

LA MOBILITÉ INTELLIGENTE ET L'AVENIR DU TRAVAIL AU CANADA

MARS 2024





À propos de l'Initiative FOCAL

L'Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL), financée par le gouvernement du Canada, est le fruit d'une collaboration entre la Coalition canadienne de la formation professionnelle et de l'emploi (CSTEC), l'Automotive Policy Research Centre (APRC) et Prism Economics and Analysis.

L'Initiative a produit relativement à l'industrie automobile canadienne de l'information et des données sur le marché du travail, scruté les principales tendances influant sur ce marché, et établi des prévisions de l'offre et de la demande dans les professions clés de l'ensemble de l'industrie.



Ce projet est financé en partie par le Programme de solutions pour la main-d'œuvre sectorielle du gouvernement du Canada



Table des matières

Introduction	1
Véhicules (plus) intelligents : connectés, autonomes, partagés et électriques	1
Connectivité des véhicules	2
Technologies des véhicules autonomes	4
Mobilité partagée.....	5
Électrification des véhicules	7
Obstacles à la mobilité intelligente à grande échelle	8
Défis technologiques	8
La réglementation et les défis de la sécurité.....	9
Acceptation sociale des développements technologiques	10
Considérations de sécurité.....	10
Déploiement des infrastructures.....	11
Incidences de la mobilité intelligente sur la main-d'œuvre	11
Véhicules connectés et autonomes — incidences sur l'emploi.....	12
Possibilités d'emploi en mobilité partagée	13
Évolution de l'emploi liée à l'électrification.....	14
Incidences de la mobilité intelligente sur les emplois dans l'industrie automobile.....	15
Évaluation de la demande de main-d'œuvre destinée à la construction de véhicules intelligents.....	15
Adoption de la fabrication intelligente et pénuries de main-d'œuvre	17
Évolution des occasions d'emploi — abandon des emplois manufacturiers traditionnels	18
Conclusion	20
Bibliographie	22



Figures et tableaux

Figure 1. Niveaux de connectivité de la conduite	3
Figure 2. Niveaux d'automatisation de la conduite.....	5
Figure 3. Segments de la mobilité partagée.....	6
Tableau 1. Les cheminements de carrière et l'avenir possibles dans l'industrie automobile canadienne en évolution	17

Introduction

Le secteur des transports – tant personnels que commerciaux – se situe à la croisée des chemins. Le concept de mobilité intelligente est en train d'évoluer, passant du réseau de transport traditionnel à la mobilité en tant que service (MaaS), où les systèmes des véhicules, de plus en plus avancés, interagissent et se connectent avec des infrastructures de haute technicité. Le concept de mobilité et les véhicules qui l'exploitent connaîtront des changements spectaculaires au cours des années à venir, compte tenu de la mise en place de services de grande qualité et efficaces à l'intention des partenaires publics et commerciaux, de même que de la réduction de l'empreinte carbone et des incidences environnementales des transports collectifs. En transformant les véhicules et les technologies, la mobilité intelligente modifie la façon dont les passagères et passagers et les marchandises se déplacent. Alors que l'industrie automobile tient compte des progrès des systèmes de mobilité intelligente et de l'évolution de cette dernière vers la MaaS, on s'attend à ce que les systèmes des véhicules deviennent de plus en plus connectés, autonomes, partagés et électriques (CAPE).

Le présent rapport scrutera l'incidence que les nouveaux systèmes de mobilité intelligente et les technologies à bord pourront ultimement avoir sur l'industrie automobile et sa main-d'œuvre. Il commence par définir ce qu'est la mobilité intelligente, décrivant dans leurs grandes lignes les technologies clés qui permettent d'accroître la connectivité et l'automatisation, et faisant valoir les options de la mobilité partagée et électrique. Puis, il examine les progrès de l'industrie automobile dans la réalisation de chacune des composantes de la mobilité intelligente avant de faire le tour des principaux obstacles à leur déploiement et à leur mise en œuvre à grande échelle. Le rapport analyse ensuite, en ce qui a trait à la main-d'œuvre, les tendances et les projections de la révolution de la mobilité intelligente, en plus d'examiner son incidence sur l'emploi en construction d'automobiles. Enfin, le rapport se conclut par des recommandations sur les étapes à suivre pour assurer un avenir socialement responsable et durable pour la main-d'œuvre automobile du Canada dans un réseau de transport en transformation.

Véhicules (plus) intelligents : connectés, autonomes, partagés et électriques

Au moment où l'industrie automobile passe des conceptions traditionnelles de mobilité (le modèle de propriété) à la mobilité intelligente et la MaaS (le modèle d'accès), les constructeurs d'automobiles sont une majorité à partager un point de vue novateur centré sur l'humain. Les quatre principaux aspects qui suivent rendent bien l'approche qui consiste à placer la cliente ou le client à l'épicentre de la mobilité intelligente : produits connectés, véhicules autonomes (VA ou automatisés), mobilité partagée et électrification des véhicules – autrement dit, les technologies CAPE. Depuis quelques décennies, ces dernières font progresser les systèmes des véhicules, les rendant intelligents dans certains cas, en mettant l'accent sur la réalisation de VA. Malgré l'intégration et l'adoption sans précédent des technologies CAPE pendant la dernière décennie – vu l'importance des ressources et des capitaux qui ont été investis dans les VA –, l'industrie automobile n'a pas encore abouti à des systèmes de mobilité intelligente pleinement fonctionnels.

La présente section fait le tour des progrès de l'industrie automobile dans la réalisation de chacune des composantes de la mobilité intelligente et décrit dans leurs grandes lignes les principaux obstacles au déploiement de la mobilité intelligente à grande échelle.

Connectivité des véhicules

On assiste à une augmentation de la demande de véhicules mieux connectés — présentant des fonctionnalités et des caractéristiques qui vont au-delà du déplacement des passagères et passagers entre le point A et le point B. Les véhicules, dans l'univers de la mobilité connectée, révèlent un lien et une voie de communication entre les gens, les machines et les autres véhicules. Les caractéristiques de pointe permettent aux véhicules et à leurs passagères et passagers d'interagir avec d'autres véhicules, les infrastructures routières, les systèmes infonuagiques et les appareils mobiles, par le relais des composantes du véhicule, des téléphones intelligents et des appareils portables. En mettant les données des passagères et passagers et celles du véhicule en rapport, les constructeurs d'automobiles peuvent améliorer l'expérience à bord grâce à des caractéristiques modernes comme la surveillance et la sécurité des véhicules, des piétonnes et des piétons ainsi que de la circulation, en plus d'activer les systèmes d'alerte d'urgence. Interagissant avec d'autres automobilistes et les infrastructures environnantes, les véhicules modernes, définis par logiciel, font plus que se connecter à d'autres automobiles¹.

Il existe plusieurs niveaux de connectivité. Privacy4Cars, une entreprise de technologie automobile, en établit six — consultez le tableau 1 ci-dessous. D'après sa définition de connectivité de l'expérience de conduite², les véhicules de niveau 0 ne sont pas connectés du tout (Privacy4Cars Inc., 2022). Les véhicules qui satisfont aux exigences minimales de la catégorie des véhicules connectés au sens des lois et des cadres généralement acceptés répondent à la définition de niveau 1^{3,4}. Les véhicules de ce niveau sont offerts sur le marché depuis deux décennies et constituent la majorité des véhicules sur la route des pays développés ou sur le marché de revente (Privacy4Cars Inc., 2022).

Les systèmes et les capacités qui permettent d'accroître la connectivité dépendent davantage de logiciels installés dans le nombre grandissant de dispositifs électroniques qui se trouvent à bord. Actuellement, la plupart des véhicules sont capables d'établir une connexion dès qu'ils se trouvent à proximité d'un canal radioélectrique de faible portée ou d'un réseau cellulaire.

¹ Véhicules connectés et automatisés — Transports Canada.

² Le cadre de normalisation de la connectivité de l'automobiliste proposé par Privacy4Cars reflète celui de la Society of Automobile Engineers (SAE International) sur l'automatisation.

³ Lois et cadres de travail comme le *Règlement général sur la protection des données* ou le projet de norme internationale 21434 : *Véhicules routiers – Ingénierie de la cybersécurité*.

⁴ Ce projet de cadre a été élaboré conjointement par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et la Society of Automobile Engineers (SAE International). Ces normes servent de références aux constructeurs de véhicules et à leurs fournisseurs afin d'assurer la prise en charge efficace et efficiente des risques liés à la connectivité et à la cybersécurité qui accompagnent le cadre proposé.

Les véhicules qui ont un accès direct à un réseau de télécommunications mobiles (en passant par une unité de commande télématique) sont considérés comme étant de niveau 3. Presque tous les véhicules neufs produits aujourd’hui se situent entre les niveaux 3 et 5. Au niveau 5, le niveau le plus élevé et auquel consommatrices et consommateurs ont accès aujourd’hui, les véhicules peuvent se connecter à tout (VAX). Cependant, à la différence des ordinateurs et des appareils mobiles, la majorité des véhicules connectés offerte à la consommation actuellement ne bénéficie pas de la mise à jour des logiciels par transmission sans fil, à savoir des téléchargements effectués grâce à une connexion Wi-Fi ou à un réseau cellulaire.

Figure 1. Niveaux de connectivité de la conduite

Niveau 0	<p>En résumé : Aucune</p> <p>Connectivité : Le véhicule n’a pas de connexion Internet ni le système Bluetooth</p>
Niveau 1	<p>En résumé : Locale seulement</p> <p>Connectivité : Le véhicule peut se connecter à des appareils, en passant par le système Bluetooth ou une prise USB, mais ne peut pas se servir de leur connectivité pour offrir des services connectés à ses occupants et occupants.</p>
Niveau 2	<p>En résumé : Indirecte par le relais d’appareils connectés</p> <p>Connectivité : Le véhicule n’a pas de connectivité intégrée, mais il peut se connecter à des appareils externes (par le relais d’un système Bluetooth ou d’une prise USB, par exemple) et utiliser leur connectivité pour offrir des services connectés conçus par le FEO en passant par le système d’infodivertissement.</p>
Niveau 3	<p>En résumé : Directe, dans l’habitacle seulement, services du FEO seulement</p> <p>Connectivité : Le fournisseur de service (FEO ou fournisseur de niveau 1) peut obtenir des renseignements détaillés sur le véhicule et ses occupants et occupants en tout temps, dont la géolocalisation, le comportement et les enregistrements. Ces données sont stockées dans le véhicule et sur les serveurs du FEO ou du fournisseur de niveau 1 et risquent d’être communiquées à des tiers sinon compromises par une atteinte à la sécurité.</p>
Niveau 4	<p>En résumé : Directe. Services du FEO disponibles à l’intérieur et à l’extérieur du véhicule, incluant les appareils personnels des utilisateurs</p> <p>Connectivité : Le véhicule est doté d’une connectivité intégrée (comme une connexion télématique passant par une carte SIM embarquée) qui offre dans l’habitacle l’expérience d’un large éventail de services en ligne. Les occupants et occupants ont accès à ces services sans discontinuité à l’intérieur et l’extérieur du véhicule en y connectant leur appareil personnel.</p>
Niveau 5	<p>En résumé : Directe. Le véhicule est un réseau qui exploite plusieurs services de tiers avec lesquels il communique, à l’intérieur et à l’extérieur, y compris d’autres véhicules et des infrastructures (VAX).</p> <p>Connectivité : Le véhicule est doté d’une connectivité native qui passe par la connexion télématique d’une carte SIM embarquée, donnant accès à un large éventail de services en ligne à l’intérieur et à l’extérieur par le relais d’appareils personnels connectés. De plus, le véhicule peut interagir avec des infrastructures et d’autres véhicules dotés d’équipements semblables.</p>

Source : Privacy4Cars, Inc.

Il y a des véhicules, particulièrement les plus avancés sur le plan technologique, qui annoncent ce que les véhicules connectés, définis par logiciel, offriront à l'avenir. Les véhicules commerciaux connectés se perfectionneront pour devenir des systèmes sophistiqués de gestion de parc automobile et améliorer la télématique grâce à la planification en temps réel, l'optimisation des itinéraires, la surveillance de la performance de l'automobiliste, la maintenance prédictive et l'établissement de diagnostics à distance afin de dynamiser l'exploitation du parc et de réduire le temps d'immobilisation des véhicules. Les caractéristiques des véhicules connectés gagnent en importance pour les consommatrices et les consommateurs, en plus de devenir un différenciateur clé pour les constructeurs d'automobiles.

Technologies des véhicules autonomes

Actuellement, la plupart des véhicules ne bénéficient que des caractéristiques de base des systèmes avancés d'aide à la conduite, comme le régulateur de vitesse ou l'éclairage adaptatif, la reconnaissance des panneaux de signalisation, le freinage d'urgence automatique, l'avertissement et la correction en cas de changement de voie involontaire, ainsi que la détection et l'évitement des piétonnes et des piétons. Toutefois, bien que les systèmes de conduite automatisée (SCA) qui permettent ces fonctions soient déjà courants dans les véhicules construits et vendus actuellement, leur fonctionnement a des limites. Aucun VA hautement ou complètement automatisé n'est offert à la consommation aujourd'hui. Selon la hiérarchie d'automatisation de la conduite de la Society of Automobile Engineers (SAE), l'automatisation des véhicules offerts à la consommation se situe principalement entre les niveaux 2 et 3+ (vous trouverez à la figure 2 une définition de chaque niveau). Toutefois, les capacités de conduite autonome augmentent. Les véhicules finiront par atteindre ce que la SAE définit comme une autonomie de niveau 4, autorisant le contrôle autonome dans certaines conditions. Compte tenu des progrès prévus de l'intelligence artificielle (IA) et de la technologie des capteurs (particulièrement la détection et télémétrie par ondes lumineuses [lidar]), les véhicules pourront mieux interagir entre eux et avec les infrastructures routières, en plus de s'adapter et de réagir à un plus large éventail de conditions pour fournir aux consommatrices et aux consommateurs un fonctionnement plus sûr et efficient. Les prototypes de navettes autonomes, de véhicules de livraison et de taxis autonomes – également appelés taxis sans chauffeur – circulent déjà à basse vitesse au Canada, bien qu'ils soient strictement limités à des routes ou à des territoires spécifiés (CCA, 2021).

Figure 2. Niveaux d'automatisation de la conduite

	Qui conduit?	Niveau d'automatisation	Surveillance requise	Caractéristiques
Niveau 0 Aide à la conduite	L'humain est responsable	Minimale. Offre une assistance ponctuelle	Doit être surveillé continuellement	<ul style="list-style-type: none"> Freinage d'urgence automatique Surveillance des angles morts Avertisseur de changement de voie involontaire
Niveau 1 Aide à la conduite	L'humain est responsable	Partielle. Offre une assistance à la direction OU au freinage	Doit être surveillé continuellement	<ul style="list-style-type: none"> Centrage dans la voie OU Régulateur de vitesse adaptatif
Niveau 2 Automatisation partielle	L'humain est responsable	Partielle. Offre une assistance à la direction ET au freinage	Doit être surveillé continuellement	<ul style="list-style-type: none"> Centrage dans la voie OU Régulateur de vitesse adaptatif
Niveau 3 Automatisation conditionnelle	Le système automatisé est responsable	Complète. Ne fonctionne que dans des conditions précises	Vous devez conduire lorsqu'on vous y invite	<ul style="list-style-type: none"> Conduite autonome en embouteillage
Niveau 4 Automatisation poussée	Le système automatisé est responsable	Complète. Ne fonctionne que dans des conditions précises	Vous devez conduire lorsqu'on vous y invite	<ul style="list-style-type: none"> Taxi dans chauffeur Avec ou sans pédalier ou volant
Niveau 5 Automatisation complète	Le système automatisé est responsable	Complète. Fonctionne dans toutes les conditions	Vous devez conduire lorsqu'on vous y invite	<ul style="list-style-type: none"> Ce sont les mêmes qu'au niveau 4, mais les systèmes peuvent conduire le véhicule en toutes circonstances

Source : SAE International.

En 2030, on prévoit que 12 % des véhicules de tourisme neufs vendus seront dotés de la technologie autonome de niveau 3+. Cette proportion passera à 37 % en 2035, supposant que les fabricants d'équipement d'origine (FEO) auront accompli leur parcours de transition en vue du lancement des VA, et que le taux d'adoption par les clientes et les clients aura progressé dans une certaine mesure (Deichmann et al., 2023).

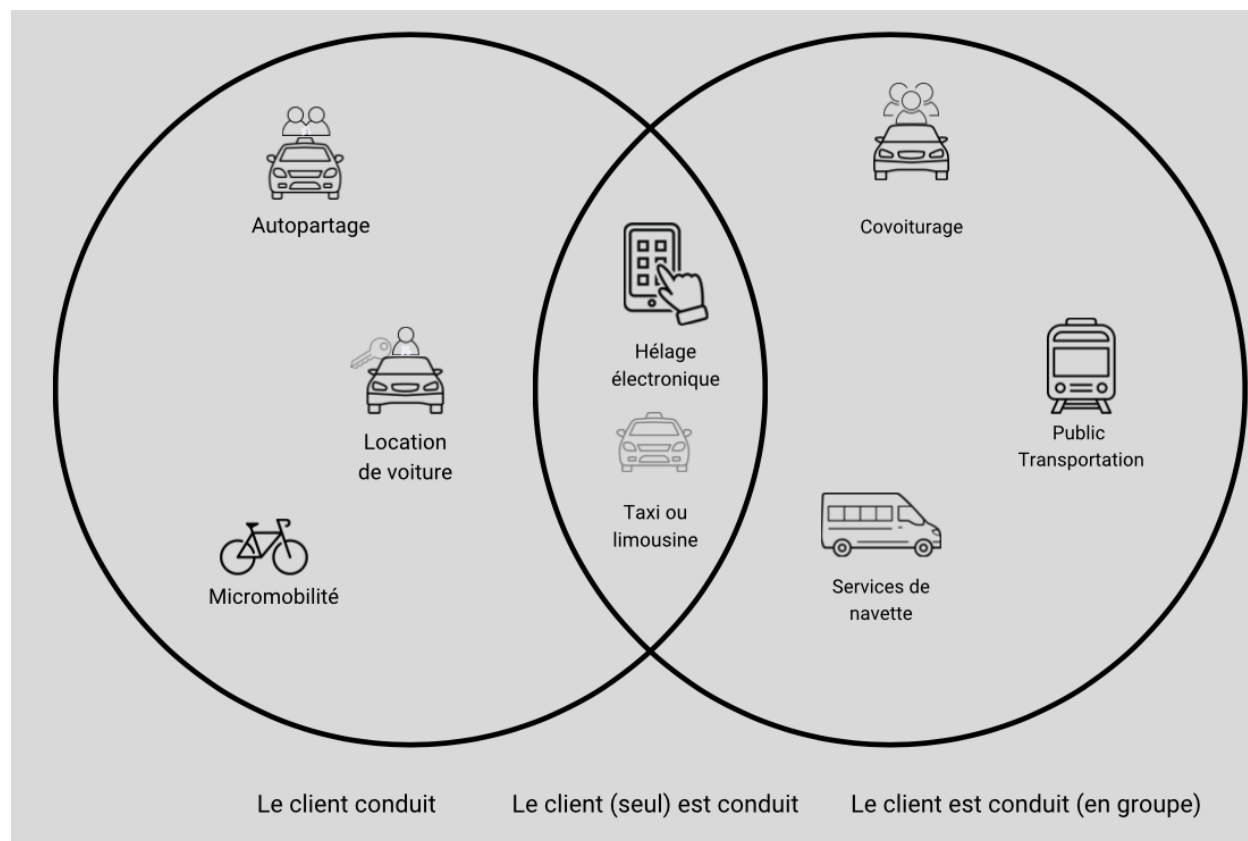
Mobilité partagée

Même si le concept de mobilité partagée n'est pas nouveau, les plus récents services qui interagissent avec les technologies de mobilité l'actualisent et offrent de nouvelles options de voyage. Le partage ne se limite plus uniquement aux véhicules, il inclut aussi les ressources et les services de mobilité. Le domaine de la mobilité répond à la demande croissante de modes de transport de plus en plus durables et convenables provenant de consommatrices et de consommateurs qui cherchent des solutions de rechange aux véhicules de tourisme. L'évolution

de la mobilité partagée promet de combattre la congestion de la circulation, de réduire la pollution de l'air et de diminuer la concurrence pour les places de stationnement.

Le secteur des transports s'est considérablement développé depuis l'offre du premier service de voiturage, lequel présente des options pair-à-pair et de covoiturage. Le secteur inclut en outre des initiatives comme les scooters électriques partagés. La figure 3 indique la répartition des modes de mobilité modernes.

Figure 3. Segments de la mobilité partagée



Source : (Heineke et al., 2021)

Le voiturage, l'autopartage et la micromobilité partagée, les trois principales formes de mobilité partagée, gagnent en popularité en ce moment. Toutefois, le véhicule de tourisme reste le mode de transport dominant à l'échelle mondiale, l'autopartage étant le troisième en importance après les transports collectifs (Heineke et al., 2021). La mobilité partagée complète et concurrence de plus en plus ces modes de transports dominants, tirant parti de technologies émergentes comme la conduite autonome, l'informatique mobile et les véhicules électriques (VE). Malgré l'intérêt grandissant pour les systèmes de mobilité partagée, on a besoin de méthodes novatrices centrées sur l'optimisation pour persuader les consommatrices et les consommateurs. Les prochains pas de la mobilité intelligente viseront le taxi autonome et les modes de transport aérien.

Électrification des véhicules

L'électrification — la dernière composante des véhicules dans l'univers de la mobilité intelligente — , qui prolifère grâce à l'adoption des VE, va bon train. Ceux-ci sont économiques et, dans la plupart des cas, représentent une solution de recharge écologique aux véhicules à moteur à combustion interne (VMCI). En assez peu de temps, beaucoup de choses se sont passées dans l'industrie automobile, établissant une base solide et une vision claire pour un avenir électrique qui réduit progressivement le rôle des VMCI dans le système de mobilité moderne. Étant donné la demande croissante des particuliers et des parcs automobiles, les FEO ont annoncé 500 nouveaux modèles de VE d'ici 2025. Pour façonner cet avenir électrique, les FEO ont réalisé des investissements massifs; des entreprises technologies, nouvelles et existantes arrivent dans l'industrie pour l'aider à abandonner progressivement les composantes mécaniques traditionnelles au profit d'infrastructures numériques et connectées de plus en plus complexes, changeant les modes de construction des véhicules.

Les ventes de VE sont en hausse au Canada et à l'échelle mondiale. En 2021, les VE représentaient 5,3 % de toutes les immatriculations au pays (Canada Energy Regulator, 2022). En 2022, les VE — les véhicules électriques à batterie (VEB), les hybrides (VEH), les hybrides rechargeables (VEHR) et les véhicules électriques à pile à combustible (VEPC) — constituaient 14 % de tout le marché automobile (International Energy Agency, 2023). On s'attend à ce que le nombre de VE vendus sur le marché canadien dépasse 250 000 en 2028, et à ce que leur part du marché mondial augmente pour s'établir à 35 % d'ici la fin de 2023 (International Energy Agency, 2023). Les VEB, ayant gagné en popularité au cours de la dernière décennie, devraient représenter le type de véhicule neuf le plus courant alors que les VMCI seront abandonnés progressivement. Les VEB ne cessent de se populariser au détriment de leurs équivalents hybrides en raison de leur grande efficacité, de l'augmentation de l'autonomie des batteries et de la disponibilité d'infrastructures de chargement fiables. La diminution du coût des batteries par kWh contribue également à rendre les VE abordables sur le marché de masse. Les programmes de politique ambitieux, comme l'Ajustement à l'objectif 55 de l'Union européenne et la *Inflation Reduction Act* des États-Unis devraient encore accroître la part de marché des VE.

Selon de nombreuses études, par rapport aux VMCI, les VE contiennent 70 % moins de pièces. La transition vers les moteurs électriques est facilitée par leur fonctionnalité — le temps de réaction plus court, la consommation d'énergie plus faible au ralenti, une plage de fonctionnement plus large et une meilleure expérience au volant. Le groupe motopropulseur des VEB compte moins de composantes, et aussi moins de pièces mobiles susceptibles d'usure que les VMCI, puisque les MCI traditionnels qui fonctionnent au carburant sont remplacés par des moteurs électriques. Ceux-ci tirent leur puissance de l'énergie fournie par un bloc-batterie embarqué — en général, une batterie au lithium-ion.

L'accès à des infrastructures de chargement fiables est un obstacle majeur à l'adoption des VE. Dans une proportion non négligeable, les adopteurs précoces de VE d'aujourd'hui rechargent

leur véhicule à domicile et ont accès à un chargeur résidentiel. Toutefois, à mesure que les VE gagnent en popularité, il devient crucial de fournir aux automobilistes un large choix de moyens de chargement au travail, dans les centres commerciaux et le long des corridors routiers – surtout à celles et ceux qui n'ont pas accès à une place de stationnement hors rue.

Beaucoup de choses sont indissociables de la mobilité intelligente. Elles vont des produits connectés à l'électrification des véhicules en passant par la conduite autonome et la mobilité partagée. À mesure que la technologie progresse, elle a une incidence sur la conception, la production, la vente, la réparation et l'utilisation des véhicules, et de ce fait sur toutes les facettes d'une industrie qui devient plus numérique, verte et complexe.

Obstacles à la mobilité intelligente à grande échelle

Malgré la promesse d'un avenir fait de mobilité électrique et d'autonomie, bénéficiant d'une connectivité renforcée et de capacités partagées soutenues par au moins une décennie de développement technologique et les milliards de dollars investis dans la réalisation de ce potentiel, le déploiement à grande échelle des véhicules intelligents n'est pas encore chose faite. Sergey Brin, cofondateur de Google, a annoncé devant un auditoire en 2012 qu'il prévoyait l'arrivée des voitures autonomes au plus tard en 2017. Depuis 2014, Elon Musk, chef de la direction de Tesla, promet chaque année que les véhicules autonomes pourront traverser le pays. Malgré les avancées de la connectivité, l'existence des voitures autonomes, les progrès de l'économie du partage et l'achèvement probable de la transition vers l'électrification d'ici 2050, il reste des obstacles interreliés importants à surmonter avant d'assister au déploiement de la mobilité intelligente et de ses véhicules à grande échelle.

Défis technologiques

Les considérations technologiques font partie des nombreuses raisons pour lesquelles les véhicules intelligents ne se sont pas perfectionnés jusqu'à un stade avancé et n'ont pas été déployés à grande échelle. Bien que leur connectivité et leur autonomie progressent, les véhicules intelligents ne sont pas encore capables de remplacer les automobilistes qui dépendent de leur vue et dans une moindre mesure, de leur ouïe. Les véhicules intelligents et leurs constructeurs se servent de mégadonnées et de l'apprentissage machine pour orienter les décisions en fonction de la carte de positionnement que le système du véhicule est capable d'élaborer, envoyant des commandes au moteur, au système de direction et aux freins pour réagir. En combinant les données recueillies et de simulations, les algorithmes d'apprentissage automatique sont formés pour mieux orienter les véhicules dans un éventail de situations. Même si ces véhicules excellent dans des scénarios qu'ils connaissent bien grâce à leur base d'apprentissage, la technologie a encore du mal à composer avec les situations nouvelles ou qui sortent de l'ordinaire – qu'on appelle aussi cas limites. Dans ces cas, le véhicule intelligent n'a pas encore été formé à partir de données et n'est pas représenté dans l'ensemble de données non plus, ce qui l'empêche de réagir comme il faut. Les cas limites peuvent facilement provoquer des accidents et des blessures, et il faut les aborder avec une extrême prudence.

Les véhicules intelligents ont de plus en plus recours à une multitude de capteurs – radars, caméras, sonars et lidars – dont les données sont combinées par l’IA et des algorithmes développés pour analyser les environs. De plus, compte tenu des coûts liés aux technologies CAPE, les constructeurs d’automobiles qui sont dans la course au véhicule intelligent (c.-à-d., General Motors (GM), Waymo, Tesla, etc.) ont chacun à leur façon combiné des capteurs et mis au point des plateformes électriques dont les capacités varient. Tesla dote ses véhicules d’une combinaison de caméras, de capteurs ultrasoniques et de radars. Des réseaux neuronaux servent ensuite à traiter les données recueillies. Par comparaison, Cruise (GM) et Waymo dotent leurs véhicules d’une série de capteurs, y compris des lidars, des radars et des caméras. (Le lidar est une technologie qui utilise la lumière du laser pour mesurer des distances et élaborer des cartes détaillées en 3D et en haute résolution.) Pour aboutir à l’adoption des VE, il faut que les progrès technologiques se poursuivent pour accroître l’abordabilité, et le rendement – particulièrement au regard de l’autonomie et du temps de chargement. Le lithium métal, les batteries à circuits intégrés et le silicium font partie des voies d’avenir qui sont explorées en ce moment.

La réglementation et les défis de la sécurité

La réglementation des véhicules, particulièrement des véhicules intelligents, est confrontée au Canada à plusieurs difficultés – attribuables en grande partie à la structure de gouvernance à plusieurs niveaux qui a une incidence sur le déploiement à grande échelle de la mobilité intelligente et des véhicules qui permettent de valider le concept. Les constructeurs d’automobiles qui sont à mettre au point des technologies intelligentes doivent atteindre le seuil fixé par la *Loi sur la sécurité automobile* du Canada, laquelle établit des lignes directrices indiquant quels types de véhicule sont admissibles au pays et quand ils sont admissibles. La loi et ses règlements d’application ont fait l’objet d’une mise à jour pour autoriser l’importation de technologies CAPE plus avancées, les VA, par exemple. Cependant, leur utilisation est sévèrement limitée une fois rendus au Canada. Dans le cas des VA, ils ne sont autorisés qu’à des fins d’essais. Les véhicules personnels bénéficiant d’une connectivité de pointe et de capacités de conduite autonome doivent se conformer à la loi, laquelle nécessitera vraisemblablement des modifications pour encadrer l’automatisation à un niveau avancé dans un proche avenir.

Là où le gouvernement fédéral du Canada impose des conditions d’admission aux véhicules intelligents, c’est la réglementation de la province qui détermine si les véhicules représentent un danger sur la voie publique de son territoire, encadrant l’utilisation sécuritaire, l’immatriculation, l’octroi de permis de conduire, l’assurance, la réglementation de la circulation et les normes d’entretien. L’Alberta, le Manitoba, l’Ontario et le Québec administrent en ce moment de nombreux programmes pilotes novateurs pour tirer profiter de la technologie des VA.

En plus de coordonner les différents paliers de gouvernance, le Canada doit continuer de s’aligner sur le département des Transports des États-Unis concernant les technologies CAPE, compte tenu du degré d’intégration des constructeurs d’automobiles, des marchés et des réseaux de transports d’Amérique du Nord. Les entreprises canadiennes, alors qu’elles poursuivent le

perfectionnement de technologies intelligentes, devront améliorer les systèmes et réduire leur cyber-vulnérabilité afin de s'adapter aux pratiques exemplaires adoptées par les Américains et par d'autres importateurs de véhicules canadiens.

Au bout du compte, pour ce qui est des véhicules intelligents, le cadre réglementaire requis pour une adoption sûre et complète des technologies CAPE n'existe pas. Par le passé, lorsque les véhicules sont devenus plus courants et que le nombre de décès liés a commencé à augmenter, les constructeurs se sont réglementés eux-mêmes en inventant des caractéristiques de sécurité, mais la sécurité a exigé de l'État à l'époque une politique pour normaliser et améliorer ces caractéristiques. La mobilité intelligente exige une réglementation et des politiques de sécurité pour guider les constructeurs d'automobiles et assurer un déploiement sûr, particulièrement lorsque le contrôle des systèmes intelligents présente ses propres difficultés. Par exemple, si les véhicules autonomes mettent à jour leurs logiciels automatiquement au moyen de services infonuagiques, il sera vraisemblablement difficile de déterminer si la modification introduite gênera le fonctionnement d'une caractéristique approuvée, un système de vision, par exemple. Malgré ces difficultés, il est possible d'aplanir nombre d'obstacles à l'adoption grâce aux normes d'organismes de réglementation qui aideront à établir la confiance dans la fonction et la sûreté, de même qu'à définir une exigence minimale applicable aux nouveaux systèmes technologiques.

Acceptation sociale des développements technologiques

Même si la mobilité intelligente, et les véhicules intelligents eux-mêmes présentent nombre d'avantages sociaux et économiques – la réduction des incidences environnementales, la diminution des temps de déplacement et la promesse d'une baisse du nombre d'accidents de la route –, leur mise en œuvre dépend de l'adhésion du public. Bien qu'un avenir mobile fondé sur la pleine exploitation des technologies CAPE semble idéal, la diffusion des véhicules intelligents est en grande partie déterminée par l'attitude envers ces technologies et par l'aversion du risque. Certaines technologies CAPE suscitent la méfiance et la résistance du public, les batteries des VE et la capacité des technologies autonomes à mieux conduire que les humains, par exemple. La perception du public exerce une influence profonde sur les priorités politiques, de même que sur l'évolution des cadres réglementaires et politiques qui favorisent le déploiement à grande échelle. Au moment où les acheteuses et les acheteurs se concentrent sur les problèmes d'infrastructure, en plus d'accorder la priorité au coût d'achat et aux autres obstacles à l'adoption, ils sont susceptibles de rester fidèles aux produits qu'ils connaissent bien (c.-à-d., les VMCI) plutôt que d'être parmi les premières et les premiers acheteurs de véhicules intelligents.

Considérations de sécurité

Compte tenu des progrès de la technologie, de la collecte et du partage de données, ainsi que de la numérisation, les véhicules intelligents sont susceptibles d'être plus vulnérables que les modèles de véhicule traditionnels. Les capacités de connectivité comme les mises à jour de logiciels et le partage de données contribuent à la MaaS, et c'est pourquoi les véhicules sont vulnérables aux intrusions s'ils ne sont pas dotés d'un système de gestion de la cybersécurité.

Bien que l'évaluation des risques conforme à la norme ISO/SAE 21434 représente un excellent point de départ pour la mise au point des systèmes nécessaires, les constructeurs devront les améliorer alors que les véhicules intelligents continuent de progresser et que de nouveaux risques sont engendrés.

Déploiement des infrastructures

Les véhicules intelligents ont besoin d'infrastructures facilitant la mobilité intelligente. Le déploiement à grande échelle exige une restructuration radicale. Par exemple, les VA de pointe exigent un marquage des voies clair et d'énormes infrastructures numériques pour héberger les données des véhicules et de conduite. En ce qui a trait à la mobilité partagée, les planificatrices et les planificateurs urbains réduiraient le nombre de places de stationnement, mais augmenteraient le nombre de points d'embarquements et de débarquement. Les VE ont besoin d'un réseau de chargement plus robuste. Ces changements à très grande échelle qu'il faudra apporter aux infrastructures physiques (routes et immeubles), aux dispositifs numériques (serveurs de données) et à toutes les technologies requises, risquent de s'avérer coûteux à réaliser, à faire accepter et à inscrire dans la durabilité.

Incidences de la mobilité intelligente sur la main-d'œuvre

Les transports personnels et commerciaux jouent un rôle décisif dans la définition de l'avenir de la mobilité intelligente. La présente section scrute l'incidence de l'adoption de la mobilité intelligente sur la main-d'œuvre, notamment sur le marché du travail de l'industrie automobile dans l'ensemble du Canada.

La mobilité intelligente pourrait facilement rendre les transports plus verts, sûrs, économiques, rapides et accessibles. Au moment où le domaine de la mobilité est confronté à une transformation significative favorisée par les perturbations technologiques actuelles, l'incidence globale de la révolution de la mobilité intelligente devrait s'avérer positive. Des initiatives de formation à l'adaptation de la législation, en passant par le perfectionnement des compétences, la création d'emplois, la cybersécurité et le déploiement d'infrastructures, la mobilité intelligente est en train de déterminer les besoins sociétaux et d'y répondre. Toutefois, l'incidence sur l'emploi demeure incertaine. Au moment où le Canada essaie de parvenir à une économie à zéro émission nette, notamment dans le domaine de la mobilité, la réorientation des préférences des consommatrices et des consommateurs en faveur des options durables, les technologies, la formation des maillons des chaînes d'approvisionnement ainsi que les modes et les processus de production influent sur l'emploi. Cela donne à penser que les travailleuses et les travailleurs des prochaines générations, dans le domaine de la mobilité et ses domaines connexes, sont susceptibles d'avoir besoin de compétences différentes de celles qui sont exigées aujourd'hui.

Les constructeurs d'automobiles du Canada n'ont pas encore atteint le niveau de mobilité intelligente de grands constructeurs comme ceux des États-Unis, du Japon et de l'Allemagne. À

mesure que ses technologies CAPE s'améliorent, prolifèrent et se font accepter de façon générale, le marché canadien du travail fera face à davantage de perturbations, de changements, de difficultés et de possibilités. Un peu comme les précédentes périodes de progrès technologique, les avancées des technologies CAPE dans le cadre de la transition vers la mobilité intelligente entraîneront vraisemblablement l'évolution des besoins du marché canadien du travail. Les compétences requises et les rôles évolueront avec l'adoption de nouvelles technologies en production.

Véhicules connectés et autonomes – incidences sur l'emploi

Le rôle des véhicules connectés et autonomes (VCA) dans le cadre de la transition vers la mobilité intelligente risque d'avoir sur l'emploi des incidences contradictoires déterminées par l'acceptation des technologies et les cadres réglementaires. L'incidence des VCA sur l'emploi variera aussi selon la région et l'industrie. Même si certains emplois sont susceptibles d'être déplacés, on prévoit que la venue des VCA se traduira par de nouveaux emplois, particulièrement en génie, en surveillance des véhicules, en cybersécurité et en analyse de données.

L'adoption des VCA risque d'entraîner l'élimination progressive des postes de chauffeur ou de chauffeuse dans certaines parties du système de transport, plus particulièrement dans le camionnage et le transport des passagères et passagers (à savoir les taxis et les limousines) (Cutean, 2017). Même si on prévoit que les progrès de la connectivité et de l'automatisation entraîneront le déplacement d'emplois dans certaines parties du secteur des transports, la diminution de l'emploi est susceptible d'être graduelle au cours des prochaines décennies au fil de l'adoption graduelle des technologies alors qu'elles passent d'un niveau à un autre. Une étude sur l'automatisation du transport de marchandises révèle qu'il est peu probable que l'automatisation partielle aura un effet négatif important sur l'effectif. De plus, l'adoption généralisée des technologies d'automatisation des niveaux 4 et 5 pourrait prendre jusqu'à 25 ans (Fitzpatrick et al., 2017; Simpson et al., 2019).

On ne connaît pas très bien la portée ni la permanence des éventuelles pertes d'emploi. Ces pertes graduelles seront peut-être tempérées par un effectif vieillissant et les départs à la retraite, de même que par une pénurie actuelle de camionneuses et de camionneurs qualifiés aux taux de salaire en vigueur, dans l'industrie du camionnage, par exemple. Même si certaines de ces personnes risquent d'être confrontées au chômage ou à une baisse de salaire aux premiers stades de l'adoption des technologies d'automatisation des niveaux 4 et 5 (Mudge et al., 2018), les VCA n'entraîneront probablement pas de pertes d'emploi à long terme. Des emplois de meilleure qualité et la réduction du stress devraient permettre d'attirer de nouvelles conductrices et de nouveaux conducteurs dans l'industrie puisque ces technologies feront évoluer leurs rôles et leurs responsabilités avec la connectivité et l'automatisation (Short & Murray, 2016; Stantec & ARA, 2020).

Malgré les pertes d'emploi prévues au début du processus d'adoption, le potentiel général de création d'emplois qui est lié à l'adoption des VCA pourrait s'avérer non négligeable, et les pertes

d'emploi nettes à grande échelle d'un secteur à l'autre de l'économie sont peu probables (Cutean, 2017). Les progrès des technologies connectées et autonomes exigeront des travailleuses et des travailleurs qui possèdent de nouvelles compétences. Par exemple, il se peut que le transport de marchandises rende certains emplois moins utiles, surtout dans les camions, les taxis et les limousines. Les VA de niveau 4 pourraient accroître la productivité des expéditions et libérer de la capacité pendant qu'ils se conduisent tout seuls, pour que les surveillantes et les surveillants de systèmes se concentrent sur d'autres tâches, comme la logistique. Le Canada assiste à la naissance de plusieurs professions essentielles dans le domaine de la technologie, comme celle des ingénieures et des ingénieurs de l'automobile qui se concentrent sur la recherche en automatisation des véhicules, les systèmes avancés d'aide à la conduite et les formateurs de VA. La surveillance des véhicules, l'analytique de données et la cybersécurité sont d'autres domaines qui enregistrent une création d'emplois.

La hausse du nombre d'emplois recherchés qui exigent un plus grand savoir-faire dans les technologies de pointe n'a pas encore entraîné un remplacement des professions traditionnelles (celle des coordonnateurs et des coordonnatrices de la circulation, par exemple). Toutefois, les compétences requises par ces postes changeront peut-être avec le temps, et les travailleuses et les travailleurs auront besoin de se familiariser avec le fonctionnement et l'entretien de véhicules de plus en plus connectés et autonomes. Même si les emplois liés aux VCA stimuleront la demande de compétences numériques et révolutionneront les professions liées aux transports, les compétences et la formation professionnelles dans d'autres industries, comme la construction, la planification urbaine et publique, ainsi que l'établissement de politiques, devraient aussi connaître des changements. Les VCA exigent une évaluation et une conception nouvelles des villes et des infrastructures pour que les systèmes de mobilité intelligente puissent fonctionner de façon optimale, ce qui nécessitera des emplois non liés aux VCA, en planification urbaine et en établissement de politiques, par exemple. Les possibilités de formation dans des domaines importants pour une économie connectée et autonome, comme l'IA et la robotique, sont essentielles pour la création d'emplois.

Possibilités d'emploi en mobilité partagée

La prolifération de la mobilité partagée a permis d'observer une évolution de la situation de l'emploi des conductrices et des conducteurs en ouvrant des postes aux travailleuses et aux travailleurs autonomes. Les entreprises de réseau de transport (ERT) comme Lyft ou Uber ont mis en place un marché du héliage et des services de partage qui est régi par l'offre et la demande, créant des millions d'emplois (Khamis & Malek, 2023). Un numéro de la *MIT Technology Review* a permis d'étudier les incidences de la croissance de l'« économie du partage » sur l'emploi en se penchant sur l'exemple révélateur d'Uber dans un ensemble de grandes villes américaines. On y constate que les ERT qui offrent un service de location de voitures ont entraîné une hausse spectaculaire, de près de 50 %, du nombre de chauffeuses et de chauffeurs indépendants (Berger et al., 2018). De plus, l'étude fait remarquer une hausse de 10 % de l'offre de chauffeuses et de chauffeurs de taxi traditionnels salariés. Bien que l'analyse montre que les chauffeuses et les chauffeurs autonomes bénéficient d'une hausse de leur rémunération de 10 %, les gains horaires

moyens de ces personnes ont diminué à un rythme constant dans les régions où Uber exerce ses activités. En plus d'offrir une source indépendante de revenu supplémentaire, un certain nombre de ces services de transport à la demande, participatifs et porte à porte ont ouvert d'autres sources d'emploi comme les services de livraison.

En plus des données qui indiquent que la mobilité partagée offre des possibilités d'emploi, elle a aussi des incidences indirectes et sociales là où elle se développe. Les services de voiturage et de covoiturage subventionnés présentent un des avantages de la mobilité partagée : l'élargissement des horaires de service (Marsden, 2022). C'est particulièrement intéressant pour les gens qui occupent un emploi dans une région où l'accès aux transports collectifs est limité et où des options de mobilité partagée sont offertes, notamment en dehors des heures normales de travail (Marsden, 2022).

Évolution de l'emploi liée à l'électrification

La transition vers les VE est présentée comme une source de création d'emplois. L'Administration Biden ajoute que l'évolution des politiques américaines en matière de VE créera un million de nouveaux emplois dans l'industrie automobile du pays (The White House, 2021). Jonathan Wilkinson, ministre des Ressources naturelles du Canada prédit que l'électrification des véhicules créera des emplois de qualité et bien rémunérés et fera essaimer la prospérité partout au pays, tout en risquant de voir l'offre de main-d'œuvre ne pas répondre à la demande (Thurton, 2023). En plus des incidences sur l'emploi dans l'industrie automobile, l'électrification aura une incidence sur la main-d'œuvre dans les industries des carburants fossiles et des biocarburants, de même que dans l'industrie minière. Toutefois, l'importance de l'incidence directement attribuable à la transition vers les VE est étroitement liée au rythme de la réadaptation de la production à l'électrification des véhicules, laquelle est déterminée par le rythme de l'adoption de ces véhicules. L'Initiative FOCAL prévoit que la transition vers les VE créera jusqu'à 100 000 emplois au cours des 15 prochaines années si l'industrie réussit à passer complètement à la production de VEB (FOCAL Initiative, 2024).

L'électrification automobile aura aussi une incidence sur d'autres emplois, alors qu'on prévoit que la demande de travailleuses et de travailleurs plus qualifiés augmentera en raison de l'évolution de la nature du travail requis pour réparer et entretenir les VE et leurs infrastructures. Les emplois comme la mécanique automobile sont susceptibles d'évoluer pour englober des compétences en entretien de VE, et il se peut que les programmes d'accréditation visant à réglementer ces compétences élargissent les programmes d'études requis dans les professions traditionnelles de la réparation d'automobiles.

Certains sont fermement convaincus que même si les travailleuses et les travailleurs seront touchés par la transition vers les VE, ils auront la possibilité de relever leurs compétences ou d'effectuer une transition vers un emploi équivalent à leur emploi actuel. Cependant, l'échelle et le rythme auquel ces emplois seront touchés dépendra du rythme de remplacement des VMCI par les VE. L'intensification de l'électrification favorise les perturbations du travail d'une industrie à une

autre, faisant ressortir l'urgent besoin de travailleuses et de travailleurs dotés de nouvelles compétences pour combler une insuffisance grandissante – allant du travail d'atelier à la gestion, dans des industries ou des secteurs comme les technologies, l'automobile, les mines ou l'énergie, par exemple. La pénurie de compétences avancées dans les domaines du numérique et du génie a déjà été exposée par l'intensification de l'électrification.

Bien que les possibilités et les perturbations s'étendent de façon inégale d'une industrie à une autre, l'industrie automobile canadienne devrait faire face à une transformation et à de nouvelles possibilités très importantes.

Incidences de la mobilité intelligente sur les emplois dans l'industrie automobile

On prévoit que l'avenir de l'effectif de l'industrie automobile sera compliqué même après plus de deux siècles de perturbations généralisées provoquées par l'adoption de technologies nouvelles (ILO, 2021). Tout comme l'incidence de la mobilité intelligente sur la population active, les effets sur l'emploi dans l'industrie automobile canadienne demeurent incertains et dépendent de plusieurs facteurs, dont le rythme et l'échelle de l'abandon graduel de la construction de VMCI, l'évolution technologique liée aux progrès de la connectivité et de l'automatisation, l'adoption de robots et l'automatisation dans les établissements manufacturiers, l'IA, ainsi qu'un certain nombre de facteurs économiques. Bien qu'on ne sache pas comment ni jusqu'où les effets sur l'emploi se feront sentir, la transition vers la mobilité intelligente favorisera des changements cruciaux en production et sur le marché des pièces et accessoires.

Évaluation de la demande de main-d'œuvre destinée à la construction de véhicules intelligents

Les constructeurs canadiens d'automobiles, comme ceux qui se situent ailleurs dans le monde, travaillent à une technologie robotique capable d'améliorer leur adaptabilité et leurs procédés de fabrication pour répondre rapidement à la demande sur le marché. Au Canada, les investissements dans l'automatisation et la robotique s'inscrivent dans une tradition solide. En 2021, la densité de robots de l'industrie automobile canadienne, de 165, se classait au cinquième rang mondial, soit bien au-dessus de la moyenne de 113⁵ (NGen, 2021, pp. 3-4). Cela a donné à l'industrie une base solide pour l'aider à effectuer la transition vers la mobilité intelligente, tant au Canada qu'à l'étranger. Grâce à sa capacité de résolution de problèmes de premier ordre et à sa maîtrise de l'assemblage flexible, le Canada est bien positionné pour tirer parti de son expérience afin d'échapper aux perturbations de la transition.

En appliquant la robotique, l'automatisation et la numérisation améliorées au perfectionnement de la mobilité intelligente, les entreprises peuvent accroître leur productivité, optimiser leurs procédés – nouveaux et existants – et réaliser des produits de meilleure qualité tout en ajoutant de nouvelles options et des services. Par exemple, les robots et la numérisation

⁵ On calcule la densité de robots en divisant le nombre de robots installés par 10 000 emplois manufacturiers.

investissent les procédés d'assemblage comme la soudure et le montage, la peinture de pièces et l'inspection de leur propre qualité. L'IA générative s'applique à la création de contenu et d'idées, comme les nouvelles options de conception, à partir des données fournies par les développeurs, ce qui entraîne une transformation du mode de conception et de construction des véhicules. L'IA générative pourrait bien aider les constructeurs à dresser de manière efficiente une liste des meilleures options applicables à des systèmes de plus en plus complexes, comme les caractéristiques des véhicules, les structures légères ainsi que les groupes motopropulseurs (Shapiro, 2023). Ces conditions permettent aux constructeurs d'automobiles d'accroître leur compétitivité sur le marché mondial et de poursuivre le développement de leurs activités. En accumulant les succès, on peut créer des emplois aussi.

Au cours des 20 dernières années, l'emploi en assemblage de véhicules et en fabrication de pièces a diminué de façon constante au Canada (Future of Canadian Automotive Labourforce, 2022). À mesure que les véhicules intelligents supplantent les VMCI et le travail mécanique traditionnel, on peut déjà constater que certaines usines nord-américaines réduisent leur production (Ford, 2023). Cependant, le marché en évolution de la mobilité intelligente peut créer nombre de possibilités et d'emplois nouveaux, générant un revenu intéressant pour le Canada et son industrie automobile. La croissance de la production de VE dans des installations comme l'usine de montage CAMI à Ingersoll, laquelle vise à créer environ 300 nouveaux emplois et intègre une nouvelle usine de batteries, en est un exemple (Town of Ingersoll, 2023). L'intérêt du marché pour les VE s'est avéré moins grand que prévu, ce qui explique que certaines des nouvelles installations comme l'usine d'assemblage de Ford à Oakville, retardent leur production. Il faut en conclure que l'ouverture de certains postes est retardée et qu'ils demeurent provisoires (The Canadian Press, 2024). L'entretien sur le marché secondaire de la mobilité intelligente exigera vraisemblablement de nouvelles formations visant l'entretien d'automobiles lié aux emplois traditionnels, et exigera peut-être aussi la création de nouveaux postes pour composer exclusivement avec les technologies de pointe liées à ces véhicules.

Il existe un décalage géographique croissant aux États-Unis, où des installations manufacturières ferment leurs portes (particulièrement dans le Midwest) et d'autres ouvrent les leurs (dans le Sud – où il y a généralement moins de syndicats) (Coykendall, Hardin, & Morehouse, 2023). Cela laisse entendre que les travailleuses et les travailleurs d'une même profession n'ont pas nécessairement accès à ces emplois. À la différence des États-Unis, les investissements fédéraux et provinciaux favorisent l'expansion de la production liée à la mobilité intelligente au Canada, où l'industrie automobile est déjà importante, comme en témoignent l'annonce par Ford d'une nouvelle usine de VE à Bécancour au Québec (créant 345 nouveaux emplois), la mise en exploitation par Stellantis d'une grosse usine de fabrication de batteries à Windsor (créant 2 500 nouveaux emplois) et l'ouverture de l'usine de batteries de Volkswagen à St Thomas (créant à peu près 3 000 emplois directs et 30 000 emplois indirects). Dans le cas de cette expansion manufacturière, Unifor a déjà été mobilisé pour syndiquer ces installations. Une étude de 2022 permet de constater que la demande de travailleuses et de travailleurs sera soutenue en raison de la main-d'œuvre nécessaire pour produire les groupes motopropulseurs des véhicules intelligents, plus particulièrement des VEB (le temps de production des VE étant plus long que celui des VMCI)

(Cotterman et al., 2022). L'effet sur l'emploi net sera nul, étant donné que l'élimination des VMCI se traduira par la disparition des emplois liés à la fabrication de pièces d'automobiles dans la chaîne d'approvisionnement – et on dit que la production de pièces pour VE exige 30 % à 40 % moins de main-d'œuvre que la production de pièces pour VMCI –, et que l'adoption de l'automatisation indique que l'emploi en assemblage risque de diminuer.

Adoption de la fabrication intelligente et pénuries de main-d'œuvre

L'industrie automobile canadienne subit déjà une non-concordance non négligeable entre l'offre et la demande de travailleuses et de travailleurs qualifiés requis pour ouvrir des postes dans tout le processus de production – une situation que la fabrication intelligente cherche à stabiliser. Les technologies actuelles évoluent de manière à faire correspondre la qualité et la production humaine. La fabrication utilise l'IA et d'autres technologies pour rassembler et analyser des données afin de reproduire et d'améliorer les résultats. Cependant, les nouvelles technologies exigent des travailleuses et des travailleurs formés et spécialisés, lesquels sont très recherchés. Par exemple, les experts qui maîtrisent le numérique et les données sont difficiles à recruter et à fidéliser en raison de la rivalité exacerbée d'autres industries qui visent les mêmes ensembles de compétences. Les constructeurs d'automobiles subissent aussi une concurrence acharnée pour répondre aux besoins d'ingénieures et d'ingénieurs, de même qu'aux pénuries de techniciennes et de techniciens d'entretien et de réparation. Donc, la fabrication intelligente exigera une main-d'œuvre capable d'utiliser les technologies intelligentes en atelier et au-delà.

Une analyse prévisionnelle menée par l'Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne (FOCAL) indique que, entre 2021 et 2030, environ 22 100 postes devraient s'ouvrir dans l'ensemble de l'industrie automobile canadienne, dont 16 050 à peu près serviront à combler l'insuffisance de recrutement (Future of Canadian Automotive Labourforce, 2023). Le tableau 1 indique l'insuffisance selon la profession alors que l'industrie tient compte de l'évolution de la mobilité intelligente.

Tableau 1. Les cheminements de carrière et l'avenir possibles dans l'industrie automobile canadienne en évolution

Profession	Emploi par profession dans l'ensemble des secteurs et des industries du Canada (2021)	Projection du nombre de postes à pourvoir dans l'industrie automobile canadienne (2021-2030)	Besoins de recrutement dans l'industrie automobile (2021-2030)
Assembleurs/assembleuses, contrôleurs/contrôleuses et vérificateurs/vérificatrices de véhicules automobiles	>55 000	>10 500	>6 600
Machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage	>35 200	>1 100	>930

Soudeurs/soudeuses et opérateurs/opératrices de machines à souder et à braser	>83 000	>1 350	>970
Ingénieurs mécaniciens/ingénieures mécaniciennes	>53 000	>830	>550
Directeurs/directrices des services de génie	>30 000	>210	>50
Surveillants/surveillantes dans la fabrication d'autres produits métalliques et de pièces mécaniques	>2 600	>100	≈90
Mécaniciens/mécaniciennes de chantier et mécaniciens industriels/mécaniciennes industrielles	>61 000	>1 450	>1 300
Expéditeurs/expéditrices et réceptionnaires	>110 000	>710	>600
Ingénieurs/ingénieures d'industrie et de fabrication	>15 600	>350	>270
Mécaniciens/mécaniciennes et réparateurs/réparatrices de véhicules automobiles, de camions et d'autobus	>146 500	>640	>500
Outilleurs-ajusteurs/outilleuses-ajusteuses	>9 000	≈940	>850
Peintres, enduiseurs/enduiseuses et opérateurs/opératrices de procédés dans le finissage du métal – secteur industriel	>13 500	>680	>500
Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données	>25 000	>50	>50
Technologues et techniciens/techniciennes en génie industriel et en génie de fabrication	>16 150	>300	>200
Directeurs/directrices de la fabrication	>70 000	>1 500	>1 400
Ingénieurs/ingénieures métallurgistes et des matériaux	2 700	40	40
Surveillants/surveillantes dans la fabrication de matériel électronique et d'appareils électriques	>2 100	≈50	50
Surveillants/surveillantes dans la fabrication de véhicules automobiles	>7 385	≈1 300	>1 100

Source : (Future of Canadian Automotive Labourforce, 2021)

Évolution des occasions d'emploi – abandon des emplois manufacturiers traditionnels

On s'attend à ce que l'industrie automobile canadienne connaisse des transformations structurelles considérables, bénéficiant notamment d'une hausse de la productivité et de l'élargissement des gammes de produits et services. Sa main-d'œuvre vivra de même certaines transitions alors que leurs compétences et leurs emplois traditionnels seront exposés à des

perturbations et à des restructurations. Cependant, la transition vers la mobilité intelligente créera des occasions d'acquérir de nouvelles compétences, pouvant comprendre l'ajout de nouvelles professions au sein de l'industrie automobile. Comme l'illustre le tableau 1 ci-dessus, il est de plus en plus nécessaire que les travailleuses et les travailleurs d'usine fassent la transition vers un travail plus spécialisé, comme l'analyse de données réunies par des robots, ou l'entretien et la mise à jour du matériel. Étant donné que la fabrication intelligente améliore les statistiques comme celles portant sur la productivité, la qualité et la sécurité, et qu'elle est capable d'exécuter des tâches de plus en plus complexes, les technologies remplaceront systématiquement les tâches manuelles et répétitives exigées par les emplois de production traditionnels. Cela ouvre aux travailleuses et aux travailleurs des possibilités d'acquérir des compétences spécifiquement humaines, comme les compétences comportementales, la pensée créatrice, le leadership et la créativité. Les entreprises ont de plus en plus besoin de travailleuses et de travailleurs capables d'utiliser ces compétences de même que d'intégrer les technologies de pointe et l'automatisation, puisque la fabrication continuera de dépendre d'outils technologiques et numériques pour améliorer le processus de production.

Les auteurs d'une étude de 2022 estiment que, à mesure que le Canada continue d'établir des stratégies et de mettre en œuvre des politiques conduisant à une économie à zéro émission nette par rapport à 2015, toutes les voies de décarbonation entraînent une hausse de l'emploi manufacturier (Atiq et al., 2022). Plus particulièrement, la fabrication de matériel de transport créera 20 000 à 26 000 emplois supplémentaires, principalement des emplois classés dans des professions très spécialisées, celle des techniciennes et des techniciens batteries pour VE, par exemple (Atiq et al., 2022, p. 57). Les professionnelles et les professionnels experts dans l'application de technologies de pointe en établissement manufacturier sont cruciaux pour l'installation d'usines intelligentes. Les véhicules dotés de technologies CAPE appliquées à la mobilité intelligente sont plus complexes à construire. Leur construction pourrait exiger une automatisation de niveau supérieur et une robotique avancée. Par exemple, la robotique sert de plus en plus à toutes les étapes de la production des VA, à savoir dans les processus de soudure, de peinture et d'assemblage.

La transition peut également servir de tremplin pour améliorer la qualité du travail, le salaire et les avantages sociaux des personnes qui travaillent déjà dans l'industrie et de celles qui cherchent à en faire partie. L'emploi dans l'automobile canadienne diminue de façon constante depuis un sommet de 153 000 atteint en 2000 (Holmes, 2022). L'industrie a perdu 56 000 travailleuses et travailleurs en 2010 avant de se redresser légèrement. Devant cette diminution, les syndicats n'ont cessé de faire des concessions aux constructeurs d'automobiles confrontés à la concurrence accrue d'entreprises étrangères non syndiquées, ce qui a entraîné une baisse de la qualité du travail, ainsi qu'un resserrement des salaires et des avantages sociaux.

La dernière ronde de négociations collectives à l'automne de 2023, tant au Canada qu'aux États-Unis, a fait ressortir les priorités et les efforts visant à protéger les travailleuses et les travailleurs de l'automobile pendant la transition vers les VE, des véhicules qui exigent un assemblage moins complexe en raison du plus petit nombre de pièces. Cette évolution peut et

devrait être généralisée pour aborder d'autres progrès des technologies de la mobilité intelligente qui toucheront probablement les travailleuses et les travailleurs de l'industrie automobile. La plupart des protections incluses par négociation dans les conventions collectives qu'Unifor a signées avec les principaux acteurs de l'industrie automobile du Canada en 2023 sont centrées sur la hausse du supplément de revenu des travailleuses et des travailleurs tout au long de la transition, particulièrement en lien avec le réoutillage des installations existantes. Les dernières négociations ont abouti à une augmentation composée sur 36 mois de 20 % pour les travailleuses et travailleurs de la production et de 25 % dans les métiers spécialisés, l'indemnité de vie chère étant incorporée. Ces augmentations se traduisent par des hausses annuelles respectives de 6,7 % et de 8,3 % jusqu'à l'automne 2026, hausses qui s'appliquent aux employées et aux employés en poste ainsi qu'aux nouvelles recrues. Les négociations se sont également concentrées sur les garanties de mutation à un autre poste en fabrication, particulièrement dans une usine de batteries, destinées aux travailleuses et des travailleurs d'usines d'assemblage qui ne seraient plus requis parce que les groupes motopropulseurs des VE sont plus simples. La mutation des personnes à risque dans le cadre de la transition vers la mobilité intelligente à des installations qui sont l'élément clé de son succès pourrait aider à éviter les mises à pied et présenter à une main-d'œuvre existante de nouvelles possibilités de formation et de relèvement des compétences. Cette stratégie d'emploi est utilisée dans le cadre de la transition vers les VE qui suit son cours en Chine et en Corée du Sud, et pourrait aider les travailleuses et les travailleurs canadiens de l'automobile à surmonter les perturbations de la transition.

Conclusion

Bien que les politiques influencent l'adoption croissante des technologies CAPE dans les véhicules pour favoriser l'acceptation des technologies de la mobilité intelligente, de telles politiques ne pourront pas à elles seules faciliter la transition pour celles et ceux qui travaillent dans l'industrie automobile canadienne. Par le passé, les transitions induites par le marché se sont avérées difficiles pour les travailleuses et les travailleurs et les membres des collectivités qui dépendent de l'industrie. De plus, il est essentiel pour les gouvernements et les constructeurs de mettre en place un cadre stratégique, bénéficiant de la planification à long terme et du soutien nécessaires, pour aider travailleuses et travailleurs à survivre aux changements rapides dans l'industrie automobile. Une approche dynamique de la gestion de ces changements et de l'évolution des possibilités d'emploi liées à la réduction progressive délibérée de la construction de VMCI peut avoir de nombreux avantages. En établissant exprès un rythme pour la construction de véhicules intelligents à l'échelle mondiale, on envoie un message important et fournit une orientation claire aux intervenants et aux autres pays, contribuant à encourager la planification et à affecter des ressources pour faire en sorte que les fonds et les soutiens soient à la disposition des travailleuses et des travailleurs touchés par la transition. Vu que l'industrie automobile canadienne est déjà confrontée à une pénurie de main-d'œuvre, le passage aux VE est susceptible d'aggraver la situation à moins que des mesures de soutien soient mises en place pour offrir formations et carrières aux travailleuses et aux travailleurs actuels et à venir. Les possibilités d'emploi dans cette industrie en transformation exigent une adaptation du marché du travail, des infrastructures et des

investissements, ce qui prend du temps. Les premiers signaux indiquant que cette transition est en cours permettront aux intervenants touchés de se préparer adéquatement.

Le Canada a l'occasion de devenir un chef de file mondial en étant parmi les premiers à soutenir sa population active et à inciter d'autres pays à surmonter les éventuelles perturbations d'une industrie automobile en transformation invitée par des engagements de plus en plus nombreux à électrifier les transports partout dans le monde.

Bibliographie

Alonso-González, M. J., O. Cats, N. Van Oort, S. Hoogendoorn-Lanser et S. Hoogendoorn. « What are the determinants of the willingness to share rides in pooled on-demand services? », *Transportation*, 2021, pages 1733-1765

Atiq, M., A. Coutinho, A. Islam et J. McNally. « Jobs and Skills in the Transition to a Net-Zero Economy », *Smart Prosperity Institute*, 2022, consulté à https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/Jobs_and_Skills_in_the_Transition_to_a_Net-Zero_Economy.pdf

Berger, T., C. Chen et C.B. Frey. « Drivers of disruption? Estimating the Uber effect », *European Economic Review*, 2018, 110, pages 197-210, consulté à <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2018.05.006>

Régie de l'énergie du Canada. *Aperçu du marché : Nombre record de véhicules électriques vendus au Canada*, gouvernement du Canada, 2022, consulté à <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/aperçu-marches/2022/aperçu-marche-nombre-record-vehicules-electriques-vendus-canada.html>

CAC. *Concevoir l'avenir de l'automobile au Canada*, Conseil des académies canadiennes, Comité d'experts sur les véhicules connectés et autonomes et la mobilité partagée, 2021, consulté à <https://www.rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2021/07/Rapport-Concevoir-lavenir-de-lautomobile-au-Canada-1-UpdatedJuly2021.pdf>

Cotterman, T., E.R.H. Fuchs et K. Whitefoot. *The transition to electrified vehicles: Evaluating the labor demand of manufacturing conventional versus battery electric vehicle powertrains*, Elsevier Inc., 2021, consulté à <https://doi.org/10.2139/ssrn.4128130>

Cutean, A. *Autonomous Vehicles and The Future of Work in Canada*, Information and Communications Technology Council (ICTC), 2017

Deichmann, J., E. Ebel, K. Heineke, R. Heuss, M. Kellner et F. Steiner. *Autonomous driving's future: Convenient and connected*, McKinsey Center for Future Mobility, McKinsey & Company, 2023, consulté à <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected>

Diao, M., H. Kong et J. Zhao. *Impacts of transportation network companies on urban mobility*, *Nature Sustainability*, 2021, vol. 4, no. 6, pages 1-7

Fitzpatrick, D., G. Cordahi, L. O'Rourke, C. Ross, A. Kumar et D. Bevly. *Challenges to CV and AV Applications in Truck Freight Operations*, Transportation Research Board, 2017, consulté à <https://doi.org/10.17226/24771>

Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne. *Profils professionnels*, Initiative FOCAL, 6 avril 2023, consulté à <https://www.futureautolabourforce.ca/fr/profil-professionnel/>

Initiative sur l'avenir de la main-d'œuvre de l'industrie automobile canadienne. *L'emploi pour les jeunes dans l'industrie automobile canadienne – Présentation générale des caractéristiques démographiques, des attitudes et des observations des employeurs*, Initiative Focal, 2022

Heineke, K., B. Kloss, T. Möller et C. Wiemuth. *Shared mobility: Where it stands, where it's headed*, McKinsey, McKinsey & Company, 2021, consulté à <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/shared-mobility-where-it-stands-where-its-headed>

Holmes, J. « The Decline of Good Manufacturing Jobs ». Dans Wells, D. et J. Peters (éd.), *Canadian labour policy and politics*, University of British Columbia Press, 2022, pages 204-220, consulté à <https://books-scholarsportal-info.proxy.lib.uwaterloo.ca/en/read?id=/ebooks/ebooks7/upress7/2022-10-27/1/9780774866057#page=213>

OIT. *L'avenir du travail dans le secteur automobile (Réunion technique sur l'avenir du travail dans le secteur automobile)*, Département des politiques sectorielles, Organisation internationale du Travail, 2021, consulté à <https://www.ilo.org/fr/media/225966/download>

Agence internationale de l'énergie. *Global EV Outlook 2023: Catching up with Climate Ambitions*, Agence internationale de l'énergie, 2023, consulté à <https://doi.org/10.1787/cbe724e8-en>

Khamis, A. et S. Malek. « Smart Mobility for Sustainable Development Goals: Enablers and Barriers », dans *IEEE*, vol. 2023, *IEEE International Conference on Smart Mobility (SM)*, 2023, pages 173-185, consulté à IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10112562>

Larson, E., C. Greig, J. Jenkins, E. Mayfield, A. Pascale, C. Zhang, J. Drossman, R. Williams, S. Pacala, R. Socolow, E. Baik, R. Birdsey, R. Duke, R. Jones, B. Haley, E. Leslie, K. Paustian et A. Swan. *Net-Zero America: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts* [rapport final], Princeton University, 2021, consulté à <https://www.dropbox.com/s/ptp92f65lgds5n2/Princeton%20NZA%20FINAL%20REPORT%20%2829Oct2021%29.pdf?dl=0>

Marsden, G. « Social benefits of shared mobility: Metrics and methodologies », *ACEA Scientific Advisory Group Report 26*, European Automobile Manufacturers' Association, 2022, consulté à https://www.acea.auto/files/Social_benefits_of_shared_mobility-26th_ACEA_SAG-report.pdf

Mudge, R., D. Montgomery, E. Groshen, J.P. Macduffie, S. Helper et C. Charles. *America's Workforce and the Self-Driving Future: Realizing Productivity Gains and Spurring Economic Growth*, Securing America's Future Energy (SAFE), 2018, consulté à https://avworkforce.secureenergy.org/wp-content/uploads/2018/06/Americas-Workforce-and-the-Self-Driving-Future_Realizing-Productivity-Gains-and-Spurring-Economic-Growth.pdf

NGen. *Canada's Automation and Robotics Landscape*, Next Generation Manufacturing Canada, 2021, consulté à <https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/5005023/Documents/TAP/Automation-and-robotics-NGen-Report.pdf>

Privacy4Cars Inc. *P4Cs Five Levels of Vehicle Connectivity*, Privacy4Cars, Inc., 2022, consulté à <https://privacy4cars.com/data-in-cars/p4cs-five-levels-of-vehicle-connectivity/>

SAE. *SAE J3016 Levels of Driving Automation*, SAE International, 2021, consulté à https://www.sae.org/binaries/content/assets/cm/content/blog/sae-j3016-visual-chart_5.3.21.pdf

Sainato, M. *'It was traumatic': Uber, Lyft drivers decry low pay and unfair deactivations*, 10 mars 2023, consulté dans The Guardian, <https://www.theguardian.com/business/2023/mar/10/uber-lyft-driver-suspension-deactivation-pay>

Short, J. et D. Murray. *Identifying Autonomous Vehicle Technology Impacts on the Trucking Industry*, American Transportation Research Institute, 2016, consulté à <https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2016/11/ATRI-Autonomous-Vehicle-Impacts-11-2016.pdf>

Simpson, J., S. Mishra, A. Talebian et M. Golias. « An estimation of the future adoption rate of autonomous trucks by freight organizations », *Research in Transportation Economics*, vol. 76, septembre 2019, 100737, consulté à <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100737>

Stantec et ARA. « Potential for Impacts of Highly Automated Vehicles and Shared Mobility on Movement of Goods and People », dans n° 6, *Automated Vehicles and Shared Mobility: State-of-the-Research Topical Paper*, TRB Forum on Preparing for Automated Vehicles and Shared Mobility, 2020, consulté à https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/AVSMForum/products/6-NCHRP_Freight_Final_10-28-20v2.pdf

The Canadian Press. *Ford delays start of EV production at Oakville plant until 2027*, CBC, 4 avril 2024.

La Maison-Blanche. Discours du président Biden avant la signature des mesures intitulées *Executive Actions on Tackling Climate Change, Creating Jobs, and Restoring Scientific Integrity*, la Maison-Blanche, 27 janvier 2021, consulté à <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2021/01/27/remarks-by-president-biden-before-signing-executive-actions-on-tackling-climate-change-creating-jobs-and-restoring-scientific-integrity/>

Thurton, D. *"Just transition" bill to help oil and gas workers coming in 2023, natural resources minister says*, CBC, 2023, consulté à <https://www.cbc.ca/news/politics/wilkinson-just-transition-atlantic-electricity-1.6701409>

Municipalité d'Ingersoll. *Press Release - Future of GM CAMI Assembly*, 26 juillet 2023, consulté à <https://www.ingersoll.ca/en/news/press-release-future-of-gm-cami-assembly.aspx>

Ward, J.W., J.J. Michalek, I.L. Azevedo, A. Henao, C. Rames et T. Wenzel, T. « The impact of Uber and Lyft on vehicle ownership, fuel economy, and transit across U.S. cities ». *iScience*, 2020

Yankelevich, A., R.V. Rikard, T. Kadylak, M.J. Hall, E.A. Mack, J.P. Verboncoeur et S.R. Cotten.
Preparing the Workforce for Automated Vehicles. The American Center for Mobility, 2018, pages 1-130