

Les changements apportés aux exigences en matière de qualifications permettront de générer de nouvelles possibilités dans plusieurs secteurs de l'économie, notamment la fabrication, le transport, le génie et la technologie. Par contre, ces possibilités amèneront aussi des difficultés : il faudra s'assurer que les professionnels en demande possèdent les compétences nécessaires pour évoluer au même rythme que la technologie, que les travailleurs devant se perfectionner reçoivent la formation dont ils ont besoin pour rester fonctionnels au fur et à mesure que la technologie évolue, et que les personnes qui occupent un emploi appelé à disparaître se recyclent afin d'être en mesure de faire la transition vers un nouvel emploi et de continuer de faire partie de la population active.

L'annexe VII présente une comparaison préliminaire des professions actuelles liées à la technologie des véhicules autonomes et des compétences afférentes.

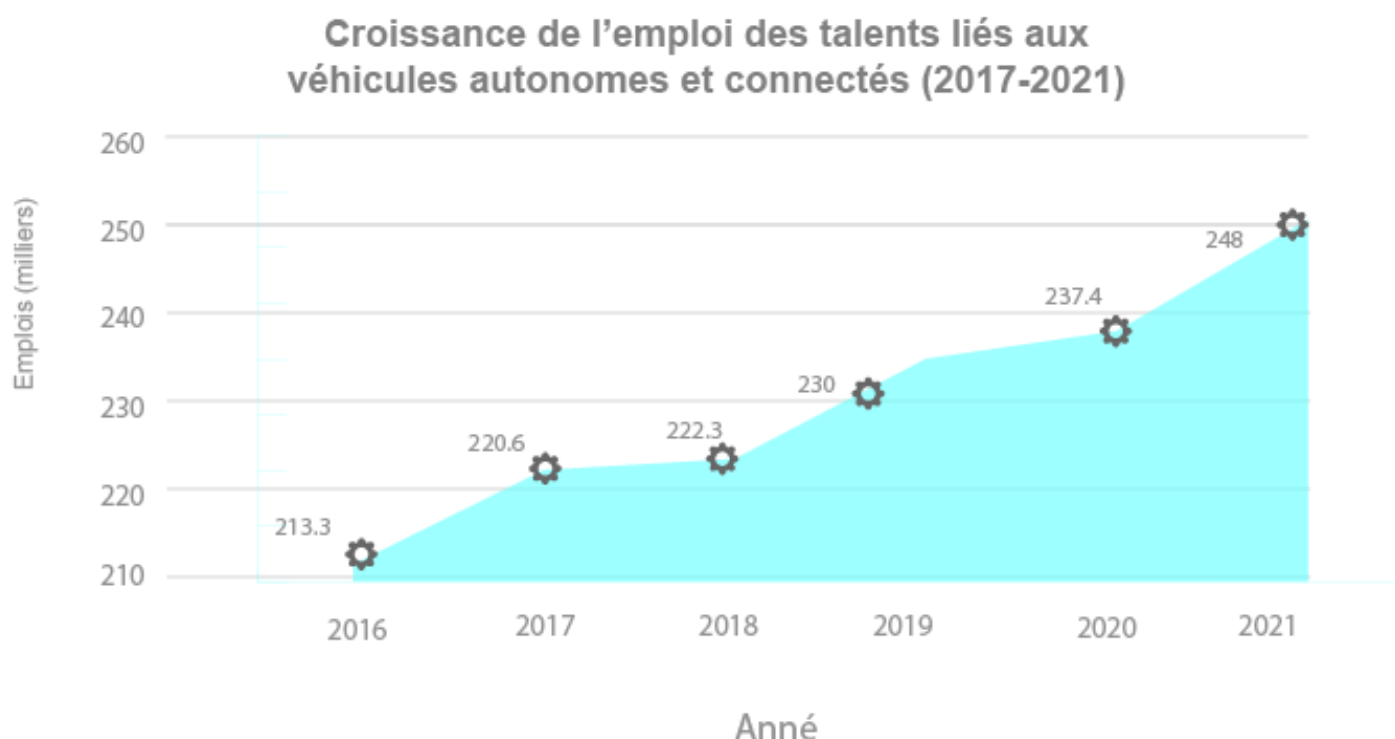
Prévisions d'emploi en TIC dans l'industrie canadienne des véhicules autonomes (2017-2021)

La croissance et l'expansion de la technologie des véhicules autonomes à l'échelle mondiale apporteront sans contredit une vague de changements sans précédent quant à la façon dont nous nous déplaçons, dont nous travaillons et dont nous vivons. Bien qu'il ne soit pas une puissance dans le domaine des véhicules autonomes comme les États-Unis, l'Allemagne ou le Japon, le Canada a récemment commencé à s'ouvrir à ce domaine révolutionnaire. En concentrant ses efforts sur la simplification des véhicules connectés et en faisant ses premiers pas vers le développement de la technologie des véhicules autonomes, le Canada s'oriente vers un secteur d'innovation crucial.

Par conséquent, la demande en talents dans ce domaine connaîtra une croissance exceptionnelle, qui deviendra encore plus prononcée au fur et à mesure que nous augmenterons notre capacité de participer à l'échelle internationale. Les talents qualifiés en TIC requis seront diversifiés : il faudra notamment des développeurs pour créer des logiciels d'exploitation des systèmes d'intelligence artificielle qui font fonctionner les véhicules, des ingénieurs de réseaux pour gérer le système infonuagique où sont stockées et transmises les données ainsi que des ingénieurs mécaniciens et des ingénieurs électriciens pour construire et configurer les véhicules.

Certaines de ces professions existent déjà, alors que d'autres naîtront avec le développement de la technologie. Les travaux de recherche que nous avons menés en 2016 ont démontré qu'environ 213 300 ingénieurs et talents qualifiés en TIC travaillaient dans une industrie afférente aux véhicules autonomes et connectés au Canada. Puisque les connaissances que détiennent ces travailleurs seront de plus en plus recherchées à la lumière du développement de la technologie des véhicules autonomes, nous avons établi des prévisions pour estimer la demande en ingénieurs et en talents qualifiés en TIC au cours des 5 prochaines années.

En sachant que le Canada n'atteindra probablement pas le niveau 5 d'automatisation pendant cette période, nous avons analysé la croissance approximative de la technologie des véhicules autonomes et connectés au Canada jusqu'en 2021. Pour analyser la valeur approximative du marché de cette technologie au Canada, nous avons utilisé les 16 catégories professionnelles en TIC et en ingénierie (codes de la CNP) les plus recherchées pour l'ensemble des secteurs liés à l'industrie automobile au pays. Nos conclusions indiquent que le Canada connaîtra une augmentation de 34 700 nouveaux emplois dans le secteur des véhicules autonomes et connectés d'ici 2021, selon un taux de croissance annuel composé de près de 3 % pendant cette période.



Source: CTIC, 2017.

En raison de la forte demande ainsi que de la croissance et du déploiement de la technologie des véhicules autonomes et connectés, il est primordial que nous fassions en sorte que le Canada reste concurrentiel dans ce secteur révolutionnaire et en expansion rapide.

Conclusion

Les véhicules autonomes sont nés d'une technologie, mais ils sont des agents du changement en soi. Ils changeront la façon dont nos villes sont structurées, dont nous percevons la productivité au travail et, au bout du compte, la façon dont nous vivons. Les véhicules autonomes redéfinissent rapidement la signification de la mobilité grâce à des caractéristiques révolutionnaires comme la télématique et la 5G, qui recueillent et transmettent des données, ainsi qu'à l'intelligence artificielle, qui analysent et interprètent les données. Les répercussions de ces véhicules sont considérables.

Grâce au développement de composantes technologiques clés, les véhicules autonomes démontrent déjà des résultats impressionnants. De récentes études mettent en lumière les avantages en matière de sécurité des véhicules autonomes comparativement à un véhicule conduit par un humain. Sur une même distance, le taux d'accidents graves pour les véhicules autonomes était 4 fois moins élevé que celui pour les véhicules conduits par un humain. Puisque près de 2 000 Canadiens décèdent chaque année dans un accident de voiture, la sécurité qu'offrent les véhicules autonomes est très intéressante.

De plus, l'utilisation accrue des véhicules autonomes permettra d'améliorer l'inclusion, la diversité et les options en matière d'intégration sociale et économique de plusieurs groupes sous-représentés au Canada. Les véhicules autonomes offrent des options supplémentaires en matière de déplacement, ce qui permettra aux groupes qui éprouvent actuellement des difficultés en matière de mobilité de jouer un rôle dans l'économie et de s'engager socialement, notamment les aînés, les personnes handicapées, les Autochtones et les personnes qui vivent en milieu rural ou dans des régions éloignées. L'inclusion accrue est un facteur clé pour assurer le développement économique et la prospérité du marché du travail ainsi que pour améliorer la qualité de vie de tous les Canadiens.

Évidemment, ces changements ne se feront pas du jour au lendemain ou de façon isolée. Bien que nous ayons encore beaucoup de chemin à faire avant de pouvoir faire concurrence aux chefs de file mondiaux dans le domaine des véhicules autonomes, nous savons que pour y arriver, nous devons modifier nos villes et nos communautés. Au fur et à mesure que les véhicules autonomes deviendront une partie intégrante de nos sociétés, ils seront soutenus par des villes intelligentes. Par conséquent, nos villes devront être restructurées, notamment en construisant des infrastructures intelligentes en mesure de communiquer efficacement et rapidement avec les véhicules autonomes. Les principaux engagements indiqués dans le Budget de 2017, notamment le défi des villes intelligentes, représentent les premiers pas dans cette direction. Sans aucun doute, le développement de la technologie des véhicules autonomes et l'amélioration de la connectivité au sein des villes doivent aller de pair.

En ne tenant pas compte des récents développements positifs, bon nombre de personnes affirment que les progrès du Canada dans le domaine des véhicules autonomes sont lents comparativement à d'autres pays. Aux États-Unis, le Waymo de Google a déjà parcouru plus de 3 millions de milles. L'Allemagne a déjà adopté une loi sur l'utilisation des véhicules autonomes sur les voies publiques. Le Canada se démarque peu par rapport à ces avancements considérables. Par contre, bien que nous ayons encore beaucoup à faire pour faire concurrence aux puissances mondiales dans le domaine des véhicules autonomes (comme les États-Unis, l'Allemagne et le Japon), des tendances positives émergent au pays. En 2016 et 2017, des engagements clairs à l'égard du développement de la technologie des véhicules autonomes ont été pris au Canada. Au début de 2016, GM s'est engagée à embaucher plus de 1 000 nouveaux employés dans des postes liés aux véhicules autonomes au cours des prochaines années à Oshawa. L'entreprise ouvrira aussi un centre de développement de logiciels pour véhicules autonomes à Markham. Le Budget de 2017 de l'Ontario comprend du financement pour l'établissement d'une zone de mise à l'essai des véhicules autonomes à Stratford. Des investissements importants ont aussi été faits par QNX et Ford en 2017. QNX a annoncé qu'elle commencerait la mise à l'essai de véhicules autonomes dans les rues d'Ottawa à l'automne ou l'hiver 2017. Ford a quant à elle investi près de 340 millions de dollars pour la construction d'un centre de recherche sur les véhicules autonomes à Ottawa qui, jusqu'à présent, a créé plus de 300 nouveaux emplois hautement spécialisés dans le domaine des véhicules autonomes. Et ce n'est que le début.

Fort des récents investissements faits dans le développement de cette technologie, le Canada devrait connaître une forte demande pour les professionnels des TIC et les travailleurs hautement qualifiés dans le domaine de l'ingénierie, qui sont essentiels pour le développement des réseaux de véhicules autonomes et connectés. La croissance devrait représenter 34,700 emplois au cours des 5 prochaines années, dont des développeurs de logiciels (qui créeront et peaufineront la technologie d'intelligence artificielle qui permet aux véhicules autonomes d'interpréter l'environnement dans lequel ils évoluent) ainsi que des ingénieurs mécaniciens (qui créeront et fabriqueront les pièces mobiles des véhicules). Ce développement apportera un important changement positif au sein du marché du travail canadien, mais aussi quelques difficultés, comme la suppression d'emplois dans certaines professions (la plus évidente étant celle de conducteur). Cependant, comme nous l'avons déjà vu dans le passé, la technologie est synonyme de croissance économique et de création d'emplois de grande qualité. Par conséquent, alors que les véhicules autonomes transformeront notre marché du travail, dont certains changements pourraient initialement être difficiles à gérer, les modifications apportées généreront des emplois bien rémunérés et de grande qualité dans toutes les industries canadiennes.

Les innovations révolutionnaires comme les véhicules autonomes changeront la façon dont nous nous déplaçons, communiquons et vivons. Elles apportent des avantages, notamment l'inclusion et la diversité, l'augmentation de la productivité et l'amélioration de la sécurité sur les routes. Évidemment, elles nécessitent aussi une restructuration de nos villes et communautés ainsi qu'une réorganisation de nombreuses professions dans l'ensemble des secteurs d'activité. La présence de véhicules autonomes signifie que les policiers devront mettre l'accent sur les incidents de cybersécurité plutôt que les accidents de la route. Les mécaniciens devront suivre une nouvelle formation pour bien comprendre les véhicules autonomes et être en mesure de communiquer avec ceux-ci. Même des professions qui de prime abord ne semblent pas liées aux véhicules autonomes, comme les analystes de politiques et les économistes, devront se perfectionner pour être en mesure de déterminer les principales répercussions sociétales des véhicules autonomes. Ces répercussions comprennent une incidence sur les soins de santé en raison de la réduction des accidents de la route et les effets sur le PIB à la lumière de l'augmentation de la participation économique des groupes sous-représentés.

Il va sans dire que l'essor des véhicules autonomes perturbera considérablement notre quotidien, mais cette perturbation apportera un vaste éventail de possibilités, qui nous permettront de devenir concurrentiels. Pour être concurrentiel à l'échelle mondiale, il faut soutenir la croissance et l'innovation. Pour tirer profit des futures possibilités que présenteront les véhicules autonomes, il faut se préparer à leur arrivée dès maintenant.

SECTION QUATRE: RECOMMANDATIONS

- 1.** Nous suggérons d'assurer une meilleure cohésion entre les décideurs, les représentants de l'industrie et le milieu universitaire afin de favoriser les investissements dans le développement, la mise à l'essai et l'utilisation de la technologie des véhicules autonomes au Canada, à un rythme semblable à celui de nos concurrents internationaux.
- 2.** Nous proposons d'assurer une collaboration accrue parmi les décideurs, le milieu universitaire et les experts internationaux en la matière afin de bien établir les options en matière de réglementation et de normes qui seront nécessaires pour régir l'utilisation des véhicules autonomes au Canada.
- 3.** Les décideurs, en collaboration avec l'industrie, le milieu universitaire et d'autres parties prenantes, doivent faire avancer la recherche nécessaire pour déterminer les liens entre les véhicules autonomes et le développement des villes intelligentes au pays, ce qui comprend la capacité de créer des villes et des communautés intelligentes dans l'ensemble du pays, les technologies clés requises pour soutenir la croissance des villes intelligentes et l'adoption à grande échelle des véhicules autonomes (notamment la 5G, la télématique, l'intelligence artificielle et les capteurs) ainsi que les principales répercussions que ces progrès auront sur le marché du travail canadien.
- 4.** Les décideurs, en collaboration avec l'industrie, le milieu universitaire et les autres parties prenantes, doivent faire avancer la recherche sur la part du marché des véhicules autonomes au Canada, ce qui comprend le recensement des activités sur le marché des principales entreprises œuvrant dans le développement de la technologie, des composantes ou des produits des véhicules autonomes.

Il sera ainsi possible de créer des outils de prévisions fiables et durables afin d'interpréter de façon détaillée la croissance des emplois liés aux véhicules autonomes et les compétences requises à long terme.

5. Les décideurs, en collaboration avec l'industrie, le milieu universitaire et les autres parties prenantes, doivent faire avancer la recherche sur les vastes répercussions sociales d'un déploiement d'envergure de véhicules autonomes au Canada, ce qui comprend les effets de la technologie sur l'intégration des groupes sous-représentés sur le marché du travail ainsi que la promotion de la diversité dans nos communautés.

Annexe I : Méthode de recherche et de prévision

Méthode de recherche

Afin de mieux comprendre le développement de la technologie des véhicules autonomes, en plus de ses impacts sur le marché du travail canadien, le cadre méthodologique de ce rapport a utilisé une combinaison de sources de données et de méthodes d'analyse, notamment les données secondaires le plus pertinentes et actualisées relatives à des composantes comme les codes professionnels dans différentes industries, les salaires, les formations scolaires, les taux d'emploi, et la répartition selon le sexe et l'âge. Ces données ont été recueillies principalement par le biais de l'Enquête sur la population active de Statistique Canada et utilisées pour cerner les tendances clés du marché du travail. Une analyse documentaire approfondie a également été effectuée afin de recenser et d'analyser les rapports et les autres travaux présentant les conclusions les plus opportunes et pertinentes, relativement aux véhicules autonomes et aux villes intelligentes, au Canada et dans le monde entier. Ces deux flux de données étaient appuyés et validés par des perspectives et une rétroaction clés extraites par le biais de 3 réunions d'un groupe consultatif de chefs de file dans le domaine de la technologie des véhicules autonomes ainsi que d'experts du marché du travail et de 12 entrevues d'informateurs clés réalisées auprès d'experts de l'industrie.

Les auteurs et les contributeurs de ce rapport ont déployé tous les efforts possibles pour assurer l'exactitude de cette recherche tout en reliant les développements clés aux impacts sur le marché du travail canadien.

Cela dit, d'autres recherches sont nécessaires pour analyser les futurs développements et tendances périodiques. Consultez l'annexe II sur les limites de la recherche pour plus de détails.

Méthode de prévision

Afin de relier la croissance de la technologie des véhicules autonomes au Canada aux impacts sur le marché du travail, nous avons établi des prévisions sur la demande en matière d'emploi dans l'ensemble des professions relatives aux industries des véhicules connectés et autonomes au Canada. Nos recherches ont permis de cerner les professions en TIC suivantes, classées selon les codes de la Classification nationale des professions (CNP), qui seront les plus recherchées au Canada alors que les industries des véhicules connectés et autonomes prendront de l'ampleur entre 2017 et 2021.

- 0211** Directeurs des services de génie
- 0213** Gestionnaires des systèmes informatiques
- 0911** Directeurs de la fabrication
- 2132** Ingénieurs mécaniciens
- 2133** Ingénieurs électriciens et électroniciens
- 2147** Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)
- 2171** Analystes et consultants en informatique
- 2172** Analystes de bases de données et administrateurs de données
- 2173** Ingénieurs et concepteurs en logiciel
- 2174** Programmeurs et développeurs en médias interactifs
- 2232** Technologues et techniciens en génie mécanique
- 2241** Technologues et techniciens en génie électronique et électrique
- 2242** Électroniciens d'entretien (biens domestiques et commerciaux)
- 2243** Techniciens et mécaniciens d'instruments industriels
- 2281** Techniciens de réseau informatique
- 2283** Évaluateurs de systèmes informatiques

Alors que la technologie des véhicules connectés et autonomes aura ultimement des impacts sur différentes industries de l'économie canadienne, nos recherches ont suggéré que, en raison des stades rudimentaires de cette technologie au Canada, les importants impacts de cette technologie sur le marché du travail se feront surtout sentir parmi les industries suivantes, classées selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), entre 2017 et 2021.

SCIAN 31-33 Fabrication

SCIAN 48-49 Transport et entreposage

SCIAN 51 Industrie de l'information et industrie culturelle

Dressant le portrait du croisement entre les professions les plus recherchées dans l'ensemble des industries les plus touchées, nous avons utilisé des données historiques de l'Enquête sur la population active de Statistique Canada (2009-2016) pour calculer le nombre de professionnels en TIC identifiés ci-dessus (codes de la CNP) qui travaillent dans les industries des véhicules connectés et autonomes (SCIAN) ci-dessus. Des modèles de prévision fondés sur le format Smothers et des modèles en série chronologique unidimensionnels ont été utilisés pour prédire la demande en main-d'œuvre dans les industries des véhicules connectés et autonomes. Ces prévisions visent à servir d'estimation de référence des besoins en talents au Canada qui sont attribuables à la croissance et au développement de la technologie des véhicules autonomes. D'autres recherches, y compris une compréhension approfondie de la part de marché des véhicules autonomes et une analyse périodique de la croissance de l'industrie, sont nécessaires afin de prévoir avec exactitude les besoins en main-d'œuvre dans l'ensemble des industries. Consultez l'annexe II sur les limites de la recherche pour plus de détails.

Annexe II : Limites de la recherche

La technologie des véhicules autonomes, ainsi que la mise en place de ces véhicules dans des milieux réels, demeure un concept relativement nouveau. En réalité, pour la plupart des pays, cette notion est considérée comme un territoire inconnu. Au Canada, nous venons à peine de nous engager dans les fondements de la technologie autonome, même si nous contribuons au développement de véhicules connectés depuis quelque temps déjà.

Par conséquent, nous avons recensé certaines limites clés en matière de recherche dans le cadre de notre étude, particulièrement en ce qui concerne l'établissement de prévisions justes sur la croissance de l'emploi. Du temps, de la recherche et des développements supplémentaires liés aux véhicules autonomes de la part de contributeurs pertinents dans le domaine sont nécessaires pour établir une compréhension approfondie des futurs besoins en main-d'œuvre du Canada au sein des industries des véhicules connectés et autonomes.

Principalement, notre capacité de prévoir les besoins du marché du travail pour les professions liées uniquement à la technologie des véhicules autonomes au-delà d'une estimation éclairée était limitée. Par conséquent, notre prévision se fonde sur une combinaison de parts de marché de véhicules connectés et autonomes. En vertu de cette méthode, nous avons pu estimer l'impact potentiel de la technologie des véhicules connectés et autonomes sur des secteurs clés au Canada sur la prochaine période de cinq ans en nous fondant sur les recherches primaires des chefs de file pertinents de l'industrie. Une fois les besoins cernés, nous avons pu faciliter nos renseignements sur le marché du travail ainsi que des perspectives clés provenant des recherches primaires afin d'estimer la demande de talents dans le secteur des véhicules connectés et autonomes au cours des cinq prochaines années. Encore une fois, puisque le rôle actuel du Canada dans cette nouvelle industrie est rudimentaire, nous ne sommes pas en mesure de prévoir au-delà de cette période. Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de prévoir la demande de main-d'œuvre au-delà de ce niveau et de cette période.

Aussi, étant donné la phase rudimentaire de la technologie des véhicules autonomes au Canada et le niveau d'automatisation des véhicules autonomes qui n'a pas dépassé le niveau 3 dans quelque pays que ce soit, nous n'avons pas été en mesure d'indiquer de façon réaliste une période appropriée pour une automatisation accrue (niveau 4 et 5). Par conséquent, nous sommes incapables d'affirmer avec certitude quelles professions seront les plus susceptibles au risque et selon une période précise. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer une période réaliste pour des niveaux d'automatisation applicables à la technologie des véhicules autonomes autant à l'échelle mondiale qu'au Canada plus précisément. Des recherches sont également nécessaires afin d'analyser et d'évaluer adéquatement le développement de villes intelligentes puisqu'elles sont directement liées à la mise en œuvre à grande échelle des véhicules autonomes.

De nouvelles recherches doivent être réalisées afin de déterminer les caractéristiques qui sont uniques au Canada, y compris les vastes masses terrestres, les longs voyages, les conditions climatiques rigoureuses et les endroits éloignés, afin de comprendre exactement de quelle façon ces caractéristiques peuvent avoir un impact sur la croissance et le progrès de la technologie des véhicules connectés et autonomes à l'échelle nationale, régionale et municipale.

Annexe III : Tableau des professions en demande pour les villes intelligentes

CNP	Titre CNP	Exemples de professions	Changements touchant les professions attribuables aux villes intelligentes
0016	Cadres supérieurs/cadres supérieures - construction, transport, production et services d'utilité publique	Chef des services financiers – système de transport urbain Directeur général/directrice générale d'entreprise de camionnage	- Formation sur les capteurs d'infrastructure - Formation sur l'utilisation et la surveillance électriques pour les véhicules autonomes, les autres options de transport intelligent et les réseaux électriques connectés
		Vice-président/vice-présidente de l'exploitation - compagnie d'électricité	
0212	Directeurs/directrices des services d'architecture et de sciences	Directeur/directrice de service d'architecture Directeur/directrice en architecture paysagiste Directeur/directrice de service de statistique	- Formation en design architectural pour les structures urbaines superposées - Design architectural pour l'utilisation verticale de terres agricoles - Formation sur l'analyse statistique pour l'efficacité accrue de l'utilisation des terres

0731	Directeurs/directrices des transports	Directeur/directrice de la distribution – logistique Directeur/directrice de service d'expédition de fret Directeur/directrice du service des transports	- Formation sur les véhicules autonomes et connectés - Formation en logistique liée aux systèmes de transport intelligent autonome (autobus, trains, etc.)
1526	Horairistes de trajets et d'équipages	Horairiste – réseau de transport Analyste d'horaires Horairiste des transports	- Formation sur la planification des itinéraires et la logistique pour les véhicules autonomes et connectés (y compris l'analyse des itinéraires planifiés, des résultats, de la circulation, des incidents météorologiques, etc.)
			*Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.
2131	Ingénieurs civils/ingénieures civiles	Ingénieur civil/ingénieure civile Ingénieur/ingénieure en environnement Ingénieur/ingénieure de projet de construction	- Formation sur l'intégrité de la conception et des structures relativement aux immeubles urbains superposés - Formation sur l'analytique environnementale pour l'utilisation de l'énergie propre et la surveillance dans les villes intelligentes

2153	Urbanistes et planificateurs/planificatrices de l'utilisation des sols	Planificateur communautaire/planificatrice communautaire et urbaniste Planificateur environnementaliste/planificatrice environnementaliste Planificateur municipal/planificatrice municipale	- Formation sur l'utilisation des terres excédentaires découlant de la conservation des espaces urbains (unités d'habitation superposées, besoin réduit d'espace de stationnement) - Formation sur les pratiques exemplaires pour le développement du réseau de villes intelligentes et connectivité multiniveau (véhicules autonomes, feux de circulation connectés, immeubles équipés de capteurs, etc.)
2231	Technologues et techniciens/techniciennes en génie civil	Technicien/technicienne en génie civil Technicien/technicienne de routes	- Formation sur la construction d'autoroutes et la logistique à l'usage des véhicules autonomes
		Inspecteur/inspectrice de structures	- Formation sur les structures relativement à la conception des routes (importante réduction de la circulation routière et utilisation massive des véhicules autonomes)
2254	Technologues et techniciens/techniciennes en arpentage	Technologue en levés techniques Technologue en géomatique – arpentage Technicien/technicienne en arpentage	- Formation sur l'arpentage foncier et spatial pour l'optimisation des masses terrestres disponibles

4161	Rechercheurs, experts-conseils/ expertes-conseils et agents/agentes de programmes, en sciences naturelles et appliquées	Analyste de politiques énergétiques Analyste de l'impact environnemental Analyste de la sécurité des transports	- Formation pour l'analyse des dossiers de sécurité et le rendement des véhicules autonomes - Formation pour l'analyse des résultats découlant des politiques énergétiques relatives à l'utilisation de l'énergie propre dans les villes intelligentes
4162	Économistes, chercheurs et analystes des politiques économiques	Conseiller économique/ conseillère économique Analyste des politiques économiques Économiste industriel/ économiste industrielle	- Formation sur l'analyse économique pour les résultats des villes intelligentes (impact sur la productivité, efficacité, inclusivité, rendement économique, croissance du PIB, etc.)
7305	Surveillants/surveillantes du transport routier et du transport en commun	Contremaître/contremaîtresse Contremaître/contremaîtresse de commission de transport urbain Superviseur/superviseure d'opérateurs de train léger sur rail (TLR)	- Formation pour la supervision des véhicules autonomes utilisés comme transport urbain *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.

Annexe IV : Tableau des professions de conducteurs qui seront touchées par les véhicules autonomes

CNP	Titre CNP	Exemples de professions
7511	Conducteurs/conductrices de camions de transport	Conducteur/conductrice de camion de vrac Chauffeur/chauffeuse de camion d'explosifs Conducteur/conductrice de camion de fret Conducteur/conductrice de camion sur longue distance
7512	Conducteurs/conductrices d'autobus et opérateurs/opératrices de métro et autres transports en commun	Chauffeur/ chauffeuse d'autobus Conducteur/conductrice d'autocar long courrier
		Conducteur/ conductrice de véhicule de transport urbain
7513	Chauffeurs/chauffeuses de taxi, chauffeurs/chauffeuses de limousine et chauffeurs/chauffeuses	Chauffeur/chauffeuse de limousine d'aéroport Chauffeur/chauffeuse d'entreprise Chauffeur/chauffeuse de taxi

7514	Chauffeurs-livreurs/chauffeuses-livreuses – services de livraison et de messagerie	Conducteur/conductrice de véhicule de service de messagerie Chauffeur-livreur/chauffeuse-livreuse Livreur/livreuse de service postal
-------------	--	--

Annexe V : Tableau des professions du domaine de l'automobile qui seront touchées par les véhicules autonomes

CNP	Titre CNP	Exemples de professions	Changements touchant les professions liées à la technologie des véhicules autonomes
2262	Inspecteurs/inspectrices d'ingénierie et officiers/officières de réglementation	Inspecteur/inspectrice du service de génie Inspecteur/inspectrice en prévention de sinistres – assurances	- Formation relative à la mise en œuvre des lois ou des modifications des assurances pour l'utilisation des véhicules autonomes (responsabilité en cas de collision, régions où l'utilisation est
		Inspecteur/inspectrice des anomalies des véhicules motorisés	autorisée, etc.) - Formation pour faciliter la compréhension des lacunes des véhicules autonomes (telles qu'elles sont recensées par le véhicule autonome lui-même) et des limites (recensées par le fabricant, selon la version)

7301	Entrepreneurs/ entrepreneuses et contremaîtres/ contremaîtresses en mécanique	Contremaître/contremaîtresse de mécaniciens d'équipement lourd Surveillant/surveillante d'atelier de réparation de véhicules automobiles Surveillant/surveillante d'atelier de réparation de petits moteurs	- Formation en mécanique pour l'identification, la compréhension et l'analyse des données concernant une réparation, comme fournies par le véhicule autonome (formation sur l'interface homme- machine) - Formation en mécanique sur la façon de bien réparer un véhicule autonome (dont le test de diagnostic, l'utilisation d'outils précis, etc.)
7321	Mécaniciens/ mécaniciennes et réparateurs/ réparatrices de véhicules automobiles,	Mécanicien/mécanicienne d'automobiles	- Formation en mécanique pour l'identification, la compréhension et l'analyse des données concernant une
	de camions et d'autobus	Technicien/technicienne à l'entretien et à la réparation d'automobiles Mécanicien/mécanicienne d'autobus	réparation, comme fournies par le véhicule autonome (formation sur l'interface homme- machine) - Formation en mécanique sur la façon de bien réparer un véhicule autonome (dont le test de diagnostic, l'utilisation d'outils précis, etc.)

7322	Débosseleurs/ débosseleuses et réparateurs/ réparatrices de carrosserie	Contremaître/contremaîtresse de mécaniciens-électriciens Superviseur/superviseuse de mécaniciens industriels Surveillant/surveillante d'atelier de réparation de véhicules motorisés	- Formation en mécanique pour l'identification, la compréhension et l'analyse des données concernant une réparation, comme fournies par le véhicule autonome (formation sur l'interface homme- machine) - Formation de superviseur sur l'identification des diagnostics et les procédures de conformité des essais
9221	Surveillants/ surveillantes dans la fabrication de véhicules automobiles	Contremaître/contremaîtresse à la construction de véhicules automobiles Surveillant/surveillante de l'assemblage – construction de véhicules automobiles	- Formateur d'assembleur sur le traitement des pièces des véhicules autonomes
			- Formation de superviseur sur l'inspection des cartes de circuits imprimés des véhicules autonomes et les procédures de contrôle de la qualité
9522	Assembleurs/ assembleuses, contrôleurs/ contrôleuses et vérificateurs/ vérificatrices de véhicules automobiles	Assembleur/assembleuse d'automobiles Assembleur/assembleuse de carrosseries – fabrication de véhicules automobiles Travailleur/travailleuse sur chaîne de montage d'automobiles	- Formateur d'assembleur sur le traitement des pièces des véhicules autonomes - Formation d'assembleur sur les procédures de contrôle de la qualité

9526	Monteurs/monteuses et contrôleurs/contrôleuses de matériel mécanique	Monteur/monteuse de camions	- Formation d'assembleur sur le traitement des pièces de camions autonomes
		Monteur/monteuse de matériel mécanique	
		Monteur/monteuse de transmissions	

Annexe VI : Tableau des professions auxiliaires qui seront touchées par les véhicules autonomes

CNP	Titre CNP	Exemples de professions	Changements touchant les professions liées à la technologie des véhicules autonomes
0411	Gestionnaires de la fonction publique - élaboration de politiques et administration de programmes sociaux et de santé	Directeur/directrice de l'exploitation de programmes de santé – services gouvernementaux Médecin hygiéniste en milieu urbain – services gouvernementaux Directeur/directrice de la planification des services sociaux – services gouvernementaux	- Formation en cybersécurité relativement au traitement et à la transmission des données sur la santé des passagers reçues par les véhicules autonomes et qui leur sont transmises - Formation sur la planification à long terme pour les services sociaux qui sont touchés par les véhicules autonomes (un nombre moins élevé de collisions peut entraîner une réduction du besoin de dépenser en matière de soins de santé)

0431	Officiers/officières de direction des services de police	Chef de police adjoint/chef de police adjointe Chef de police Commissaire de la GRC (Gendarmerie royale du Canada)	- Formation sur le traitement des incidents de cybersécurité et de terrorisme qui compromettent la sécurité des véhicules autonomes - Formation policière relativement aux nouvelles lois concernant l'utilisation appropriée des véhicules autonomes dans les rues de la ville
0651	Directeurs/directrices du service à la clientèle et des services personnels, <u>n.c.a.</u>	Directeur/directrice d'école de conduite	- Formation de moniteur de conduite relativement à la procédure appropriée pour les passagers qui voyagent dans un véhicule autonome *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.
1215	Superviseurs/superviseuses du personnel de coordination de la chaîne d'approvisionnement, du suivi et des horaires	Logisticien-répartiteur/logisticienne-répartitrice Expéditeur/expéditrice en chef	- Formation en logistique et conception de routes pour la navigation optimale des véhicules autonomes (éviter les intempéries, les routes non revêtues, etc.)

1313	Assureurs/assureures	Assureur/assureure de groupe Assureur/assureure – assurance Assureur/assureure en responsabilités	- Formation pour répondre aux changements touchant les polices d'assurance et les limites de responsabilité associées aux véhicules autonomes - Recensement des caractéristiques pour l'analyse des véhicules autonomes et l'analyse de l'usage individuel pour déterminer les règles de politique, les taux de prime et les besoins de souscription
1525	Répartiteurs/répartitrices	Répartiteur/répartitrice au 911	- Formation en logistique et planification d'itinéraires pour une économie de temps optimale (éviter les
		Répartiteur/répartitrice d'ambulances Répartiteur/répartitrice de taxis	routes non revêtues, les routes mal éclairées, etc.) *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.

3234	Personnel ambulancier et paramédical	Paramédic – soins critiques Technicien-ambulancier paramédical/technicienne-ambulancière paramédicale	- Formation sur l'interface homme-machine pour les techniciens-ambulanciers paramédicaux pour comprendre les diagnostics clés et les données transmises par le véhicule autonome - Formation sur la planification d'itinéraires pour une économie de temps optimale
4021	Enseignants/ enseignantes au niveau collégial et autres instructeurs/instructrices en formation professionnelle	Enseignant/enseignante de cégep Formateur/formatrice en entreprise Chargé/chargée de cours au niveau collégial	- Formation des instructeurs sur l'enseignement de sujets qui touchent la technologie des véhicules autonomes
4216	Autres instructeurs/ instructrices	Instructeur/instructrice de conduite automobile	- Formation des instructeurs sur les procédures appropriées concernant les passagers des véhicules autonomes
		Instructeur/instructrice de conduite de motocyclette	*Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.

4311	Policiers/policières (sauf cadres supérieurs)	Agent/agent de police Détective – police Agent/agent de la GRC (Gendarmerie royale du Canada)	- Formation sur le traitement des incidents de cybersécurité et de terrorisme qui compromettent la sécurité des véhicules autonomes - Formation policière relativement aux nouvelles lois concernant l'utilisation appropriée des véhicules autonomes dans les rues de la ville
6742	Autre personnel de soutien en service, n.c.a.	Chasseur-voiturier/chasseuse-voiturière Préposé/préposée de terrain de stationnement Valet de chambre d'hôtel	- Formation sur les procédures appropriées pour « appeler » et entreposer les véhicules autonomes *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.
7334	Mécaniciens/mécaniciennes de motocyclettes, de véhicules tout-terrain et personnel mécanicien assimilé	Réparateur/réparatrice de chariots de manutention Mécanicien/mécanicienne de chariots élévateurs	- Formation en mécanique sur l'analyse des données et les rapports de diagnostic envoyés par les véhicules (formation sur l'interface homme-machine)

		Réparateur/réparatrice de véhicules tout-terrain	- Formation en mécanique pour les procédures de réparation des véhicules utilitaires lourds et l'utilisation d'outils
7452	Manutentionnaires	Conducteur/conductrice de chariot élévateur à fourche Manutentionnaire Chargeur/chargeuse de camions	- Formation à l'intention des chargeurs pour comprendre les diagnostics et les données transmis par le véhicule (formation sur l'interface homme-machine) *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.
7521	Conducteurs/conductrices d'équipement lourd (sauf les grues)	Conducteur/conductrice d'excavatrice Opérateur/opératrice d'équipement lourd	- Formation sur l'utilisation d'équipement autonome lourd *Au fil du temps, il y aura une suppression graduelle de ces professions.
7522	Conducteurs/conductrices de machinerie d'entretien public et personnel assimilé	Chauffeur/chauffeuse de camion à ordures Conducteur/conductrice d'épandeuse de sel	- Formation pour les opérateurs de gros véhicules autonomes pour répondre aux intempéries (neige, neige fondue, glace, etc.)

		Chauffeur/chauffeuse de machinerie de déneigement - travaux publics	
7535	Autres préposés/préposées à la pose et à l'entretien des pièces mécaniques d'automobiles	Préposé/préposée à l'entretien et à la réparation d'équipement lourd Réparateur/réparatrice de pneus Poseur/poseuse de silencieux	- Formation en mécanique pour comprendre les diagnostics et les données que le véhicule autonome envoie (formation sur l'interface homme-machine) - Formation en mécanique relativement aux procédures appropriées pour l'entretien des véhicules autonomes lourds

Annexe VII : Tableau des professions en TIC qui seront touchées par les véhicules autonomes

CNP	Titre CNP	Exemples de professions	Changements touchant les professions liées à la technologie des véhicules autonomes
0211	Directeurs/directrices des services de génie	Directeur/directrice de la division du génie civil Directeur/directrice du service d'ingénierie de la production	- Formation sur la gestion de la conception de prototypes et l'analyse structurale pour les véhicules autonomes - Formation sur l'assurance de la qualité relativement aux procédures appropriées

		Directeur/directrice du service d'ingénierie	pour tester et inspecter les pièces des véhicules autonomes
0213	Gestionnaires des systèmes informatiques	Directeur/directrice des systèmes d'information Directeur/directrice du développement des systèmes Directeur/directrice des systèmes informatiques	- Formation relative au stockage infonuagique et à la transmission des données sur les passagers conformément aux lois sur la protection des données - Formation sur l'assurance de la qualité pour le stockage de grandes quantités de données
0911	Directeurs/directrices de la fabrication	Directeur/directrice de la production d'automobiles Directeur/directrice d'usine de fabrication	- Formation sur l'assurance de la qualité pour tester et inspecter la carrosserie des véhicules autonomes
2132	Ingénieurs mécaniciens/ingénieures mécaniciennes	Ingénieur mécanicien/ingénieure mécanicienne Ingénieur/ingénieure en robotique	- Formation sur la robotique ou l'essai des systèmes électriques dans les véhicules autonomes
2133	Ingénieurs électriciens et électroniciens/ingénieures électriciennes et électroniciennes	Ingénieur/ingénieure de systèmes de commande Ingénieur électricien/ingénieure électricienne Ingénieur électronicien/ingénieure électronicienne	- Formation sur le câblage électrique et la configuration relativement au développement et à l'utilisation des capteurs montés sur véhicule

			- Formation en électronique pour la fonctionnalité interne des véhicules
2147	Ingénieurs informaticiens/ ingénieures informaticiennes (sauf ingénieurs/ ingénieures et concepteurs/ conceptrices en logiciel)	Ingénieur/ingénieure en matériel informatique Ingénieur/ingénieure d'essai de réseaux Concepteur/conceptrice de systèmes – matériel	- Formation sur les langages de programmation pertinents (CAN, Flexray, etc.) - Formation relative à la création d'une interface humain-machine solide pour les véhicules autonomes - Formation sur le test des codes de diagnostic et le recensement des erreurs dans les logiciels des véhicules autonomes
2171	Analystes et consultants/ consultantes en informatique	Analyste de systèmes informatiques Analyste en sécurité informatique Analyste en sécurité des systèmes	- Formation en cybersécurité relative à la transmission et au stockage appropriés des renseignements personnels sensibles saisis par le véhicule autonome sur les passagers - Formation en cybersécurité pour le recensement précoce et l'atténuation des cyberattaques ou la compromission de données

			- Formation sur la conformité aux lois pertinentes sur la cybersécurité concernant l'utilisation et le stockage des données sur les passagers
2172	Analystes de bases de données et administrateurs/ administratrices de données	Administrateur/administratrice de données Analyste de base de données Architecte de base de données	- Formation relative au contrôle et à la surveillance à grande échelle des bases de données des véhicules autonomes (bases de données infonuagiques, données transmises à partir des capteurs du véhicule, données transmises sur les passagers)
2173	Ingénieurs/ ingénieures et concepteurs/ conceptrices en logiciel	Ingénieur/ingénieure en logiciels Ingénieur/ingénieure en logiciels intégrés Ingénieur/ingénieure en essai de logiciels	- Formation sur le test de diagnostic des véhicules autonomes - Formation sur l'utilisation de l'intelligence artificielle pour interpréter les données pour de meilleurs temps d'intervention, un processus décisionnel précis et des caractéristiques de sécurité améliorées dans les véhicules autonomes
2174	Programmeurs/ programmeuses et développeurs/ développeuses en médias interactifs	Programmeur Web/programmeuse Web Programmeur/programmeuse de systèmes	- Formation pour la création d'interfaces homme-machine solides - Formation sur le diagnostic pour tester les

		Programmeur/programmeuse	codes utilisés dans les logiciels des véhicules autonomes
2232	Technologues et techniciens/ techniciennes en génie mécanique	Concepteur/conceptrice de machines Technicien/technicienne de centrale thermique Concepteur/conceptrice de moules	- Formation sur l'utilisation des capteurs montés dans les véhicules - Formation en conception relativement à la régulation thermique dans les véhicules autonomes pour le confort optimal des passagers
2241	Technologues et techniciens/ techniciennes en génie électronique et électrique	Technicien/technicienne en génie électrique Technicien/technicienne en électricité Technologue en génie électrique	- Formation sur le câblage électrique et la configuration relativement au développement et à l'utilisation des capteurs montés sur véhicule - Formation en électronique pour la fonctionnalité interne des véhicules
2242	Électroniciens/ électroniciennes d'entretien (biens domestiques et commerciaux)	Technicien/technicienne en électronique Réparateur/réparatrice de matériel électronique Technicien/technicienne en entretien et en réparation de matériel informatique	- Formation sur le câblage électrique et la configuration relativement au développement et à l'utilisation des capteurs montés sur véhicule - Formation en électronique pour la fonctionnalité interne des véhicules

			- Formation en électricité pour satisfaire les exigences domestiques en matière d'alimentation électrique où des véhicules autonomes sont entreposés (bornes de recharge à la maison, etc.)
2243	Techniciens/techniciennes et mécaniciens/mécaniciennes d'instruments industriels	Technicien/technicienne d'instruments industriels Mécanicien/mécanicienne d'instruments industriels	- Formation en mécanique sur le recensement des diagnostics de l'équipement industriel (composantes des véhicules autonomes)
2281	Techniciens/techniciennes de réseau informatique	Administrateur/administratrice réseau Technicien/technicienne de réseau informatique Administrateur/administratrice de système	- Formation sur la création, l'utilisation, la mise en œuvre à grande échelle et la surveillance de réseaux de transfert de données massives comme la 5G
2283	Évaluateurs/évaluatrices de systèmes informatiques	Essayeur/essayeuse d'applications Essayeur/essayeuse de systèmes Essayeur/essayeuse de systèmes	- Formation relative à l'analyse appropriée des messages de diagnostic - Formation relative à l'élaboration de procédures pour répondre aux diagnostics et diminuer les futures occurrences

Annexe VIII : Tableau des professions liées aux véhicules autonomes et aux compétences connexes requises

Titres de poste – Professions en demande	Compétences nécessaires	Atouts
Spécialiste de l'apprentissage machine des systèmes autonomes	Grande expérience de la programmation (Java, Python, JavaScript, etc.)	Robotique
Génie de la conduite automatisée	Développement de services infonuagiques	Systèmes de capteurs
Ingénieur en logiciel – Robotique	Apprentissage machine	Fusion de capteurs en temps réel
Gestionnaire du laboratoire de véhicule	Cadre Java Spring	SLAM (système de localisation et de cartographie simultanées)
Ingénieur de recherche sur la conduite automatisée – Logiciels intégrés	Azure/AWS	Théorie du contrôle et de la planification des mouvements
Ingénieur des systèmes de la plateforme du véhicule autonome	Protocoles de messagerie (DDS, MQTT, AMQP)	Statique et cinématique
Ingénieur en logiciel – Perception	Expérience des mises à l'essai d'Android	C++
	Expérience du cadre d'automatisation des tests et de la création d'outils	Python
	Connaissance du processus de développement du logiciel Scrum/Agile	C
	Développement de logiciels intégrés	Grande disponibilité et latence faible
	Expérience des protocoles des réseaux de communication des véhicules (CAN, MOST, etc.)	Unité de traitement graphique et informatique parallèle
		Storm/Kafka/Akka/Zookeeper

Spécialiste des opérations – Test de conduite autonome	Expérience de la mise à l'essai de l'interactivité des produits qui contrôlent le bureau (Windows et OS X)	
Pilote d'essai	Expérience du langage script et des outils d'automatisation pour les interfaces frontales et de programmation d'applications (p. ex. Python & Ruby, Shell, etc.)	
Ingénieur mécanique de système d'aide à la conduite	Programmation C intégrée, modélisation Matlab/Simulink, et génération de codes	
Ingénieur du développement d'algorithmes de fusion	Connaissance générale des systèmes automobiles (groupe motopropulseur, châssis, freins et communication CAN/LIN)	
Technicien en développement de matériel – Robotique	Expérience de la modélisation de la dynamique du véhicule et de CarSim	
Ingénieur d'application du véhicule	Analyse statistique avancée, traitement des signaux, conception des filtres, optimisation, identification du système et estimation de l'état	
Ingénieur en logiciel de pilote automatique	Exploration de données, réseaux neuronaux et méthodes de classification et d'apprentissage supervisées et non supervisées	
Chercheur scientifique – Comportement, planification des mouvements et contrôle		
Opérateur de véhicules autonomes		
Ingénieur des transports		

Développeur de logiciels d'empilement total	Expérience de base de la technologie des réseaux locaux et des systèmes de vision	
Algorithmes de conduite autonome, intelligence artificielle et apprentissage profond	Expérience de la mise à l'essai et de la validation	
Ingénieur de l'apprentissage machine et de l'intelligence artificielle	Expérience de l'élaboration et de la conception de solutions pour une alimentation sans fil	
Mécanicien de véhicules autonomes	Expérience des différentes structures d'enroulement pour une alimentation sans fil	
Technicien en réparations diagnostiques		

Notes de fin

1 L'OCDE définit le secteur des TIC comme une combinaison des industries de la fabrication et des services qui saisissent, transmettent et affichent des données et des renseignements de façon électronique. <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/2771153.pdf>

2 Gouvernement du Canada, « Profil du secteur canadien des TIC 2016 ». https://www.ic.gc.ca/eic/site/ict-tic.nsf/fra/h_it07229.html

3 Statistique Canada, CANSIM 379-0031. <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&id=3790031&retrLang=fra>

4 Enrico Morreti (2012). The New Geography of Jobs, Mariner Books, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, New York.

5 Bart van Ark, Mary O'Mahony, Marcel P. Timmer. « The Productivity Gap between Europe and the United States: Trends and Causes », Journal of Economic Perspectives, vol. 22, no 1 (hiver 2008).

6 Renvoient aux véhicules autonomes terrestres (voitures, camions, autobus, etc.).

7 Conference Board du Canada. « Les performances du Canada ». <http://www.conferenceboard.ca/hcp/provincial-fr/society-fr.aspx>

8 Autotrader.ca. « Canada Budget 2017 to Fund Rules for Autonomous Cars and Greenhouse Gas Emissions ». <http://www.autotrader.ca/newsfeatures/20170323/canada-budget-2017-to-fund-rules-for-autonomous-cars-and-greenhouse-gas-emissions/>

9 Tech Republic. « Updated: Autonomous driving levels 0 to 5: Understanding the differences ». <http://www.techrepublic.com/article/autonomous-driving-levels-0-to-5-understanding-the-differences/>

10 Wired. « A Brief History of Autonomous Vehicle Technology ». <https://www.wired.com/brandlab/2016/03/a-brief-history-of-autonomous-vehicle-technology/>

11 Idem.

12 Idem.

13 Idem.

14 Idem.

15 Idem.

16 Deloitte University Press. « The future of mobility: What's next ». https://dupress.deloitte.com/content/dam/dup-us-en/articles/3367_Future-of-mobility-whats-next/DUP_Future-of-mobility-whats-next.pdf

17 Idem.

18 Robotics Trends. « How AI is Making Self-Driving Cars Smarter ». http://www.roboticstrends.com/article/how_ai_is_making_self_driving_cars_smarter

19 National Ocean Service. « What is LIDAR? ». <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>

20 NVIDIA. « What's the Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning? ». <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>

21 Idem.

22 Idem.

23 Robotics Trends. « How AI is Making Self-Driving Cars Smarter ». http://www.roboticstrends.com/article/how_ai_is_making_self_driving_cars_smarter

24 S. Debernard, C. Chauvin, R. Pokman, S. Langlois. « Designing Human-Machine Interface for Autonomous Vehicles ». <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316322418>

- 25 Idem.
- 26 5G.co.uk. « 5G and the Connected Car ». <https://5g.co.uk/guides/5g-and-the-connected-car/>
- 27 Jiang Dong, Dafang Zhuang, Yaohuan Huang, Jingying Fu. « Advances in Multi-Sensor Data Fusion: Algorithms and Applications ». <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.272.2639&rep=rep1&type=pdf>
- 28 Gouvernement du Canada. « Consultation publique sur les réseaux mobiles plus rapides de cinquième génération ». https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2017/06/consultation_publiquesurlesreseauxmobilesplusrapidesdecinquieme.html
- 29 Intel. « The 5G – Autonomous Driving Connection ». <https://newsroom.intel.com/newsroom/wp-content/uploads/sites/11/2017/01/why-5G-for-ad-fact-sheet.pdf>
- 30 Fleetmatics. « What is Telematics? ». <https://www.fleetmatics.com/what-is-telematics>
- 31 B.L.G. « Autonomous Vehicles – Revolutionizing our World ». http://blg.com/en/News-And-Publications/Documents/Autonomous-Vehicles_1033.pdf
- 32 Fleetmatics. « What is Telematics? ». <https://www.fleetmatics.com/what-is-telematics>
- 33 KPMG. « Your connected car is talking. Who's listening? ». <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/se/pdf/komm/2016/se-your-connected-car-is-talking.pdf>
- 34 BlackBerry QNX. « QNX in Automotive – Advanced Driver Assistance Systems ». http://www.qnx.com/solutions/industries/automotive/driver_assistance.html
- 35 HuffPost United Kingdom. « What is LIDAR And Why Is It So Important For Driverless Cars? ». http://www.huffingtonpost.co.uk/alex-lawrenceberkeley1/what-is-lidar-and-why-is-_b_15510494.html
- 36 Forbes. « Autonomous Cars: The Future of Mobility ». <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2016/09/27/autonomous-cars-the-future-of-mobility/#35acda2b583b>
- 37 Transports Canada. « Statistiques sur les collisions de la route au Canada : 2015 ». <https://www.tc.gc.ca/fra/securiteautomobile/tp-tp3322-2015-1487.html>
- 38 Conference Board du Canada. « Automated Vehicles: The Coming Of The Next Disruptive Technology ». http://www.cavcoe.com/Downloads/AV_rpt_2015-01.pdf
- 39 BCG. « Autonomous Vehicle Adoption Study ». <https://www.bcg.com/industries/automotive/autonomous-vehicle-adoption-study.aspx>
- 40 Car and Driver. « Delphi Intends to Deliver Fully Autonomous Cars by 2022 ». <https://blog.caranddriver.com/delphi-intends-to-deliver-fully-autonomous-cars-by-2022/>
- 41 Vox. « Unless we share them, self-driving vehicles will just make traffic worse ». <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/5/18/15604744/self-driving-cars-cities>
- 42 Transports Canada. « Statistiques sur les collisions de la route au Canada : 2015 ». <https://www.tc.gc.ca/fra/securiteautomobile/tp-tp3322-2015-1487.html>
- 43 Organisation mondiale de la Santé. « United Nations Road Safety Collaboration ». <http://www.who.int/roadsafety/en/>
- 44 Daniel Howard. « Public Perceptions of Self-Driving Cars: The Case of Berkeley California ». <https://www.ocf.berkeley.edu/~djhoward/reports/Report%20-%20Public%20Perceptions%20of%20Self%20Driving%20Cars.pdf>
- 45 Idem.
- 46 Idem.
- 47 Automotive News Canada. « Few Canadians would replace current vehicle with self-driving car, survey finds ». <http://canada.autonews.com/article/20170915/CANADA/170919783/few-canadians-would-replace-current-vehicle-with-self-driving-car>
- 48 Waymo. « On the Road ». <https://waymo.com/ontheroad/>
- 49 Idem.
- 50 California Department of Motor Vehicles. « Waymo – Disengagement Report – 2016 ». https://www.dmv.ca.gov/portal/wcm/connect/946b3502-c959-4e3b-b119-91319c27788f/GoogleAutoWaymo_disengage_report_2016.pdf?MOD=AJPERES
- 51 Idem.
- 52 Organisation mondiale de la Santé. « Accidents de la route ». <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/fr/>
- 53 Idem.
- 54 Rand Corporation. « Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability? ». http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR1400/RR1478/RAND_RR1478.pdf
- 55 Idem.
- 56 Virginia Tech Transportation Institute. « Automated Vehicle Crash Rate Comparison Using Naturalistic Data ». <https://www.vtti.vt.edu/featured/?p=422>
- 57 Idem.
- 58 PwC. « In the fast lane: The bright future of connected cars ». https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Strategyand_In-the-Fast-Lane.pdf
- 59 Idem.
- 60 Idem.
- 61 Idem.
- 62 McMillan LLP. « The Cybersecurity Implications of Driverless Cars ». http://www.mcmillan.ca/Files/196067_The_Cybersecurity_Implications_of_Driverless_Cars.pdf
- 63 Idem.
- 64 Idem.
- 65 Idem.
- 66 Jack Boeglin. « The Costs of Self-Driving Cars: Reconciling Freedom and Privacy with Tort Liability in Autonomous Vehicle Regulation ». <http://digitalcommons.law.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1112&context=yjolt>
- 67 Dorothy J. Glancy, Privacy in Autonomous Vehicles, 52 SANTA CLARA L. REV 1171, 1177 (2012). <http://digitalcommons.law.scu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2728&context=lawreview>
- 68 Jack Boeglin. « The Costs of Self-Driving Cars: Reconciling Freedom and Privacy with Tort Liability in Autonomous Vehicle Regulation ». <http://digitalcommons.law.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1112&context=yjolt>
- 69 McMillan LLP. « The Cybersecurity Implications of Driverless Cars ». http://www.mcmillan.ca/Files/196067_The_Cybersecurity_Implications_of_Driverless_Cars.pdf
- 70 Idem.
- 71 Transports Canada. « Statistiques sur les collisions de la route au Canada : 2013 ». https://www.tc.gc.ca/media/documents/securiteroutiere/scrc2013_fra.pdf
- 72 McMillan LLP. « The Cybersecurity Implications of Driverless Cars ». http://www.mcmillan.ca/Files/196067_The_Cybersecurity_Implications_of_Driverless_Cars.pdf
- 73 KPMG. « Your connected car is talking. Who's listening? ». <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/se/pdf/komm/2016/se-your-connected-car-is-talking.pdf>
- 74 Business Insider, Cadie Thompsom. « Lyft co-founder says human drivers could soon be illegal in Canada ». <http://www.businessinsider.com/lyfts-john-zimmer-interview-2016-12>
- 75 Bibliothèque de l'OCDE. « Elderly population by region ». <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/3015041ec004.pdf?expires=1503357109&id=id&accname=guest&checksum=F4D4F97EC5E97E970322C681236AADA4>
- 76 Idem.
- 77 Statistique Canada. « L'incapacité au Canada : premiers résultats de l'Enquête canadienne sur l'incapacité ». <http://www.statcan.gc.ca/pub/89-654-x/89-654-x2013002-fra.htm>
- 78 Henry Claypool, Amitai Bin-Nun, Jeffrey Gerlach, "Self-Driving Cars: the Impact on People with Disabilities" <http://secureenergy.org/wp-content/uploads/2017/01/Self-Driving-Cars-The-Impact-on-People-with-Disabilities_FINAL.pdf> P.7
- 79 Idem.
- 80 CD Howe Institute. « Future Shock? The Impact of Automation of Canada's Labour Market ». https://www.cdhowe.org/sites/default/files/attachments/research_papers/mixed/Update_Commentary%20472%20web.pdf
- 81 Conference Board du Canada (2015). « Learning and Development Outlook Webinar – Learning as a Lever for Performance ». <http://www.conferenceboard.ca/e-library/abstract.aspx?did=7376>
- 82 Centre for Global Policy Solutions. « Stick Shift: Autonomous Vehicles, Driving Jobs, and the Future of Work ». <http://globalpolicysolutions.org/report/stick-shift-autonomous-vehicles-driving-jobs-and-the-future-of-work/>
- 83 Idem.
- 84 The Globe and Mail, Andy Blatchford. « Bank of Canada warns automation will lead to job losses ». <https://beta.theglobeandmail.com/report-on-business/economy/bank-of-canada-warns-automation-will-lead-to-job-losses/article34733216/?ref=http://www.theglobeandmail.com&>

- 84 The Globe and Mail, Andy Blatchford. « Bank of Canada warns automation will lead to job losses ». <https://beta.theglobeandmail.com/report-on-business/economy/bank-of-canada-warns-automation-will-lead-to-job-losses/article34733216/?ref=http://www.theglobeandmail.com&>
- 85 fka. « Automated Vehicle Index, 2016 ». <http://www.fka.de/consulting/studien/index-automated-vehicle-2016-01-q1-e.pdf>
- 86 Macleans, Charlie Gillis. « Why Canadians are wary of self-driving cars ». <http://www.macleans.ca/economy/business/why-canadians-are-wary-of-self-driving-cars/>
- 87 Idem.
- 88 Conference Board du Canada. « Automated Vehicles – The Coming of the Next Disruptive Technology ». http://www.cavcoe.com/Downloads/AV_rpt_2015-01.pdf
- 89 Maison-Blanche – Président Barack Obama. « American Innovation in Autonomous Connected Vehicles ». <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2015/12/07/american-innovation-autonomous-and-connected-vehicles>
- 90 Carte interactive de Singapour. <http://www.gosur.com/map/singapore/>
- 91 Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. « Federal Government adopts action plan on automated driving ». <http://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/PressRelease/2017/128-dobrindt-federal-government-action-plan-automated-driving.html>
- 92 Stratford Beaconherald, Megan Stacey. « Ontario government announces \$80 million investment in autonomous vehicles including demonstration facility in Stratford ». <http://www.stratfordbeaconherald.com/2017/04/27/ontario-government-announces-80-million-investment-in-autonomous-vehicles-including-demonstration-facility-in-stratford>
- 93 CTV News Ottawa. « BlackBerry QNX takes autonomous car for a spin at Kanata North Technology Park ». <http://ottawa.ctvnews.ca/blackberry-qnx-takes-autonomous-car-for-a-spin-at-kanata-north-technology-park-1.3513971>
- 94 Financial Post. « GM Canada to hire 700 engineers in Oshawa, Markham to drive research in self-driving cars ». <http://business.financialpost.com/transportation/gm-canada-to-hire-700-engineers-to-drive-research-in-self-driving-cars>
- 95 CTV News Ottawa. « BlackBerry QNX takes autonomous car for a spin at Kanata North Technology Park ». <http://ottawa.ctvnews.ca/blackberry-qnx-takes-autonomous-car-for-a-spin-at-kanata-north-technology-park-1.3513971>
- 96 Burrard Street Journal. « Canada's First Self-Driving Cars To Be Tested in Richmond BC "As Soon As Possible" ». <http://www.burrardstreetjournal.com/canadas-first-self-driving-cars-to-be-tested-in-richmond/>
- 97 Global News, Jon Azpiri. « B.C. not ready for new technologies like driverless cars, say critics ». <https://globalnews.ca/news/2485192/b-c-not-ready-for-new-technologies-like-driverless-cars-say-critics/>
- 98 Edmonton Sun, Elise Stolte. « Edmonton pushes to become Canada's autonomous vehicle testing capital ». <http://www.edmontonsun.com/2017/03/15/edmonton-pushes-to-become-canadas-autonomous-vehicle-testing-capital>
- 99 Idem.
- 100 Saskatoon StarPhoenix, Phil Tank. « Mayor stresses need to plan for autonomous cars ». <http://thestarphoenix.com/news/local-news/mayor-stresses-need-to-plan-for-automated-cars>
- 101 Waymo. « On the Road ». <https://waymo.com/ontheroad/>
- 102 Futurism. « Germany Drafts World's First Ethical Guidelines for Self-Driving Cars ». <https://futurism.com/germany-drafts-worlds-first-ethical-guidelines-for-self-driving-cars/>
- 103 IoT Agenda. « Smart City ». <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>
- 104 Nations Unies. « The World's Cities in 2016 ». http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf
- 105 Banque mondiale. « Population urbaine ». <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SP.URB.TOTL.IN.ZS?page=4>
- 106 CBC News, Jordan Press. « Census 2016: Big cities home to big share of 35 million Canadians ». <http://www.cbc.ca/news/politics/cities-population-census-2016-1.3972062>
- 107 Smart Cities Council. « An amazing story of GE e-health technologies and an urban slum ». <http://smartcitiescouncil.com/article/amazing-story-ge-e-health-technologies-and-urban-slum>
- 108 Engadget. « It takes a smart city to make cars truly autonomous ». <https://www.engadget.com/2017/06/14/it-takes-a-smart-city-to-make-cars-truly-autonomous/>
- 109 Enterra Solutions. « Smart Cities And Autonomous Vehicles ». <http://www.enterrasolutions.com/smart-cities-autonomous-vehicles/>
- 110 Road Show. « Transform your car into the 4G LTE connected car of the future with Vinli's little black box ». <https://www.cnet.com/roadshow/news/vinli-web-connected-driving-monitor/>
- 111 Carlock. <https://www.carlock.co/>
- 112 Idem.
- 113 Zubie. <http://zubie.com/>
- 114 ENC. « Autonomous Vehicle Trials Demonstrate V2V And V2I Communications ». <https://www.ecnmag.com/blog/2016/10/autonomous-vehicle-trials-demonstrate-v2v-and-v2i-communications>
- 115 Banque mondiale. « Développement urbain ». <http://www.banquemondiale.org/fr/topic/urbandevelopment/overview>
- 116 Futurism. « Here's a Look at the Smart Cities of the Future ». <https://futurism.com/heres-a-look-at-the-smart-cities-of-the-future/>
- 117 Idem.
- 118 Idem.
- 119 Wired, Brent Skorp. « Driverless Cars Need Just One Thing: Futuristic Roads ». <https://www.wired.com/2016/10/driverless-cars-need-just-one-thing-futuristic-roads/>
- 120 Idem.
- 121 Wall Street Journal. « The End of Car Ownership ». <https://www.wsj.com/articles/the-end-of-car-ownership-1498011001>
- 122 Curbed, Patrick Sisson. « Why high-tech parking lots for autonomous cars may change urban planning ». <https://www.curbed.com/2016/8/8/12404658/autonomous-car-future-parking-lot-driverless-urban-planning>
- 123 INRIX. « The Impact of Parking Pain in the US, UK and Germany ». <https://www.documentcloud.org/documents/3892952-INRIX-Parking-Research-FINAL-Low-Res.html>
- 124 Idem.
- 125 Enterra Solutions. « Smart Cities and Autonomous Vehicles ». <http://www.enterrasolutions.com/smart-cities-autonomous-vehicles/>
- 126 EurekAlert! Rutgers University. « Future 'smart cities' should be super-connected, green and resilient ». https://www.eurekalert.org/pub_releases/2016-12/ru-fc122216.php
- 127 Singapore Times. « Vertical farms on the rise in land scarce Singapore ». <http://www.straitstimes.com/lifestyle/vertical-farms-on-the-rise-in-land-scarce-singapore>
- 128 GreenBiz, Ellen Weinreb. « Here are the top 10 'VERGE' jobs of the future ». <https://www.greenbiz.com/blog/2014/09/10/what-are-top-10-verge-jobs-future>
- 129 Redcode, Dan Frommer. « Marc Andreessen explains how self-driving cars could create a bunch of American jobs ». <https://www.recode.net/2017/5/30/15693382/marc-andreessen-automation-jobs-code-2017>
- 130 Police Chief Magazine. « Preparing for a Future with Autonomous Vehicles ». <http://www.policechiefmagazine.org/preparing-for-a-future-with-autonomous-vehicles/>
- 131 Idem.
- 132 The Guardian, Katie Allen. « Technology has created more jobs than it has destroyed, says 140 years of data ». <https://www.theguardian.com/business/2015/aug/17/technology-created-more-jobs-than-destroyed-140-years-data-census>
- 133 Idem.
- 134 Deloitte. « Technology and people: The great job-creating machine ». <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/finance/deloitte-uk-technology-and-people.pdf>
- 135 Idem.
- 136 Dans l'ensemble des 16 codes de CNP analysés dans ce rapport.
- 137 Torontoist, Arielle Piat-Sauvé. « Uber's Rise Draws a Big Boost In Number of Female Cab Drivers ». <https://torontoist.com/2016/01/ubers-rise-draws-a-big-boost-in-number-of-female-cab-drivers/>
- 138 Alliance Canadienne du Camionnage. « CTA Study: Truck Driver Shortage Accelerating ». <http://cantruck.ca/truck-driver-shortage-accelerating-according-to-new-cta-study/>
- 139 The Weather Network. « How will driverless cars handle Canada's nasty weather? ». <https://www.theweathernetwork.com/news/articles/how-will-driverless-cars-handle-canada-nasty-weather/58453>
- 140 Business Insider, Danielle Muoio. « Here's how Tesla, Uber and Google are trying to revolutionize the trucking industry ». <http://www.businessinsider.com/autonomous-trucks-tesla-uber-google-2017-6/#uber-is-pursuing-self-driving-trucks-through-otto-a-startup-the-company-acquired-last-august-but-the-project-is-at-the-center-of-a-massive-lawsuit-filed-by-waymo-googles-sister-company-for-self-driving-cars-1>

- 141** Global News, Dani-Elle Dube. « The top eight careers of the future in Canada ». <https://globalnews.ca/news/2944692/the-top-eight-careers-of-the-future-in-canada/>
- 142** OCDE Données. « Diplômés de l'enseignement supérieur ». <https://data.oecd.org/fr/eduatt/diplomes-de-l-enseignement-superieur.htm>
- 143** Canada 2020. « Compétences et enseignement supérieur au Canada ». http://canada2020.ca/wp-content/uploads/2014/05/2014_Canada2020_Paper-Series_Education_FINAL.pdf
- 144** Time. « Top 10 College Dropouts ». http://content.time.com/time/specials/packages/article/0,28804,1988080_1988093_1988082,00.htm
- 145** Idem.
- 146** The Globe and Mail, Max Blouw. « Universities should educate – employers should train ». <https://www.theglobeandmail.com/opinion/universities-should-educate-employers-should-train/article14078938/?arc404=true>
- 147** Tech Crunch, Josh Constine. « Uber Considers Steering Drivers to “Vocational Training” as Cars Go Autonomous ». <https://techcrunch.com/2015/11/16/uber-vocational-training/>
- 148** Study.com. « Computer Hardware Engineer: Career Info & Requirements ». http://study.com/articles/Computer_Hardware_Engineer_Career_Info_and_Requirements_for_Becoming_a_Computer_Hardware_Engineer.html
- 149** Study.com. « How to Become a Financial Manager: Education and Career Roadmap ». http://study.com/articles/How_to_Become_a_Financial_Manager_Education_and_Career_Roadmap.html
- 150** Study.com. « Taxi Driver: Job Description & Career Requirements ». http://study.com/articles/Taxi_Driver_Job_Description_and_Requirements_for_Starting_a_Career_as_a_Taxi_Driver.html
- 151** Study.com. « Truck Driving Training Programs and Requirements ». http://study.com/truck_driving_training.html
- 152** Fortune. « These Are the Jobs Least Likely to Go to Robots ». <http://fortune.com/2016/07/11/skills-gap-automation/>
- 153** CB Insights. « 24 Industries Other Than Auto That Driverless Cars Could Turn Upside Down ». <https://www.cbinsights.com/research/13-industries-disrupted-driverless-cars/>
- 154** AutoBody, Ed Attanasio. « Will Self-Driving Vehicles Kill the Collision Repair Industry? ». <https://www.autobody-review.com/blog/self-driving>
- 155** The Engineer, Anthony Baxendale. « Skills to Imagine, Design and Develop the Cars of the Future ». <https://www.theengineer.co.uk/skills-to-imagine-design-and-develop-the-cars-of-the-future/>