

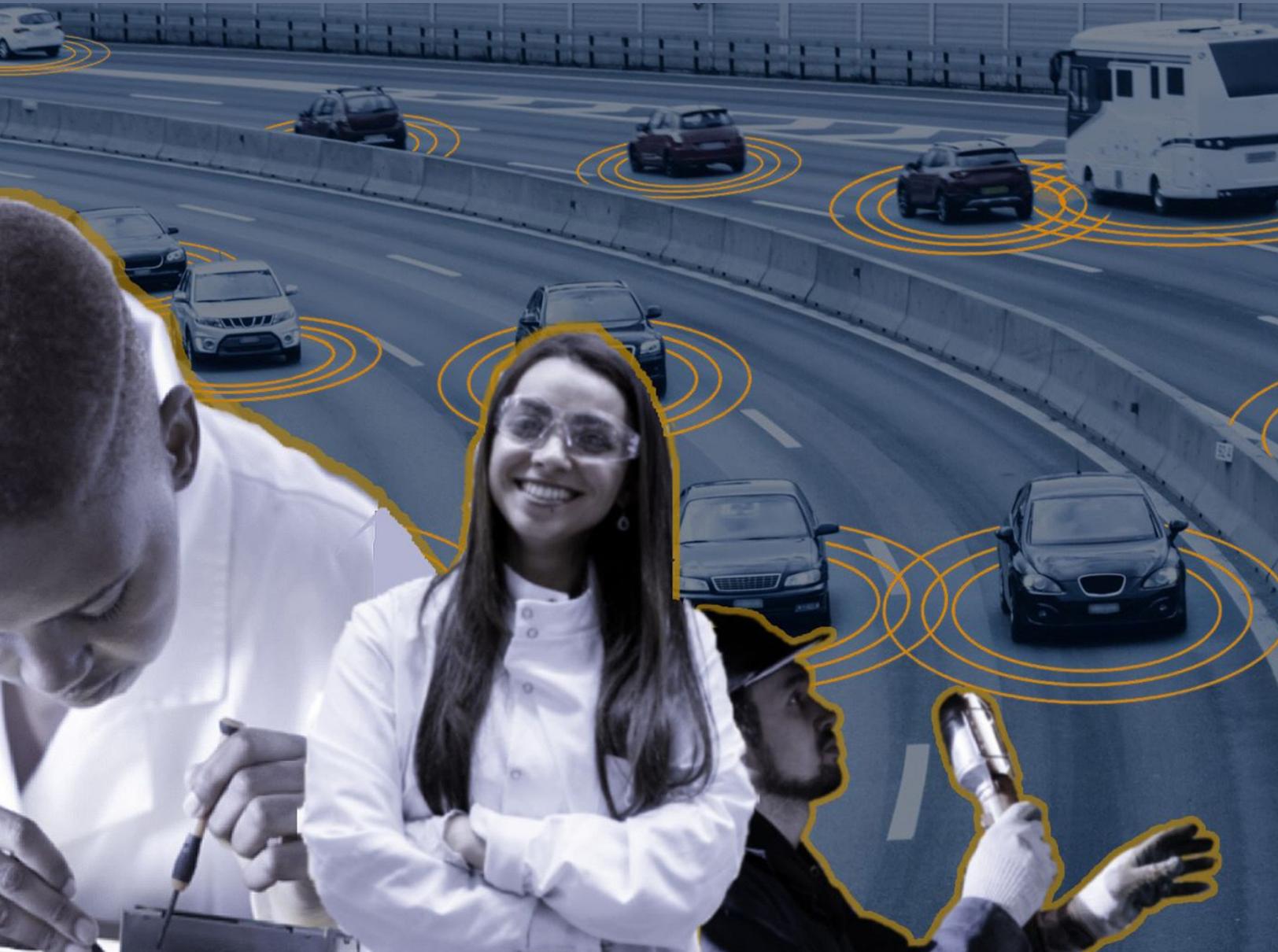


Association des transports du Canada

# Développement du personnel hautement qualifié pour l'ère des véhicules connectés et automatisés

---

Avril 2022







*Association des transports du Canada*

# Développement du personnel hautement qualifié pour l'ère des véhicules connectés et automatisés

---

Avril 2022

## AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ

Le présent document n'a pas pour but de servir de fondement pour établir la responsabilité civile.

Le contenu qui y est présenté a fait l'objet d'une recherche attentive et d'une préparation minutieuse. Cependant, l'exactitude de son contenu ou des extraits de publication utilisés à des fins de référence ne peut être garantie de manière expresse ou implicite. De plus, le fait de diffuser ce document n'engage en rien la responsabilité de l'ATC, de ses chercheurs ou de ses collaborateurs en cas d'omissions, d'erreurs ou d'assertions inexactes éventuelles, susceptibles de résulter de l'utilisation ou de l'interprétation du contenu du document.

On peut tenir compte de l'information contenue dans le présent rapport dans le cadre de la législation, de la réglementation et des politiques locales.

## Formulaire de documentation de rapport de l'ATC

<b>Titre et sous-titre</b> Développement du personnel hautement qualifié pour l'ère des véhicules connectés et automatisés		
<b>Date du rapport</b> Avril 2022	<b>Agence de coordination et adresse</b> Association des transports du Canada 401-1111, promenade Prince of Wales Ottawa (Ontario) K2C 3T2	<b>N° ITRD</b>
<b>Auteur(s)</b> <b>MORR Transportation Consulting Ltd.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jeannette Montufar, Ph. D., P.Eng., PTOE</li> <li>• Jonathan D. Regehr, Ph. D., P.Eng.</li> <li>• Sanjana Mada, M. Plan., B. Arch.</li> <li>• Michael Olfert, B. Sc., EIT</li> </ul>		<b>Nom et adresse de l'agence d'exécution</b> MORR Transportation Consulting Ltd. 201 – 1465 Buffalo Place Winnipeg (Manitoba) R3T 1L8
<b>Résumé</b> <p>Les véhicules connectés et automatisés (VCA) et les autres technologies perturbatrices offrent des possibilités pour rendre les systèmes de transport plus efficaces et intégrés. La pénétration graduelle des technologies de connectivité, d'automatisation, de détection et d'intelligence artificielle dans nos réseaux de transport et l'augmentation du nombre de VCA auront une grande incidence sur les compétences nécessaires pour planifier, concevoir, exploiter et entretenir nos systèmes de transport.</p> <p>Comme de nombreux VCA et autres technologies perturbatrices sortent du domaine traditionnel de l'ingénierie des transports, les autorités routières feront face à d'importants défis à moins de se doter d'un personnel hautement qualifié (PHQ) qui peut évoluer au sein de ce nouvel écosystème, apportant les connaissances requises pour comprendre les enjeux entourant les vulnérabilités et la cybersécurité tout en travaillant avec l'équipement d'anciennes générations mis à niveau et devenu connecté.</p> <p>Reposant sur une analyse documentaire approfondie et la participation d'autorités routières, d'universitaires, d'organisations professionnelles et d'autres parties prenantes du secteur des transports, ce rapport présente un plan d'action qui vise à répondre aux lacunes en matière de compétences au Canada, en mettant un accent particulier sur le développement de talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant ainsi que le recrutement et le maintien en poste des effectifs.</p>		<b>Mots-clés</b> <p>Économie et administration</p> <p>Conception et sécurité des véhicules</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Véhicule autonome</li> <li>• Véhicule connecté</li> <li>• Éducation</li> <li>• Personnel</li> <li>• Technologie</li> <li>• Autorité des transports</li> </ul>
<b>Citation recommandée</b> Montufar, J., Regehr, J., Mada, S. et Olfert, M. 2022. <i>Développement du personnel hautement qualifié pour l'ère des véhicules connectés et automatisés</i> . Ottawa, ON : Association des transports du Canada.		



## Remerciements

### Partenaires de financement

---

- Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique
- Ville d'Ottawa
- Ville de Toronto
- Ministère des Transports du Québec
- Ontario Good Roads Association
- Transports Canada
- Ministère de la Voirie et des Travaux publics du Yukon

### Comité directeur du projet

---

- Omar Choudhry, Ville d'Ottawa (coprésident)
- Fahad Shuja, Ontario Good Roads Association (coprésident)
- Brigid Canil, ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique
- David Johnson, ministère des Transports du Québec
- Ryan Lanyon, Ville de Toronto
- Adriana Lovric, Transports Canada
- Ken Moshi, Transports Canada
- Amanda Price, ministère de la Voirie et des Travaux publics du Yukon

### Consultants au projet

---

- Jeannette Montufar, MORR Transportation Consulting Ltd.
- Jonathan D. Regehr, MORR Transportation Consulting Ltd.
- Sanjana Mada, MORR Transportation Consulting Ltd.
- Michael Olfert, MORR Transportation Consulting Ltd.

Ce projet a été géré par Yuriy Shelkovyy de l'Association des transports du Canada.



## Sommaire

Les véhicules connectés et automatisés (VCA) et les autres technologies perturbatrices offrent des possibilités pour rendre les systèmes de transport plus efficaces et intégrés. La pénétration graduelle des technologies de connectivité, d'automatisation, de détection et d'intelligence artificielle dans nos réseaux de transport et l'augmentation du nombre de VCA auront une grande incidence sur les compétences nécessaires pour planifier, concevoir, construire, exploiter et entretenir nos systèmes de transport.

Comme de nombreuses technologies perturbatrices sortent du domaine traditionnel de l'ingénierie des transports, les autorités routières feront face à d'importants défis à moins de se doter d'un personnel hautement qualifié (PHQ) qui peut évoluer au sein de ce nouvel écosystème et qui possède les connaissances requises pour comprendre les enjeux entourant les vulnérabilités et la cybersécurité tout en travaillant avec l'équipement d'anciennes générations mis à niveau et devenu connecté. Les autorités routières devront jouer un rôle actif afin de favoriser une pépinière de talents hautement qualifiés, en collaborant possiblement avec les établissements d'enseignement ou en mettant en place des approches novatrices en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre.

Le présent rapport recommande des mesures à prendre afin de répondre aux lacunes en matière de compétences au Canada, en mettant un accent particulier sur le développement de talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant ainsi que le recrutement et le maintien en poste des effectifs.

### Conclusions de l'analyse documentaire

Une analyse documentaire menée dans le cadre de cette étude a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Au cours des 20 prochaines années, les systèmes de transport subiront d'importants changements qui toucheront à tous les aspects du rôle des autorités routières dans le cadre de la planification, de la conception, de l'exploitation et de l'entretien des infrastructures de transport. Bien qu'il y ait encore de nombreuses inconnues relativement à la transition vers les VCA et autres technologies perturbatrices, une grande partie de la documentation analysée prévoit un certain niveau d'adoption de véhicules hautement automatisés d'ici 2040.
- Les technologies perturbatrices provoqueront un changement continu et une hausse de la main-d'œuvre, et de nouvelles compétences deviendront nécessaires. Bon nombre de professionnels devront acquérir de plus amples connaissances en lien avec la programmation informatique, l'intelligence artificielle, les SIG, la géomatique, l'analyse de mégadonnées, la cybersécurité et les systèmes de transport intelligent. De nombreuses technologies nouvelles généreront des quantités massives de données que les autorités routières devront gérer efficacement.
- À l'université, le tronc commun au premier cycle porte sur des sujets classiques en transport tels que le génie de la circulation, la planification des transports, le transport collectif et la conception des transports; le contenu lié aux technologies perturbatrices est enseigné dans le

cadre de ces cours. Aux cycles supérieurs, il est plus courant de voir des cours spécialisés porter sur des technologies avancées.

- Les principaux défis en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre comprennent le manque de compréhension des postes techniques, les priorités d'embauche concurrentes entre les services de technologies de l'information (TI) et ceux des transports, les questions relatives aux négociations collectives, la lenteur à laquelle les pratiques de dotation de personnel évoluent au sein des gouvernements, l'évolution démographique des milieux de travail, les changements technologiques rapides et la concurrence déséquilibrée pour une main-d'œuvre qualifiée entre les secteurs public et privé.
- Les possibilités de surmonter les défis en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre se classent en quatre grandes catégories : partenariats en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre; processus de ressources humaines et d'embauche; programmes de formation et de perfectionnement; et promotion, recrutement et maintien en poste des effectifs.

### Résultats de la mobilisation des parties prenantes

La mobilisation des parties prenantes au cours de cette étude a permis de dégager les conclusions suivantes :

- On constate aujourd'hui des lacunes en matière de compétences dans les domaines de l'analyse de données, de la programmation informatique, de la cybersécurité, de l'ingénierie de la circulation et des compétences générales.
- Les compétences qui seront nécessaires dans l'avenir sont enseignées en informatique et dans les programmes de génie électrique et de génie informatique, mais elles ne le sont pas suffisamment en profondeur.
- Au fur et à mesure que la technologie se complexifiera, la gestion des données exigera qu'on fasse appel à divers spécialistes tels que des experts en nettoyage de données, des courtiers de données et des gestionnaires de consortium.
- On estime que le manque de professionnels possédant des compétences à la fois en ingénierie des transports et en informatique ralentit l'innovation en transport, et pourrait même mettre les systèmes de transport à risque.
- On ne s'entend pas sur les personnes qui devraient enseigner les compétences essentielles pour l'avenir, et la non-flexibilité des programmes d'études actuels met un frein aux changements dans l'éducation du PHQ.
- Il y a une discordance entre les programmes enseignés dans les établissements d'enseignement préuniversitaire et les connaissances requises à l'échelon universitaire.

### Analyse des lacunes

L'analyse des lacunes reposant sur l'information tirée de l'analyse documentaire et de la mobilisation des parties prenantes a conduit à l'identification de lacunes regroupées en trois domaines clés, comme le montre le tableau E1.

Tableau E1 : Domaines des lacunes identifiées

Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports	Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports	Pratiques en matière de ressources humaines et de gouvernance des autorités routières
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lacunes en matière de compétences techniques</li> <li>• Lacunes en matière de compétences non techniques</li> <li>• Coordination avec les programmes d'études du primaire et du secondaire</li> <li>• Élaboration des programmes d'études postsecondaires et normes d'agrément professionnel</li> <li>• Lien entre les diplômés et les emplois dans l'industrie des transports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lacunes en matière de compétences techniques</li> <li>• Lacunes en matière de compétences non techniques</li> <li>• Liens avec les établissements d'enseignement</li> <li>• Mentorat et transfert de connaissances</li> <li>• Développement de réseaux professionnels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recrutement de personnel</li> <li>• Maintien en poste du personnel</li> <li>• Équité, diversité et inclusion (ÉDI) et perfectionnement du PHQ</li> <li>• Obstacles entre des secteurs fonctionnels au sein d'une autorité routière</li> <li>• Prises de décision basées sur le rendement et gouvernance des données</li> <li>• Processus d'approvisionnement</li> <li>• Mains-d'œuvre syndiquées</li> <li>• Financement coordonné et fiable</li> </ul>

### Plan d'action

Le rapport présente 35 mesures recommandées, regroupées sous trois grands thèmes :

- Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports
- Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports
- Pratiques en matière de ressources humaines et de gouvernance des autorités routières

Chaque recommandation est accompagnée d'une description, d'une liste des lacunes visées, d'une échéance de mise en œuvre, d'une liste de facilitateurs principaux et de partenaires, et d'une liste des catégories visées de l'Indice de préparation aux véhicules autonomes (AVRI).

La liste des mesures recommandées est suivie de plusieurs principes directeurs sur lesquels repose la mise en œuvre :

- **Collaborer** – La collaboration aux premiers stades du perfectionnement de la main-d'œuvre peut aider à accroître la pépinière de PHQ futur, ainsi qu'à augmenter les possibilités de formation et de recyclage professionnel du PHQ existant.
- **Planifier et évaluer** – Il importe que les autorités routières élaborent des plans clairs et réalistes qui appuieront le perfectionnement de la main-d'œuvre d'une façon qui favorise la croissance technique et personnelle. Ces plans devraient être régulièrement évalués pour en mesurer l'efficacité et assurer leur succès.
- **Favoriser la croissance** – Le bon rendement devrait être reconnu pour assurer une croissance continue et encourager les autres membres du personnel.
- **Renforcer les capacités des employés** – Il convient d'encourager les employés à agir en vue de leur épanouissement professionnel et technique au sein de l'organisation.

Pour terminer, le rapport présente quelques organisations identifiées comme facilitateurs clés et partenaires, ainsi que leurs rôles brièvement décrits. En ordre d'apparition, ces organisations sont les suivantes :

- Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG)
- Établissements d'enseignement
- Autorités routières provinciales
- Entreprises privées
- Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie
- Organisations professionnelles
- Association des transports du Canada (ATC)
- Emploi et Développement social Canada
- Transports Canada
- Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie
- Citoyenneté et Immigration Canada
- Fondation de l'ATC

L'ATC n'est pas seulement une partie prenante de plusieurs mesures recommandées, mais elle peut également jouer un rôle de facilitation en chapeautant plusieurs « méta-mesures » plus générales. Plus particulièrement, elle peut mobiliser des organisations partenaires et alliées avec qui développer une meilleure compréhension des objectifs communs, des mesures possibles et des avantages mutuels et les encourager à prendre une part active en ce sens.

## Glossaire

**Apprentissage machine.** L'apprentissage machine est une branche de l'intelligence artificielle (IA) et de l'informatique qui se concentre sur l'utilisation de données et d'algorithmes afin d'imiter la façon dont l'humain apprend, en améliorant graduellement sa précision.

**Apprentissage profond.** L'apprentissage profond est un sous-ensemble de l'apprentissage machine, qui se compose essentiellement d'un réseau neuronal à trois couches ou plus. Les réseaux neuronaux tentent de simuler le comportement du cerveau humain — mais sont encore loin d'égaliser ses capacités — et d'« apprendre » à partir de grandes quantités de données. Bien qu'un réseau neuronal à une seule couche puisse faire des prédictions approximatives, les couches additionnelles aident à en optimiser et à en affiner l'exactitude.

**Intelligence artificielle.** L'intelligence artificielle (IA) est un domaine qui combine l'informatique à de robustes ensembles de données afin de résoudre des problèmes. L'IA englobe aussi des sous-domaines tels que l'apprentissage machine et l'apprentissage profond, lesquels sont fréquemment mentionnés en association avec l'intelligence artificielle. Ces disciplines utilisent des algorithmes d'IA qui cherchent à créer des systèmes experts en vue de faire des prédictions ou des classifications reposant sur les données d'entrée.

**Internet des objets (IoT).** L'Internet des objets (IoT) est une capacité de mise en réseau qui permet d'envoyer et de recevoir de l'information vers des objets et des dispositifs (tels que des luminaires et des électroménagers) au moyen de l'Internet.

**Mobilité en tant que service (MaaS).** La mobilité en tant que service (MaaS) réunit plusieurs services de transport en un seul, accessible à la demande. Un opérateur MaaS typique offre un menu diversifié d'options de transport, comme le transport collectif, le taxi/service de voiturage, la location de voiture, le service d'autopartage, ou encore les vélos ou trottinettes électriques en libre-service.

**Personnel hautement qualifié (PHQ).** Le personnel hautement qualifié possède un diplôme d'études postsecondaires ou au moins cinq années d'expérience professionnelle pertinente pouvant aussi inclure une formation doctorale.

**Système de transport intelligent (STI).** Les STI comprennent des dispositifs électroniques, de communications ou de traitement de l'information utilisés seuls ou en combinaison afin d'améliorer l'efficacité ou la sécurité d'un système de transport de surface.

**Technologie perturbatrice.** Les technologies perturbatrices comprennent : (a) le matériel ou les logiciels considérés comme fondamentaux pour le développement et le déploiement des VCA; (b) le matériel ou les logiciels considérés comme fondamentaux pour les projets de villes intelligentes, y compris l'Internet des objets et le jumelage numérique; (c) les technologies comprises dans les architectures des STI; (d) la gamme des approches analytiques avancées incluses dans l'IA (p. ex., l'apprentissage machine, l'analyse des mégadonnées, les statistiques appliquées, la programmation informatique, l'analyse géospatiale), qui soutiennent indépendamment ou collectivement les technologies antérieures.

**Véhicule connecté et automatisé (VCA).** Les VCA comportent des caractéristiques des véhicules connectés ou des véhicules automatisés, ou des deux. Un véhicule connecté (VC) utilise des technologies de communication sans fil pour communiquer avec son environnement. Selon les caractéristiques embarquées, un VC peut être capable de communiquer avec ses occupants, d'autres véhicules et

usagers de la route, les infrastructures de transport à proximité, y compris les routes et les feux de circulation, et le nuage informatique. Un véhicule automatisé (VA) utilise une combinaison de capteurs, de contrôleurs, d'ordinateurs de bord et de logiciels spécialisés pour contrôler certaines fonctions de conduite à la place d'un conducteur humain (p. ex., la direction, le freinage, l'accélération et la vérification/surveillance de l'environnement de conduite).

# Table des matières

<b>Sommaire</b> .....	<b>i</b>
<b>Glossaire</b> .....	<b>v</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contexte .....	1
1.2 Objectifs et portée .....	1
1.3 Approche .....	2
1.4 Structure du rapport .....	3
<b>2. Analyse documentaire</b> .....	<b>5</b>
2.1 Formation du personnel hautement qualifié .....	5
2.2 L'avenir de la technologie des transports .....	12
2.3 Compétences de base requises .....	13
2.4 Principaux défis et possibilités .....	16
<b>3. Mobilisation des parties prenantes</b> .....	<b>19</b>
3.1 Autorités routières .....	21
3.2 Universitaires .....	32
3.3 Associations professionnelles .....	42
3.4 Secteur de la technologie .....	48
3.5 Sommaire des conclusions .....	53
<b>4. Analyse des lacunes</b> .....	<b>57</b>
4.1 Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports .....	57
4.2 Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports .....	59
4.3 Pratiques en matière de ressources humaines et gouvernance des autorités routières.....	61
<b>5. Plan d'action</b> .....	<b>65</b>
5.1 Mesures recommandées .....	65
5.2 Principes directeurs et rôles organisationnels .....	85
<b>Bibliographie</b> .....	<b>89</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Niveau de préparation perçu .....	30
Figure 2 : Répercussions attendues des technologies perturbatrices .....	43
Figure 3 : Importance des compétences techniques pour le personnel d'ingénierie .....	44
Figure 4 : Compétences fonctionnelles requises pour le personnel d'ingénierie .....	45
Figure 5 : Points de vue des associations professionnelles sur le rôle des collèges et des universités.....	46
Figure 6 : Points de vue des associations professionnelles sur le rôle des autorités routières.....	47
Figure 7 : Points de vue des associations professionnelles sur leur propre rôle .....	47

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Mobilisation des parties prenantes.....	19
Tableau 2 : Autorités participant aux groupes de discussion .....	22
Tableau 3 : Résumé des plans de cours .....	34
Tableau 4 : Compétences importantes identifiées par les autorités routières et l'analyse documentaire.....	35
Tableau 5 : Compétences spécialisées incluses dans les plans de cours en transport.....	36
Tableau 6 : Lacunes — Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports .....	58
Tableau 7 : Lacunes – Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports .....	60
Tableau 8 : Lacunes — Pratiques en matière de ressources humaines et gouvernance des autorités routières .....	61
Tableau 9 : Mesures recommandées – Formation de la future main-d'œuvre du secteur des transports .....	67
Tableau 10 : Mesures recommandées – Formation de la main-d'œuvre actuelle du secteur des transports.....	73
Tableau 11 : Mesures recommandées – Pratiques en matière de ressources humaines et de gouvernance des autorités routières.....	75
Tableau 12 : Mesures recommandées – Thèmes multiples .....	79

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Les véhicules connectés et automatisés (VCA) et les autres technologies perturbatrices offrent des possibilités pour rendre les systèmes de transport plus efficaces et intégrés et ainsi améliorer la sécurité, réduire la congestion, accroître l'accessibilité et apporter des bénéfices environnementaux. Avec la pénétration graduelle des technologies de connectivité, d'automatisation, de détection et d'intelligence artificielle dans nos réseaux de transport et l'augmentation du nombre de VCA, les autorités routières peuvent s'attendre à être touchées par ces technologies qui présenteront de nouveaux avantages et créeront de nouvelles attentes en matière de prestation de service, en plus de changer potentiellement l'affectation des ressources. Les autorités routières devront en même temps continuer d'exploiter et de maintenir les systèmes en place dont le cycle de vie peut atteindre plusieurs décennies.

L'adoption de ces technologies perturbatrices exigera un ensemble de compétences très différentes des compétences demandées pour soutenir les systèmes existants. La recherche menée par Gringas (2016) indique que les VCA entraîneront des changements pour une bonne proportion d'emplois qui passeront des domaines liés aux matériaux, à la mécanique et à la fabrication vers des services liés au matériel informatique, aux logiciels et à la technologie de l'information (TI). En outre, le Conseil des ministres responsables des transports et de la sécurité routière du Canada (2019) indique que « [e]n se préparant aux [VCA], les gouvernements devront repenser les formes traditionnelles de mobilité et d'urbanisme. Nous devons surveiller les répercussions possibles des technologies des [VCA] pour nous aider à planifier à long terme. Le fait d'être proactifs aidera les gouvernements à contribuer à la préparation du domaine public aux promesses des [VCA]. »

Comme de nombreuses technologies perturbatrices sortent du domaine traditionnel de l'ingénierie des transports, les autorités routières responsables de la planification, de l'évaluation, de l'intégration, de la gestion et du déploiement de ces technologies feront face à d'importants défis à moins de se doter d'un personnel hautement qualifié (PHQ) qui peut évoluer au sein de ce nouvel écosystème et qui possède les connaissances requises pour comprendre les répercussions des vulnérabilités et de la cybersécurité tout en travaillant avec l'équipement d'anciennes générations mis à niveau et devenu connecté. Les autorités routières devront jouer un rôle actif afin de favoriser une pépinière de talents hautement qualifiés, en collaborant possiblement avec les établissements d'enseignement ou en mettant en place des approches novatrices en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre.

## 1.2 Objectifs et portée

Ce projet a été lancé afin de comprendre les lacunes en matière de compétences auxquelles font face les autorités routières avec les avancées rapides des technologies de connectivité, d'automatisation, d'intelligence artificielle (IA) et de détection qui continuent d'imprégner les systèmes de transport. Le but était de proposer des programmes de formation et des programmes d'études que les parties prenantes du Canada pourraient mettre en place au cours des années à venir afin de combler ces lacunes.

Le projet a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- Définir et expliquer les grandes tendances en matière de technologie et de mobilité qui toucheront les autorités routières au cours des 20 prochaines années, afin de fournir un contexte pour l'analyse des lacunes en matière de compétences.
- Décrire et évaluer les ensembles de compétences du PHQ dont auront besoin les autorités routières dans le cadre des futurs systèmes d'infrastructures routières, et déterminer si ces compétences représentent une amélioration progressive des catégories d'emplois existantes ou si elles nécessitent la création de nouvelles catégories d'emplois ou de nouveaux groupes de personnel.
- Examiner des études fiables de réputation mondiale afin de repérer les possibilités liées au développement des compétences du PHQ qui permettraient au Canada de devenir un chef de file dans la fourniture d'un système de transport sûr, efficace et respectueux de l'environnement dans un monde de VCA.
- Dresser la liste des programmes d'études universitaires et collégiales et des programmes de formation professionnelle en lien avec les compétences nécessaires au PHQ au Canada, afin de relever les lacunes et d'évaluer dans quelle mesure le Canada peut développer ces talents sur son propre territoire.
- Examiner comment les autorités compétentes au Canada et à l'étranger ont abordé les lacunes en matière de compétences (p. ex., en instaurant des programmes de formation, une collaboration avec les universités, ou des stratégies de recrutement et de maintien en poste des effectifs), et quelles leçons peut-on tirer de leurs efforts pour relever les défis relatifs au PHQ issus des technologies perturbatrices dans d'autres secteurs (p. ex., numérisation du gouvernement, services en ligne).
- Recommander des mesures à prendre à court terme (5 ans), à moyen terme (10 ans) et à long terme (20 ans) afin de combler les lacunes en matière de compétences au Canada, en mettant un accent particulier sur le développement des talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant, et le recrutement et le maintien en poste des effectifs.

Même si les autorités routières travaillent à la révision de nombreux aspects importants du recrutement, de la formation, de la diversification et du maintien en poste du personnel, la présente étude a porté uniquement sur les lacunes actuelles et anticipées en matière de compétences techniques relativement aux innovations et aux nouvelles technologies qui devraient toucher les agences de transport dans les services offerts suivants : la planification, la conception, la construction, l'exploitation, l'entretien et la gestion.

## 1.3 Approche

### Analyse documentaire

Une analyse détaillée de la documentation nationale et internationale portant sur les futures technologies de transport, les défis et les possibilités du perfectionnement de la main-d'œuvre, les compétences de base du PHQ et la formation de la main-d'œuvre a été menée. L'analyse portait sur des documents du domaine de l'ingénierie tels que périodiques, revues, articles et textes facilement accessibles, actes de congrès, rapports de recherche, livres, rapports de gouvernement et de l'industrie.

L'analyse documentaire a permis de dresser une liste de 123 publications qui traitaient des points à l'étude dans le présent projet et, après un examen plus approfondi de ces documents, 75 ont été considérés comme s'appliquant spécifiquement au projet. Les résultats de l'analyse documentaire sont présentés au chapitre 2.

## Mobilisation des parties prenantes

La mobilisation des parties prenantes constituait un élément important du projet, avec la participation de représentants d'autorités routières, d'universités, d'associations professionnelles et d'entreprises technologiques.

Le processus de mobilisation avait pour but de contribuer à ce qui suit :

- Description et évaluation des besoins futurs des autorités routières en matière de compétences du PHQ.
- Liste des programmes d'études universitaires et collégiales et des programmes de formation professionnelle en lien avec les compétences nécessaires au PHQ au Canada, afin de relever les lacunes et d'évaluer dans quelle mesure le Canada peut développer ces talents sur son propre territoire.
- Examen des autorités compétentes au Canada et à l'étranger afin de savoir comment elles ont abordé les lacunes en matière de compétences, et quelles leçons peut-on tirer de leurs efforts pour relever les défis relatifs au PHQ issus des technologies perturbatrices dans d'autres secteurs.
- Relevé des possibilités existantes pour que les autorités routières puissent combler les lacunes en matière de compétences et répondre aux défis relatifs au PHQ issus des technologies perturbatrices dans d'autres secteurs.

Le chapitre 3 du rapport fournit une description détaillée du processus de mobilisation pour chacun des groupes d'intervenants.

## 1.4 Structure du rapport

**Le chapitre 2 présente les résultats de l'analyse documentaire.** Il traite de l'avenir des technologies de transport, en portant plus particulièrement sur les développements attendus dans les 20 prochaines années et sur les compétences fondamentales associées dans une ère marquée par les technologies perturbatrices. Le chapitre examine ensuite les défis et les possibilités que présente le perfectionnement de la main-d'œuvre pour les autorités routières. Dans ce chapitre, chaque section débute par un aperçu des résultats, suivi des détails de l'analyse documentaire portant sur le sujet traité.

**Le chapitre 3 présente les détails associés au processus de mobilisation des parties prenantes.** Quatre groupes d'intervenants ont participé à ce projet : autorités routières, universitaires, associations professionnelles et entreprises technologiques. Pour chaque groupe d'intervenants, le chapitre donne une description de la démarche de mobilisation et les résultats clés relatifs aux objectifs du groupe concerné.

**Le chapitre 4 résume les conclusions d'une analyse des lacunes** reposant sur l'information obtenue lors du processus de mobilisation des parties prenantes et de l'analyse documentaire. Le chapitre traite des

questions suivantes : (1) déterminer si les ensembles de compétences requises par les autorités routières représentent une amélioration progressive des catégories d'emplois existantes ou s'ils nécessitent la création de nouvelles catégories d'emplois ou de nouveaux groupes d'emplois; (2) déterminer les types de programmes d'études et de programmes de formation professionnelle nécessaires, qui pourraient être mis en place par des intervenants canadiens au cours des prochaines années; (3) cerner les problèmes qui empêcheraient le Canada de développer des talents hautement qualifiés sur son propre territoire, et définir les possibilités connexes qui permettraient de surmonter ces problèmes; et (4) cerner les problèmes relatifs au développement des compétences du PHQ qui pourraient empêcher le Canada de devenir un chef de file dans le perfectionnement de la main-d'œuvre en vue d'un avenir marqué par les technologies perturbatrices, et définir les possibilités connexes.

**Le chapitre 5 recommande des mesures à prendre** à court terme (5 ans), à moyen terme (10 ans) et à long terme (20 ans) afin de combler les lacunes en matière de compétences au Canada, en mettant un accent particulier sur le développement des talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant, ainsi que le recrutement et le maintien en poste des effectifs.

Il convient de noter que ce rapport s'accompagne de deux **annexes techniques dans un document distinct** (disponible en anglais seulement) : l'annexe A présente en détail l'analyse documentaire dont il est question au chapitre 2, et l'annexe B présente en détail le processus de mobilisation des autorités routières dont il est question au chapitre 3.

## 2. Analyse documentaire

Le présent chapitre expose les points saillants de l'analyse documentaire. Il traite des activités de formation du PHQ au pays et à l'étranger; de l'avenir des technologies de transport, en mettant l'accent sur les développements attendus au cours des 20 prochaines années et sur les compétences fondamentales associées dans une ère marquée par les technologies perturbatrices; ainsi que des défis et des possibilités que présente le perfectionnement de la main-d'œuvre pour les autorités routières. Tous les détails de l'analyse documentaire se trouvent dans les annexes du projet (publiées dans un document distinct, qui disponible en anglais seulement).

### 2.1 Formation du personnel hautement qualifié

S'appuyer sur une main-d'œuvre qualifiée est la clé pour offrir des services de transport efficaces au Canada. En raison de la nature multidisciplinaire des transports, cette main-d'œuvre se compose de personnes possédant une formation qui va au-delà du génie des transports et de la planification. Pour mettre en place des systèmes de transport efficaces, il faut au minimum des études dans les domaines suivants : génie civil, génie électrique, génie géomatique, génie mécanique, informatique, design de l'environnement, statistiques, économie, logistique en transport, planification des transports, et autres.

Avec l'accroissement des changements technologiques, la croissance de l'innovation et les attentes du public relativement à la mobilité, la formation du personnel hautement qualifié est devenue plus importante que jamais. Le défi consistera à s'assurer que la formation des nouvelles personnes diplômées répondra aux exigences futures des systèmes de transport fonctionnant dans un monde de technologies perturbatrices.

Un sondage mené auprès d'établissements postsecondaires et de professeurs/chercheurs universitaires du domaine des transports au Canada (ATC, 2020) a permis de constater ce qui suit, sur la base des 64 réponses reçues :

- Le sujet le plus couramment enseigné dans les programmes de transport est la planification des transports (55 %). Dans les sujets qui touchent les technologies perturbatrices, l'analyse de données est enseignée par 52 % des répondants du sondage, suivie des STI (38 %), des VCA (22 %), de la MaaS (13 %) et des véhicules à zéro émission (8 %).
- L'analyse de données a aussi été désignée par 55 % des répondants comme un domaine de recherche d'importance. Dans les autres domaines, 47 % des universitaires disent faire de la recherche en STI, 38 % affirment étudier les VCA et 17 % ont rapporté mener des recherches sur la MaaS et un pourcentage égal sur les véhicules à zéro émission.
- Au premier cycle universitaire, la plupart des tronc communs comportent des cours sur des sujets classiques en transport, comme le génie de la circulation, la planification des transports, le transport collectif, l'aménagement urbain et autres. C'est dans le cadre de ces cours que le contenu de sujets liés aux technologies perturbatrices est enseigné. Cela signifie que même si les universitaires ont rapporté enseigner ce contenu, ils ne le font pas nécessairement dans le cadre de cours complets sur le sujet, mais plutôt de certaines parties de cours du tronc

commun. On pourrait dire la même chose des cours au choix de nature technique au premier cycle.

- Aux cycles supérieurs, il est plus courant de voir des cours très spécialisés portant sur des technologies avancées. Citons par exemple les cours suivants, qui sont donnés dans diverses universités au pays aux cycles supérieurs :
  - Modélisation avancée de données SIG
  - Système de positionnement avancé par satellite
  - Applications informatiques en génie de la circulation
  - Applications informatiques en génie des transports
  - Modélisation et simulation des systèmes à événements discrets
  - Systèmes de transport intelligents
  - Analyse de données spatiotemporelles

La formation du PHQ devenant de plus en plus importante, plusieurs initiatives visant à améliorer cette formation ont été mises en œuvre au Canada et à l'étranger. Les sections suivantes fournissent de l'information sur les activités au pays et ailleurs dans le monde ayant trait à la formation du PHQ en vue d'un avenir marqué par les technologies perturbatrices.

### 2.1.1 Initiatives en matière de formation au Canada

#### Initiatives nationales

À l'échelle nationale, la formation professionnelle est financée par Emploi et Développement social Canada (EDSC) par l'intermédiaire d'ententes sur le perfectionnement de la main-d'œuvre conclues avec chaque province et territoire. Le ministère, guidé par le Conseil des Compétences futures, a déterminé les domaines prioritaires en matière de développement des compétences associées aux VCA, notamment l'IA, la cybersécurité et la science des données. Le ministère finance le Centre des Compétences futures qui octroie des fonds à divers programmes de formation, y compris pour le perfectionnement de groupes vulnérables de la population dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM) (programmes « Les compétences de base et l'intervention rapide » et « Compétences STIM et état d'esprit innovant pour la jeunesse »). Le Centre finance également le programme FUSION, un réseau d'innovation sur les compétences futures qui regroupe six universités du Canada dans le but d'aider à combler l'écart entre ce qui est enseigné actuellement et les compétences requises pour la main-d'œuvre en STIM. Des programmes plus ciblés sont également financés par le Centre, tels que le programme « Perfectionnement des compétences des jeunes Canadiens et Canadiennes pour des carrières recherchées dans les technologies » qui, grâce au programme d'analyste débutant en technologies de l'information de NPower Canada, a permis à de jeunes adultes à faible revenu d'horizons divers de se lancer dans une carrière en TI en leur offrant une formation gratuite axée sur des compétences professionnelles et techniques, un placement direct sur le marché du travail ainsi que cinq ans de services après embauche comprenant notamment du mentorat et du perfectionnement favorisant l'avancement professionnel.

Par l'entremise de ses programmes, le Centre élabore des ressources avec l'aide de partenaires publics et privés visant à faciliter l'adoption accélérée des technologies numériques au Canada (programme « Systèmes intelligents et technologies numériques pour une nouvelle ère »). Plusieurs programmes liés au perfectionnement de la main-d'œuvre existante ont également été mis sur pied pour les industries touchées par les technologies perturbatrices, comme la fabrication (programme « La micro-usine

autonome », l'aviation (programme « Viser plus haut : Formation à la délivrance de microcrédits dans l'aéronautique et l'aérospatiale »), le camionnage (programme d'amélioration des compétences pour l'industrie du camionnage) et l'informatique (programme « Des données aux décisions : formation en IA et certification professionnelle »). Par ailleurs, le Centre octroie des fonds à d'autres programmes dans les domaines des STIM afin d'améliorer la participation de groupes vulnérables de la population tels que les immigrants (programme « Le réseau de résilience en matière d'emploi pour les nouveaux arrivants de Terre-Neuve »), les personnes habitant des régions rurales ou éloignées (Pôle de compétences North Coast) et les jeunes sans emploi ou sous-employés (programme « Les bâtisseurs de la cité du futur »).

La recherche sur la formation aux VCA bénéficie également d'un financement provenant du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) offert à diverses universités au Canada, dont l'Université de la Colombie-Britannique et l'Université Carleton. Le Conseil finance également le programme TrustCAV visant à instaurer la confiance dans les véhicules connectés et autonomes en attirant, en maintenant en poste et en formant de futurs leaders canadiens dans le domaine des VCA. Le CRSNG s'attaque de plus aux défis technologiques et sociétaux associés aux VCA par la collaboration entre le secteur public, le milieu universitaire (p. ex., l'Université Carleton, l'Université de Waterloo, l'Université d'Ottawa, l'Université Queen's et l'Université de Windsor) et des chefs de file de l'industrie (p. ex., BlackBerry, Nokia, Cohort Systems, Ericsson et Solana Networks).

Le gouvernement fédéral canadien fournit également du financement et de la recherche sur les compétences de la main-d'œuvre et la formation connexe par l'entremise de Transports Canada. La Passerelle des véhicules automatisés et connectés est une plateforme en ligne de Transports Canada qui vise à établir un réseau de professionnels au sein du gouvernement fédéral et au-delà pour échanger des renseignements et établir des contacts avec des experts en la matière dans les communautés fonctionnelles. Transports Canada a aussi lancé un Programme de promotion de la connectivité et de l'automatisation du système de transport (PCAST) en vue de préparer le Canada à un usage élargi des véhicules connectés et automatisés sur nos routes. Dans le cadre de ce programme, Transports Canada a octroyé des fonds à la Ville de Saskatoon afin de soutenir le renforcement des capacités en matière de véhicules connectés et automatisés. De plus, le programme PCAST joue un rôle directeur dans l'élaboration d'outils, de documents d'orientation et de formation en cybersécurité pour les systèmes d'infrastructures routières à travers le Canada.

Le gouvernement fédéral finance par ailleurs la recherche en commercialisation de l'IA, guidé par le Groupe de travail sur la commercialisation de l'intelligence artificielle (IA). En outre, le Carrefour de l'apprentissage (CA) du Centre canadien pour la cybersécurité offre une formation aux professionnels et aux décideurs de niveau intermédiaire ou supérieur sur l'application de solutions de cybersécurité dans leurs systèmes d'ingénierie des transports et systèmes administratifs.

## Initiatives provinciales

Certaines provinces canadiennes, comme l'Ontario, ont mis en place des mesures pour renforcer leur main-d'œuvre du secteur des transports en élaborant et en mettant en œuvre des plans de formation du PHQ à l'échelon provincial. Le rapport *Piloter la prospérité : L'avenir du secteur automobile de l'Ontario* met l'accent sur la nécessité de se doter d'un système plus moderne en matière d'apprentissage des métiers spécialisés par la mise en place d'initiatives telles qu'un microprogramme pilote d'attestations dans les métiers spécialisés et dans les technologies et une modernisation de la formation d'apprentis. Le rapport met aussi en lumière la nécessité de favoriser une augmentation du nombre de diplômés des STIM ayant une compréhension des technologies perturbatrices, en particulier

l'IA, par des initiatives d'aide au réemploi pour les travailleurs du secteur de l'automobile, la mise sur pied de systèmes d'apprentissage en ligne et la création d'occasions de stages et de bourses de recherche dans l'industrie. La province finance également l'initiative du Réseau d'innovation pour les véhicules autonomes (RIVA), qui soutient la commercialisation des meilleures solutions de leur catégorie, conçues en Ontario, et aide les systèmes de transport ontariens à s'adapter aux technologies émergentes. Un des aspects clés de cette initiative est le programme de développement des talents, qui offre un financement afin de permettre aux étudiants et aux récents diplômés des collèges et des universités de l'Ontario de vivre une expérience concrète dans l'industrie, où ils peuvent mettre en pratique leur savoir-faire, leurs connaissances de pointe et leurs outils pour résoudre les problèmes de l'industrie liés aux technologies des VC/VA. Des groupes provinciaux de perfectionnement de la main-d'œuvre, comme la Commission de formation de l'Est ontarien, offrent également des formations et des cours de perfectionnement et de recyclage des compétences dans le domaine des technologies numériques.

Reconnaissant la nécessité d'investir dans les compétences en cybersécurité, la province de la Nouvelle-Écosse a investi dans quatre universités en vue d'améliorer et d'élargir leurs programmes en informatique dans l'optique d'accroître le futur bassin de talents dans la province.

### **Établissements d'enseignement**

Plusieurs universités canadiennes, en partenariat avec des partenaires publics, privés et des ONG, ont élaboré des programmes de perfectionnement et de recyclage des compétences pour des secteurs spécifiques en transport, comme le programme de formation en entretien des véhicules électriques (VÉ) de l'Institut de technologie de la Colombie-Britannique (BCIT), financé par CleanBC, qui vise à aider les techniciens automobiles à acquérir les compétences nécessaires pour travailler sur les VÉ dans les centres de service de la province. La division sur les solutions de formation en entreprise (Corporate Training Solutions Division) de l'Institut de technologie du sud de l'Alberta, en collaboration avec l'organisme Alberta IoT, a créé un programme intensif conçu pour aider les dirigeants d'entreprises technologiques déjà établies à accroître leurs activités et à accélérer leur croissance en incorporant la technologie de l'Internet des objets (IdO). L'Institut de technologie du sud de l'Alberta héberge le DX Talent Hub qui, par ses programmes, offre un cadre et une formation de base pour aider les individus et les organisations à surmonter les difficultés associées au monde numérique pour le comprendre, puis commencer à y naviguer et y exceller.

L'Université de Windsor, en Ontario, a lancé le Centre d'excellence en cybersécurité automobile SHIELD afin de favoriser le développement de compétences, d'innovations et de politiques visant à sécuriser et à protéger les véhicules connectés et autonomes. L'Association des fabricants de pièces d'automobile du Canada et SHIELD collaboreront en vue de mettre au point des technologies de cybersécurité basées sur le marché, qui répondront aux besoins des fabricants et des consommateurs de systèmes de transport avancés. Actuellement, il y a 125 programmes en cybersécurité ou liés à la cybersécurité offerts par 61 établissements postsecondaires canadiens et régulièrement mis à jour dans le Réseau intégré sur la cybersécurité.

### **Collaboration entre les secteurs public et privé**

Une collaboration accrue entre le secteur public, le secteur privé et les ONG a permis de mettre sur pied plusieurs activités et programmes de recherche sur le développement des compétences en transport. En collaboration avec le gouvernement fédéral, Microsoft Inc. offre un programme de formation dans

20 écoles de six provinces du Canada, permettant à plus d'élèves de terminer leurs études avec un diplôme dans des domaines en demande comme l'analyse de données, l'IA et l'infonuagique. Mitacs, un organisme canadien sans but lucratif qui travaille avec 70 universités et les gouvernements provinciaux et fédéral afin d'offrir des programmes de formation et de recherche, vise à établir un pont entre l'industrie et les établissements postsecondaires. En 2019, le fournisseur de cours en ligne Coursera a créé un partenariat avec l'Université de Toronto pour offrir un cours portant notamment sur les technologies liées aux VA, qui traite entre autres de LIDAR, logiciels, planification de mouvement, gestion des intersections et sécurité.

Les occasions de financement pour de la formation professionnelle sont en constante évolution au Canada. Mentor Works, un organisme canadien, offre une plateforme qui permet d'obtenir de l'information en temps réel sur les subventions et les possibilités de financement disponibles que l'on peut filtrer par secteur d'activités et par sujet d'intérêt.

## 2.1.2 Initiatives en matière de formation aux États-Unis

### Initiatives gouvernementales

Le gouvernement des États-Unis investit dans la formation professionnelle en transports par l'intermédiaire de divers départements et programmes, parfois en collaboration avec les universités d'État. Le réseau national de la main-d'œuvre en transport, le NNTW, finance le programme appelé National Transportation Career Pathways Initiative qui établit un ensemble de cinq parcours professionnels axés sur les transports. Ce programme vise à être déployé dans des établissements d'enseignement postsecondaire et de formation professionnelle à l'échelle du pays afin de contribuer à créer une pépinière de travailleurs tournés vers l'avenir et mordus de technologie, dans le but d'amener les étudiants et les personnes qui cherchent un emploi à s'intéresser aux emplois critiques dans le secteur du transport routier. Au sein du Département des Transports (DOT) américain, le centre de développement de la main-d'œuvre du secteur des transports offre leadership, coordination et assistance à l'échelle nationale en appui aux initiatives visant à accroître les compétences de la main-d'œuvre de ce secteur dans les domaines des STIM. Le pays vise également à offrir des programmes de formation professionnelle et technique à l'intention des jeunes et des adultes en vertu de la loi intitulée *Strengthening Career and Technical Education for the 21st Century Act*, dans le cadre de programmes de transition études-emploi (Career Pathways System) et de programmes de formation en cybersécurité (CTE CyberNet).

Le gouvernement fédéral américain finance également des programmes et des établissements liés aux transports qui offrent des programmes de perfectionnement et de recyclage des compétences dans une ère marquée par les technologies perturbatrices. Les compétences visées par ces programmes comprennent :

- Compétences générales (programme de gestion pour cadres de l'Operations Academy)
- Exploitation et gestion des systèmes de transport (Université d'ITS Heartland et le National Operations Center of Excellence)
- Entretien et exploitation des routes (Regional Operations Forums)
- Perfectionnement des compétences techniques (National Highway Institute et le centre de développement de la main-d'œuvre du secteur des transports du DOT des États-Unis)

## Établissements d'enseignement

Plusieurs universités aux États-Unis offrent des programmes de formation et des initiatives de développement des compétences. Le Pacific Northwest Transportation Consortium (PacTrans), un consortium en transport réunissant les universités de Washington, de l'Idaho, de l'Oregon et de l'Alaska, a mis sur pied un institut de perfectionnement de la main-d'œuvre (WDI) à l'Université de Washington, où l'on offre des cours de formation de courte durée à l'intention des employés des autorités de transport ainsi que des étudiants et des professionnels à la recherche d'un emploi en ingénierie des transports. L'Université George Mason (GMU) à Fairfax, en Virginie, offre depuis plusieurs décennies une formation et de la recherche en cybersécurité, y compris une formation sur les VA et les infrastructures. En Arizona, le Pima Community College à Tucson a lancé en 2019 le tout premier programme de certification en conduite autonome à l'intention des camionneurs, en partenariat avec TuSimple, une entreprise de camions automatisés. De plus, le Center for Advanced Infrastructure and Transportation (CAIT) de Rutgers travaille actuellement à l'organisation d'une formation sur la cybersécurité des infrastructures et la préparation aux situations d'urgence.

Une collaboration accrue entre le secteur public, les chefs de file de l'industrie, les établissements d'enseignement, les organisations professionnelles et les ONG a permis d'élargir la formation intersectorielle dans le secteur des transports. Les organisations professionnelles, comme le Consortium for Innovative Transportation Education (CITE), le programme ITS Professional Capacity Building, l'American Society of Civil Engineers, la Connected Vehicle Trade Association (CVTA), le Small Urban and Rural Center on Mobility et l'Eno Center for Transportation, offrent des formations pertinentes sur les technologies perturbatrices et les ensembles de compétences requises pour planifier, mettre en œuvre et gérer ces technologies. À l'Université du sud de la Floride, le centre du Local Technical Assistance Program (LTAP) fait partie d'une initiative nationale visant le transfert de technologie en transport par la formation, l'assistance technique et d'autres services à la clientèle offerts aux gouvernements locaux et aux organisations de planification métropolitaine. Le Florida Transportation Technology Transfer (T2) Center fait partie du Transportation Institute de l'Université de la Floride (UFTI) et offre de la formation et du perfectionnement de la main-d'œuvre, de l'assistance technique et des services de transfert technologique aux partenaires nationaux, étatiques et locaux en transport et en sécurité ainsi qu'à la population. Le Transit Training Network (TTN) est un réseau qui fait partie d'un effort réunissant toute l'industrie en vue de renforcer les programmes de formation sur le transport collectif. Ce réseau relève du Transportation Learning Center et offre une plateforme pour que les membres d'un comité sur la formation en entreprise et les professionnels locaux de la formation puissent examiner les plus récentes normes de l'industrie en matière de formation, partager et évaluer des didacticiels et mener des discussions interactives avec des pairs sur des sujets ayant trait à la formation.

### 2.1.3 Initiatives en matière de formation au Royaume-Uni

#### Initiatives gouvernementales

Le gouvernement du Royaume-Uni a mis sur pied plusieurs programmes et initiatives par l'entremise de ses départements de transports en vue de favoriser le perfectionnement et le recyclage des compétences de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports, laquelle subit les répercussions des nouvelles technologies perturbatrices. Parmi les programmes et initiatives, on compte :

- La National Training Academy for Rail (NTAR) est un projet conjoint entre la National Skills Academy for Rail (NSAR), le Department for Business, Innovation and Skills (BIS) et le Department for Transport (DfT), auxquels s'ajoute le partenaire industriel Siemens. L'académie joue un rôle de chef de file dans les nouveaux programmes de développement des compétences du domaine ferroviaire menés par la NSAR, travaillant avec l'industrie afin de s'assurer de répondre aux priorités de ce secteur d'activités.
- Le programme de stages rémunérés dans le secteur ferroviaire, le Track and Train, est une initiative de Network Rail qui permet aux récents diplômés de bénéficier de trois stages de six mois chacun, un au sein de Network Rail et deux chez un opérateur de trains de passagers ou de fret ou une autre entreprise du secteur. Ces stages permettent aux récents diplômés d'acquérir l'expérience clé intersectorielle qui leur permettra de comprendre tous les aspects du domaine ferroviaire.
- Les programmes de recyclage des compétences comme le programme de retour au travail Tideway, organisé en partenariat avec l'organisme Women Returners, visent à aider les professionnelles à réintégrer le marché du travail après une pause dans leur carrière grâce au projet Tideway Tunnel. Open Reach est un autre programme de recyclage des compétences qui vise l'embauche d'anciens militaires au sein de British Telecommunications (BT), ces personnes constituant une main-d'œuvre unique, hautement spécialisée, très motivée, très productive et par conséquent hautement recherchée.
- Le National College for High Speed Rail (NCHSR), appuyé par l'entreprise HighSpeed2 Ltd, a pour objectif de former la prochaine génération d'ingénieurs du secteur ferroviaire et d'offrir du perfectionnement à la main-d'œuvre actuelle en vue de l'acquisition des compétences d'aujourd'hui et de l'avenir. Le NCHSR fonctionne selon un modèle de structure en étoile, formant des liens avec d'autres établissements d'enseignement et installations de formation de différents employeurs et créant ainsi un réseau de compétences ferroviaires partout au pays.

### Collaboration entre les secteurs public et privé

Le Royaume-Uni compte un nombre accru de partenariats entre le secteur public, le secteur privé, les établissements d'enseignement et les ONG visant le développement de la main-d'œuvre du secteur des transports. Le programme Knowledge Transfer Partnership (KTP) est une initiative d'Innovate UK qui permet de créer des liens entre des entreprises et une université dont un diplômé travaille à un projet spécialisé en particulier. Un autre programme, le Steps into Work, est un programme de 12 mois dans le cadre duquel de récents diplômés font trois stages dans des postes principalement situés dans les bureaux de Transport for London (TfL) en vue d'acquérir de l'expérience professionnelle tout en continuant leurs études postsecondaires. Une collaboration entre Unite, ScotRail et des syndicats locaux a permis la mise en place du programme Under the Union Learning, un programme d'apprentissage facilitant le cheminement scolaire pendant les études en génie grâce à des ateliers et à des formations courtes.

Des initiatives locales visant le perfectionnement et l'acquisition de compétences professionnelles existent aussi, comme le montre le partenariat entre le Northwest Rail Industry Leaders Group et Rail Forum East Midlands (RFM), qui réunit des entreprises afin de soutenir le secteur ferroviaire de la région.

On compte également des initiatives visant à remédier aux problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement, aux ressources humaines et aux achats. La Railway Industry Association a lancé le Value Improvement Program (VIP), une initiative qui a pour objectif d'augmenter l'efficacité et le rendement des chaînes d'approvisionnement dans les ateliers en améliorant la culture et les comportements au sein de l'organisation. L'équipe appelée Supplier Skills Team (SST) de Transport for London (TfL) travaille de concert avec les responsables de la chaîne d'approvisionnement pour résoudre le problème de pénurie de personnel qualifié dans les secteurs des transports et de l'ingénierie, en apportant du soutien aux fournisseurs afin que ceux-ci aient le bon personnel ayant les bonnes compétences pour mettre en œuvre le plan d'affaires de TfL. Depuis le lancement du projet en 2009, l'équipe SST a aidé les chaînes d'approvisionnement à créer plus de 4500 postes d'apprentis et à embaucher plus de 5000 personnes qui étaient sans emploi.

## 2.2 L'avenir de la technologie des transports

Les systèmes de transport subiront d'importants changements au cours des 20 prochaines années, et ces changements toucheront à tous les aspects du rôle des autorités routières dans le cadre de la planification, de la conception, de l'exploitation et de l'entretien des infrastructures de transport. Bien qu'il y ait encore de nombreuses inconnues relativement à la transition vers les VCA et autres technologies perturbatrices, une grande partie de la documentation analysée prévoit un certain niveau d'adoption de véhicules hautement automatisés d'ici 2040. À un niveau supérieur, l'écosystème des VCA comprend les appareils dotés de l'Internet des objets (IdO), les capacités de réseautage et la télématique. Selon la documentation examinée, les progrès technologiques clés relatifs aux VCA qui apparaîtront au cours des 20 prochaines années comprennent les suivants :

- *Caractéristiques des véhicules* – technologie avancée pour batteries et systèmes de transmission électriques
- *Informatique* – logiciel de contrôle en temps réel, systèmes anticollision, intelligence artificielle, apprentissage machine, réseaux neuronaux profonds, infodivertissement embarqué et cybersécurité
- *Systèmes anticollision* – systèmes de vision artificielle, radar à courte portée et à longue portée, détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR), photogrammétrie, enregistreurs de données routières et caméras de tableau de bord pour la reconstruction 3D de collisions
- *Systèmes de navigation* – localisation et cartographie simultanées (SLAM), matériel de VC pour mettre à niveau les véhicules non connectés
- *Connectivité des infrastructures de communication* – technologies sans fil comme la communication dédiée à courte distance (CDCD), réseaux cellulaires 5G, véhicule connecté à tout (C-V2X) et balises Bluetooth en bord de route

Dans l'avenir, on s'attend aussi à ce que les autorités routières fassent une transition progressive vers les « villes intelligentes » afin de prendre en charge le partage d'information entre les VA et les infrastructures routières. Citons par exemple le déploiement de capteurs en bord de route qui surveillent la circulation en temps réel et communiquent l'information directement aux VA, les aidant à prendre des décisions d'itinéraires sur la base des conditions de circulation en temps réel.

Cette transition s'accompagnera d'un besoin accru de collecte et de partage de données en temps réel à l'aide de diverses technologies et de l'application de mégadonnées à diverses fins telles que l'analyse de la sécurité, la mobilité, la gestion des actifs et autres.

Dans la perspective des autorités routières, un important défi aura trait à la cybersécurité. Les autorités routières devront établir des politiques indiquant les normes et les règlements relatifs aux tests et au déploiement des technologies, ainsi que des politiques sur l'accès aux données et le partage des données. On devra également investir dans des appareils opérationnels et des systèmes informatiques qui permettent une bonne intégration des nouvelles technologies au sein du réseau des infrastructures connectées d'une manière cybersécuritaire.

## 2.3 Compétences de base requises

Les technologies émergentes de l'écosystème des VCA auront des répercussions sur tous les aspects des systèmes de transport qui « couvrent un spectre technique aussi vaste que les disciplines de l'ingénierie qui constituent le fondement des technologies » (ICTC & CAVCOE, 2020). La plupart de ces répercussions potentielles sont importantes à considérer, car les autorités routières de partout au pays sont responsables à divers degrés des systèmes de transport et cela pourrait les toucher pour la réglementation, les politiques, la sécurité, la planification, la conception, la construction et l'entretien. On exclut toutefois la fabrication d'automobiles, l'entretien des automobiles et les conducteurs.

### Compétences nécessaires actuellement

À l'heure actuelle, les compétences suivantes sont requises pour les professions existantes qui font appel aux technologies perturbatrices au sein des autorités routières :

- Connaissances générales en programmation (p. ex., Java, Python, JavaScript)
- Développement de services infonuagiques
- Administration de bases de données infonuagiques (p. ex., SQL Server, MongoDB) sur une plateforme ou des services de données infonuagiques comme Azure et AWS
- Apprentissage machine
- Protocoles de messagerie (DDS, MQTT, AMQP, NTCIP, TMDD et divers ensembles de messages et de données SAE et IEEE)
- Connaissance du processus de développement des logiciels de la méthode Agile/Scrum
- Expérience des tests d'interactivité du matériel informatique de contrôle du bureau
- Expérience des outils d'automatisation et du scripting, tant pour les applications frontales que les interfaces de programmation d'applications (API)
- Analyse statistique avancée, traitement des signaux, conception de filtres, optimisation, identification de systèmes et estimation d'état
- Exploration de données, réseaux neuronaux et méthodes de classification par apprentissage supervisé/non supervisé

## Compétences nécessaires dans l'avenir

La mise en œuvre progressive des technologies perturbatrices provoquera un changement continu et une hausse des besoins en main-d'œuvre; avec la diffusion accrue de ces technologies, de nouvelles compétences deviendront nécessaires. Comme le souligne la documentation examinée, les gens qui travailleront avec les VCA et autres technologies perturbatrices dans l'avenir devront acquérir de plus amples connaissances dans les domaines techniques clés suivants :

- Programmation informatique
- Intelligence artificielle
- SIG, arpentage et géomatique
- Analyse, gestion, intégration, stockage et sécurité des mégadonnées
- Cybersécurité
- Nouvelles technologies en construction
- Systèmes de transport intelligents

De plus, l'avenir se traduira par une demande accrue de compétences non techniques telles que :

- Pensée critique
- Communication (verbale et écrite)
- Résolution de problèmes complexes
- Compréhension en lecture
- Prise de décision

Selon la documentation examinée, les principales professions qui deviendront nécessaires pour prendre en charge l'écosystème des VCA comprennent :

- Les ingénieurs civils qui, en plus de leur formation de base en génie des transports et en planification, devront posséder plus de connaissances en conception assistée par ordinateur (CAO), conception technique, inspection, gestion de la construction, Civil 3D et mathématiques.
- Les diplômés de niveau postsecondaire dans des professions liées aux technologies de l'information et des communications. Les diplômés peuvent se perfectionner tout au long de leur carrière pour suivre l'évolution des technologies.
- Les gestionnaires de la mobilité qui comprennent les besoins des fournisseurs de mobilité du secteur public, du secteur privé et des entreprises sociales ainsi que l'équilibre à établir entre eux. Ces gestionnaires aideront à établir des relations qui tiennent compte adéquatement de la propriété intellectuelle, du partage des données, de la sécurité des données et du respect de la vie privée. Une personne occupant ce poste de direction pourrait négocier avec les fournisseurs des contrats de mobilité privés qui protègent la sécurité et la commodité pour les citoyens.

Par ailleurs, l'écosystème des technologies perturbatrices produira une énorme quantité de données que les autorités routières devront gérer de façon efficace. Les professions et les compétences requises pour la gestion des données et de l'information, de la collecte à la prise de décision, sont les suivantes :

- *Agents de données en chef* – pour diriger l'organisation des données dans les autorités routières
- *Architectes logiciels en télématique* – pour créer des systèmes intégrés de surveillance de l'utilisation des données mobiles et des VA

- *Analystes de mégadonnées* – pour gérer l'énorme quantité de données et améliorer la pratique
- *Gestionnaires et administrateurs de données* – pour administrer les bases de données et les services de développement infonuagiques
- *Architectes d'intégration des bases de données* – pour gérer le stockage, le déplacement et l'analyse des données
- *Ingénieurs en logiciels, développeurs de logiciels, analystes en assurance de la qualité des logiciels et testeurs de logiciels* – pour créer et entretenir des programmes logiciels
- *Spécialistes en SIG, y compris des analystes, des programmeurs et des spécialistes en informatique décisionnelle* – pour créer et entretenir des systèmes de localisation géospatiale, un des principaux moyens de partager des données dans le cadre d'une collaboration de projet
- *Scientifiques et analystes des données* – pour les méthodes de classification par apprentissage supervisé/non supervisé, les analyses statistiques avancées, le traitement des signaux, la conception de filtres, l'optimisation, l'identification des systèmes et l'estimation d'état
- *Ingénieurs en apprentissage machine* – pour l'intelligence artificielle, l'exploration de données, l'apprentissage profond et les réseaux neuronaux
- *Programmeurs d'applications* – possédant de l'expérience avec les outils d'automatisation et le scriptage, pour les applications frontales et les interfaces de programmation d'applications (API)
- *Spécialistes en arpentage et en géomatique* – pour garantir un haut degré de précision au sol dans l'infrastructure routière de construction pour prendre en charge la navigation des VA
- *Architectes en cybersécurité* – pour créer des plans de gestion des risques liés à la cybersécurité; doivent posséder une expertise en sécurité des réseaux, en cryptographie, en architecture de systèmes et en sécurité de l'information
- *Ingénieurs en cybersécurité* – pour atténuer les vulnérabilités liées à la cybersécurité en gérant l'architecture de cybersécurité et le risque de système; doivent posséder des compétences en sécurité des réseaux filaires et sans fil et en sécurité de l'information, en programmation et en scriptage ainsi qu'une solide connaissance du contrôle d'accès, de l'authentification et de la cryptographie
- *Testeurs de vulnérabilités* – pour mener et documenter des tests de vulnérabilité; doivent posséder de l'expérience en évaluation de la vulnérabilité, en tests d'intrusion, en protocoles de réseau, en analyse de données, en gestion de données, en sécurité des données, en codage et scriptage, en contrôle d'accès, en protocoles d'authentification, en cryptographie, en détection des intrusions et en systèmes de prévention
- *Analystes d'incidents de cybersécurité* – pour surveiller la cybersécurité des technologies opérationnelles et des systèmes sur le terrain; doivent être capables d'intervenir en cas d'incident de cybersécurité, y compris en lançant le protocole d'intervention en cas d'incidents inclus dans le plan de gestion des risques, et doivent également avoir de l'expérience dans la détection des intrusions, les systèmes de prévention et les solutions de surveillance de la cybersécurité

## 2.4 Principaux défis et possibilités

Bon nombre de défis et de possibilités en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre ont été relevés dans la documentation analysée.

### Défis

- Manque de compréhension des postes techniques (p. ex., compétences techniques, nécessité de posséder ces compétences et attentes en matière de rémunération). Cela représente un problème lorsque les gestionnaires actuels ne connaissent pas bien l'analyse de données et les logiciels et ne comprennent pas la nécessité d'embaucher du personnel technique.
- L'embauche pour les postes techniques est assurée par les services des TI, qui n'ont pas les mêmes objectifs que les services des transports.
- Les postes techniques peuvent être affiliés à des syndicats différents de ceux des postes classiques en ingénierie ou en transports, ou ne sont parfois tout simplement pas affiliés à un syndicat.
- Les grandes bureaucraties ont besoin de temps pour mettre en œuvre des changements dans leurs processus de dotation en personnel.
- Coïncidant avec l'émergence des technologies perturbatrices, le départ à la retraite de la population active vieillissante cause un important changement démographique de la main-d'œuvre.
- Les changements technologiques rapides évoluent plus vite que la capacité des programmes d'enseignement classiques à offrir des matières toujours à jour.
- Les organismes publics ont de la difficulté à concurrencer le secteur privé en matière d'attraction de la main-d'œuvre pour des raisons de disparités salariales, d'avancement professionnel, de formation en cours d'emploi, d'horaires de travail flexibles, d'image de marque et promotion de l'employeur et des possibilités d'accomplissement personnel. Les organismes publics prennent plus de temps à adopter de nouvelles formes de participation professionnelle (p. ex., LinkedIn, Twitter, Facebook) qui sont devenues la norme pour attirer cette main-d'œuvre dynamique.

### Possibilités de partenariats

- Consulter régulièrement le gouvernement, les formateurs et les associations municipales pour demeurer au courant des questions concernant le perfectionnement de la main-d'œuvre technique.
- Établir une équipe de haut niveau formée de représentants d'organismes publics et de départements universitaires de génie civil, génie électrique, science des données et informatique afin d'élaborer de façon concertée un plan de mise à jour des programmes universitaires en transport et des programmes de perfectionnement de la main-d'œuvre dans les organismes.
- Travailler avec les collègues et les universités pour les aider à élaborer un programme d'études actualisé qui pourrait comprendre la réalisation d'un projet de fin d'études ou de recherche avec des organismes de planification régionaux et locaux en vue d'obtenir des crédits essentiels pour l'obtention du diplôme.

- Mettre sur pied des programmes ciblés de recyclage des compétences individuellement ou par l'entremise de partenariats public-privé.
- Transformer la culture de travail grâce à des carrefours d'innovation en entreprise, une collaboration avec des entreprises en démarrage et des programmes d'échange interentreprises.

### **Possibilités en matière de ressources humaines et d'embauche**

- Supprimer les obstacles à la mobilité des travailleurs, notamment les exigences en matière de délivrance de permis et de certification, qui ne sont pas liées à la sécurité publique.
- Créer des descriptions de postes personnalisées, des listes de compétences de base et des stratégies de recrutement pour les nouveaux postes liés aux technologies des VCA.
- Inclure le transfert de connaissances dans les projets afin que des consultants forment le personnel.
- Créer un nouveau modèle d'approvisionnement qui permet d'engager en temps opportun des entreprises de produits et de logiciels préapprouvées en tant que fournisseurs afin d'accomplir des tâches sur une base de commandes hebdomadaires plutôt que sur la base de demandes de propositions annuelles.
- Veiller à ce que les bons mots-clés soient utilisés dans les titres des nouveaux postes et à ce que les offres d'emplois apparaissent en tête des listes des moteurs de recherche.

### **Possibilités en matière de formation et de perfectionnement**

- Élaborer un programme de formation professionnelle ou de cheminement de carrière afin de fournir un niveau de service constant, qui comprendrait des occasions de formations nécessaires en encourageant le développement des compétences par l'agrément ou la certification.
- Élaborer des programmes de formation accrédités et cumulables pour soutenir les objectifs organisationnels de perfectionnement de la main-d'œuvre.
- Élaborer des modules de formation personnalisables qui comprennent des formations en ligne, des modules en salle de classe, des formations en cours d'emploi et des programmes de mentorat afin de répondre aux besoins de perfectionnement de l'industrie.
- Offrir des incitations et des ressources aux employés pour qu'ils suivent de la formation continue tout au long de leur carrière. Envisager de dresser une liste des compétences émergentes hautement utiles et des formations correspondantes que les employés peuvent suivre.
- Soutenir les programmes d'apprentissage qui associent une expérience de travail pratique à une formation et des cours théoriques.
- Intégrer des études techniques et des formations d'apprentis aux programmes d'études secondaires et collégiales.
- Créer ou adopter des taxonomies de compétences qui permettraient d'évaluer et de cartographier les compétences actuelles des employés en les comparant aux compétences qui seront essentielles pour l'organisation dans l'avenir.
- Lancer une académie des données qui offre des outils et des ateliers aux employés intéressés, dans le cadre desquels ils peuvent apprendre un large éventail de sujets sur l'analyse et la

visualisation des données. L'académie des données aurait pour effet de développer des relations fondées sur des outils de données communs mis au point par plusieurs services, ce qui améliorerait l'interopérabilité et la collaboration entre les services en matière d'analyse des données.

### **Possibilités en matière de promotion, de recrutement et de maintien en poste**

- Mieux faire connaître la valeur des travailleurs techniques qualifiés et la demande pour cette main-d'œuvre en collaboration avec le gouvernement, l'industrie, le secteur des métiers, les universités et les syndicats.
- Améliorer l'information sur le marché du travail concernant l'évolution rapide des besoins en travailleurs techniques qualifiés afin de s'assurer que le développement de la main-d'œuvre s'aligne sur les progrès technologiques.
- Sensibiliser les gestionnaires et les personnes chargées de la dotation en personnel sur le besoin de créer des postes en analyse de données et en logiciels.
- Attirer la main-d'œuvre grâce à une présence accrue dans les médias sociaux, à la quantification de l'ensemble des avantages sociaux, à l'instauration d'horaires de travail flexibles et du télétravail, à la clarification et la restructuration des promotions et des incitatifs reflétant le rendement des employés, et à des communications et des rétroactions accrues entre le personnel et la direction.
- Cibler des programmes de sensibilisation pour les élèves et les enseignants des écoles intermédiaires et secondaires, qui pourraient contribuer à faire connaître le secteur du transport routier. Il est important de faire participer les parents, car ils jouent un grand rôle en encourageant les enfants à poursuivre certaines carrières.
- Concentrer les efforts de recrutement sur d'autres secteurs d'activité présentant des ensembles de compétences similaires et transférables.
- Offrir des occasions de formation aux groupes de la population sous-employés issus de la collectivité locale.
- Favoriser les secondes carrières dans les transports pour les personnes retraitées.
- Promouvoir les carrières dans les transports et la technologie auprès d'un public jeune, notamment dans les écoles primaires et secondaires.

### 3. Mobilisation des parties prenantes

Ce chapitre présente le processus de mobilisation de quatre groupes clés de parties prenantes : les autorités routières, les universitaires, les associations professionnelles et le secteur de la technologie (voir le tableau 1). Pour chaque groupe de parties prenantes, le chapitre comprend une description de l'approche de mobilisation et les principales constatations.

**Tableau 1 : Mobilisation des parties prenantes**

Groupe de parties prenantes	Objectif de la mobilisation	Outil de mobilisation
<b>Autorités routières</b>	Comprendre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les compétences que le PHQ doit posséder pour planifier, concevoir, construire, gérer, entretenir et exploiter les infrastructures routières de demain;</li> <li>• les compétences actuelles;</li> <li>• comment les autorités routières canadiennes abordent les lacunes en matière de compétences (p. ex., par des programmes de formation, la collaboration universitaire ou le recrutement et le maintien en poste);</li> <li>• les leçons tirées des efforts déployés par les autorités pour répondre aux défis relatifs au PHQ découlant des technologies perturbatrices dans d'autres secteurs;</li> <li>• les défis et les possibilités en matière de développement des compétences du PHQ;</li> <li>• les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences entre la formation et la pratique.</li> </ul>	Groupes de discussion avec les petites municipalités, les municipalités moyennes, les grandes municipalités et les autorités routières provinciales
<b>Universitaires</b>	Déterminer et comprendre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les programmes de formation universitaire, collégiale et professionnelle;</li> <li>• les compétences actuelles dans les programmes universitaires;</li> <li>• la faisabilité du développement des talents à l'échelle nationale pour les besoins futurs des autorités routières;</li> </ul>	Sondage en ligne Communication par courriel Atelier virtuel

Groupe de parties prenantes	Objectif de la mobilisation	Outil de mobilisation
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les mesures particulières à prendre pour améliorer la formation du PHQ;</li> <li>• les défis et les possibilités en matière de développement des compétences du PHQ;</li> <li>• les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences entre la formation et la pratique.</li> </ul>	
<b>Associations professionnelles</b>	Comprendre : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les principales tendances en matière de technologie et de mobilité qui auront une incidence sur les autorités routières au cours des 20 prochaines années;</li> <li>• les compétences de base requises pour un avenir marqué par les technologies perturbatrices dans le secteur des transports;</li> <li>• les besoins de perfectionnement de la main-d'œuvre des autorités de transport au cours des 20 prochaines années;</li> <li>• les lacunes en matière de compétences relatives à la technologie des VCA émergente.</li> </ul>	Sondage en ligne
<b>Secteur de la technologie</b>	Obtenir de l'information sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les principales tendances en matière de technologie qui devraient avoir une incidence sur les autorités routières au cours des 20 prochaines années;</li> <li>• les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences résultant des technologies perturbatrices (leçons tirées d'autres secteurs);</li> <li>• les possibilités de développement des compétences du PHQ qui pourraient permettre au Canada de devenir un chef de file en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre dans une ère marquée par les technologies perturbatrices.</li> </ul>	Entrevues téléphoniques

## 3.1 Autorités routières

La mobilisation avec les autorités routières a comporté quatre séances de groupes de discussion auxquelles ont participé 25 organisations et 122 personnes (voir le tableau 2) :

- Grandes municipalités (10 mars 2021)
- Moyennes municipalités (11 mars 2021)
- Petites municipalités (16 mars 2021)
- Autorités provinciales (17 mars 2021)

Cette mobilisation visait à mieux comprendre les besoins des autorités routières canadiennes en matière de PHQ. Les municipalités invitées à participer aux groupes de discussion ont été sélectionnées de manière à assurer non seulement une couverture géographique égale, mais aussi la représentation des petites, moyennes et grandes municipalités, des autorités routières provinciales, des communautés des Premières Nations et des autorités de transport multimodal.

Les sujets suivants ont été abordés lors de chaque séance :

- Les compétences que le PHQ doit posséder pour planifier, concevoir, construire, gérer, entretenir et exploiter les futures infrastructures routières, en particulier à l'ère des technologies perturbatrice
- Les compétences actuellement disponibles dans les différentes autorités
- La manière dont les différentes autorités abordent les lacunes en matière de compétences
- Les défis et les possibilités en matière de développement des compétences du PHQ
- Les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences entre la formation et la pratique
- L'approvisionnement
- Le niveau de préparation pour une ère de technologies perturbatrices pleinement déployées
- Les plans pour s'adapter aux technologies perturbatrices à venir
- L'approche du Canada pour devenir un chef de file en matière de perfectionnement du PHQ

Chaque séance a débuté par une présentation de 20 minutes sur le sujet, suivie de séances en petits groupes de 90 minutes pour chacun des aspects (planification et conception, exploitation et gestion, et entretien et construction).

Les résumés de chaque séance en petits groupes sont inclus dans les annexes du projet (publiées dans un document distinct, qui disponible en anglais seulement). Cette section présente les principales conclusions de la mobilisation avec les autorités routières sur chaque sujet.

### 3.1.1 Compétences actuelles

Chaque groupe d'autorités routières a convenu que leur main-d'œuvre actuelle possédait une partie ou plusieurs des compétences nécessaires pour effectuer leur travail. Cependant, il existe des différences marquées dans la nature des lacunes en matière de compétences entre les grandes municipalités et les autres autorités compétentes. Bien que les grandes municipalités semblent disposer de suffisamment de personnel pour fournir des services, d'autres autorités ont du mal avec les niveaux de dotation. En

conséquence, les grandes municipalités souffrent de lacunes en matière de compétences résultant du type de connaissances techniques de leur main-d'œuvre, tandis que dans le cas d'autres autorités, les lacunes en matière de compétences résultent d'un manque de ressources humaines.

**Tableau 2 : Autorités participant aux groupes de discussion**

<b>Grandes municipalités</b>	Ville de Vancouver TransLink Ville de Calgary Ville d'Edmonton Ville de Toronto Ville d'Ottawa	<b>Autorités provinciales</b>	Ministère des Transports de l'Alberta Ministère des Transports et de l'Infrastructure de la Colombie-Britannique Ministère de l'Infrastructure du Manitoba Ministère des Transports de l'Ontario Ministère des Transports du Québec Ministère des Transports et de l'Infrastructure du Nouveau-Brunswick Ministère des Transports et de l'Infrastructure de Terre-Neuve-et-Labrador Ministère de l'Infrastructure des Territoires du Nord-Ouest Ministère des Travaux publics de la Nouvelle-Écosse Saskatchewan Highways
<b>Moyennes municipalités</b>	Ville de Winnipeg Ville de London Ville de Hamilton Région de Waterloo Municipalité régionale de Halifax		
<b>Petites municipalités</b>	Ville de Victoria Ville de Lethbridge Ville de Fredericton		

Indépendamment de la raison des lacunes en matière de compétences et de l'ampleur de ces lacunes, toutes les autorités ont connu un changement graduel dans les types de compétences nécessaires pour la prestation de services. Ainsi, les lacunes suivantes en matière de compétences ont été relevées par toutes les autorités :

- *Analyse de données* – Les autorités constatent qu'elles doivent de plus en plus gérer de grandes quantités de données, et les compétences nécessaires sont parfois manquantes. Même si de nombreux professionnels peuvent manipuler les données à l'aide de feuilles de calcul, une fois que les ensembles de données atteignent une certaine taille, les besoins d'analyse de mégadonnées, de codage et d'autres se font sentir.
- *Programmation informatique* – De plus en plus, la capacité d'écrire du code devient une compétence aussi nécessaire que le traitement de texte ou d'autres compétences similaires.
- *Cybersécurité* – À mesure que les systèmes se complexifient, les autorités constatent que seuls leurs services informatiques peuvent gérer des éléments de réseau et de cybersécurité.
- *Connaissances générales en ingénierie de la circulation* – Les autorités constatent que les nouvelles recrues ne possèdent pas les connaissances techniques en ingénierie de la circulation ou des transports pour bien accomplir leurs tâches. Parallèlement, la main-d'œuvre établie a de la difficulté à se tenir à jour avec les derniers développements dans le domaine de l'ingénierie de la circulation et des transports.
- *Compétences générales et communication orale* – Les autorités ont souvent du mal à trouver des gens ayant la bonne combinaison de compétences techniques et générales, telles que le

sens politique, la communication et la gestion des relations. Dans certains cas, les personnes qui possèdent les connaissances techniques et la formation appropriée peuvent ne pas être correctement équipées pour communiquer avec la population, les élus, les cadres supérieurs ou d'autres personnes.

En plus des lacunes en matière de compétences mentionnées par toutes les autorités, les grandes municipalités ont également répertorié les lacunes suivantes dans leur bassin d'employés :

- *Compétences générales en technologie des transports et du génie civil et opérateurs d'engins* – Le personnel des autorités comprend les personnes formées à titre de technologues en génie civil ou des transports pour répondre à diverses exigences techniques. De plus, les tâches d'entretien et de construction nécessitent des opérateurs d'engins qualifiés.
- *Compétences en gestion et en supervision* – Le personnel des autorités comprend généralement des personnes qualifiées pour gérer plusieurs projets. Bon nombre de ces compétences en gestion se développent en cours d'emploi avec les années d'expérience. Ces personnes sont également souvent impliquées dans la supervision de chantiers.
- *Gestion des contrats* — Certaines de ces autorités comptent de plus en plus sur des services externes pour les aider à la prestation de services. Ainsi, les compétences en gestion de contrats sont de plus en plus nécessaires, peu importe les antécédents techniques.
- *Contextualisation et vision d'ensemble* – Dans certaines situations où les employés peuvent manipuler de grandes quantités de données et où le codage informatique n'est pas un problème, le défi a été de tirer des conclusions significatives résultant de l'analyse des données. Essentiellement, un ensemble de compétences qui manque est la capacité à interpréter l'information obtenue par l'analyse d'ensembles de données complexes.
- *Pensée critique* — Bien que dans certains cas, l'analyse puisse être menée avec succès, le caractère raisonnable des résultats n'est pas remis en question, même dans des situations où il est évident que les résultats de l'analyse sont erronés.
- *Système d'information géographique (SIG) et pensée spatiale* – Les Villes constatent de plus en plus avoir besoin de personnes capables de prendre des données spatiales et de les manipuler dans un SIG pour obtenir une représentation et une analyse meilleures et plus efficaces.

Les municipalités moyennes ont relevé les lacunes additionnelles suivantes en matière de compétences :

- Systèmes électroniques et électriques.
- Tout domaine où il n'y a pas eu de planification de la relève et où la seule personne ayant les compétences part pour un autre emploi ou prend sa retraite.

Les autorités provinciales ont relevé les lacunes additionnelles suivantes en matière de compétences :

- *Connaissance des systèmes de transport intelligents (STI)* – Il y a eu un nombre croissant de projets impliquant des systèmes de transport intelligents (STI), qui nécessitent des connaissances qui ne font actuellement pas partie de la boîte à outils des autorités. Bien que certaines autorités aient des gens qui se consacrent aux STI, la plupart n'en ont pas.
- *Entretien électrique et électronique* — en particulier pour les services dans les zones rurales.
- *Capacités de collecte de données en temps réel* — en particulier par les techniciens qui sont habitués à collecter des données manuellement.
- *Connaissance des logiciels de conception spécialisés* (progiciels de conception intégrés).

Une question importante pour la plupart des petites et moyennes municipalités est que la planification de la relève n'est pas facilement accessible; lorsque les gens partent pour un autre employeur, leurs connaissances sont perdues. En outre, on craint qu'à mesure que les villes se développeront, il n'y ait pas assez de capacité pour faire face à l'augmentation de la charge de travail.

### 3.1.2 Compétences requises

La plupart des autorités, quelle que soit leur taille, conviennent qu'à l'avenir, il y aura un besoin critique de personnes capables de manipuler et de comprendre de grandes quantités de données, et qui possèdent des connaissances en intelligence artificielle, en apprentissage machine et en cybersécurité. Cependant, bien que les grandes municipalités croient qu'elles auront le PHQ requis pour faire face aux bouleversements technologiques à venir, la plupart des autres autorités croient qu'il y a une forte probabilité qu'elles n'aient pas les bonnes compétences. Cela s'explique en partie par le fait qu'elles fonctionnent sur la base de ressources limitées et en suivant les directives de leur propre Conseil. À ce jour, les élus se sont concentrés davantage sur des sujets comme la sécurité routière (Vision zéro), les plans de transport actif et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Tant que les élus ne leur demanderont pas de se pencher sur les questions liées aux technologies perturbatrices, il se peut que des ressources ne soient pas mises à leur disposition pour aborder ce sujet. En outre, les petites municipalités estiment qu'il y a beaucoup d'inconnues concernant les bouleversements technologiques à venir, ce qui les empêche de savoir quels types de compétences seront nécessaires. À leur avis, leur main-d'œuvre devra évoluer pour répondre à tous les besoins futurs, tout comme elle l'a fait jusqu'à présent pour d'autres besoins.

Parmi les compétences que les autorités ont jugé importantes à l'ère des technologies perturbatrices, mentionnons les suivantes :

- *Capacité de diriger et de gérer des projets pilotes pertinents* – au moins une Ville s'est engagée dans un projet pilote visant à évaluer l'équipement autonome de déneigement et exige que des membres du personnel travaillent avec le fournisseur à toutes les étapes de ce type de projet
- *Connaissance en cybersécurité*
- *Compréhension de l'IdO* — y compris comment gérer les différentes demandes technologiques qui y sont associées
- *Science des données* — une compétence essentielle pour la plupart des services fournis par les autorités routières
- *Capacité de fonctionner dans plus d'un domaine technique* — par exemple, l'installation de communications C-V2X nécessite un mélange de compétences en génie des transports, en génie électrique et en technologie de l'information
- *Excellentes compétences en programmation informatique*
- *Capacité d'interagir avec la population et les parties prenantes* — ce qui est de plus en plus important à l'étape de la planification
- *Compétences en communication* — pour aider les autorités routières à transmettre des messages clairs à la population sur des sujets hautement techniques
- *Connaissances combinées en ingénierie de la circulation et en programmation informatique*

En général, il semble y avoir un besoin actuel et futur de spécialistes des transports plus polyvalents qui maîtrisent également des domaines tels que la programmation, les SIG, l'analyse de données ou la cybersécurité.

### 3.1.3 Défis liés au perfectionnement de la main-d'œuvre

Trois grands défis en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre auxquels sont confrontés les quatre types d'autorités routières devraient s'intensifier à l'ère des technologies perturbatrices : la rémunération, les exigences futures en matière de compétences et le bassin de candidats disponibles.

**Rémunération.** En ce qui concerne la rémunération, les grandes municipalités ont indiqué que les structures de rémunération gouvernementales actuelles par rapport à celles du secteur privé rendent de plus en plus difficile d'attirer et de maintenir en poste des personnes ayant les compétences nécessaires pour répondre aux besoins en constante évolution en matière d'emploi. On s'attend à ce que cela s'intensifie avec le temps, en particulier si de plus grands niveaux de connaissances ou de spécialisation sont nécessaires. Certaines grandes municipalités ont constaté qu'il est plus difficile de recruter des personnes ayant trois ou quatre ans d'expérience industrielle que de nouveaux diplômés, car leurs attentes salariales augmentent considérablement. Pour les petites et moyennes municipalités et les autorités routières provinciales, la rémunération constitue également un problème de recrutement et de maintien en poste puisqu'elles sont en concurrence avec les grandes municipalités et le secteur privé pour le même bassin de candidats.

**Exigences futures en matière de compétences.** Le deuxième défi consiste à savoir quelles seront les exigences futures en matière de compétences pour une ère de technologies perturbatrices. Bien que cette question soit importante pour les grandes municipalités, elle l'est encore plus pour les petites municipalités et les autorités routières provinciales. Certaines municipalités moyennes ont dit craindre de ne pouvoir rédiger une description de poste afin d'embaucher le bon type de professionnel pour une ère de technologies perturbatrices. Quant à elles, les petites municipalités et certaines autorités routières provinciales ont indiqué que le nombre d'inconnues concernant l'avenir des technologies perturbatrices les empêche de savoir quels types de compétences seront nécessaires.

**Bassin de candidats disponibles.** Ce défi diffère selon les types d'autorités. Dans le cas de certaines grandes municipalités, le défi consiste à trouver les bonnes personnes au Canada. Bien que, dans certains cas, elles puissent définir le bon talent pour un poste donné, ce talent n'existe souvent qu'à l'extérieur du pays. La situation est différente pour les petites et moyennes municipalités qui ont indiqué qu'en raison de leur emplacement unique, le recrutement est parfois un défi, car elles sont en concurrence avec les grandes municipalités pour les mêmes employés potentiels. De même, pour les autorités routières provinciales, le défi est lié aux emplois se situant en zone fortement rurale et aux lieux de travail potentiellement éloignés. Par conséquent, à moins qu'il n'y ait un bassin de recrutement captif, les petites et moyennes municipalités et les autorités routières provinciales peuvent avoir du mal à attirer les bons employés.

En plus de ces défis communs, deux autres défis ont été soulevés par au moins trois groupes.

**Financement limité pour les nouveaux postes.** Cette question a été soulevée par tous, à l'exception des grandes municipalités. Entre le gel des recrutements et la réduction des effectifs, certaines autorités ont exprimé un manque de confiance dans leur capacité à fonctionner efficacement dans un avenir caractérisé par des exigences plus complexes résultant de technologies perturbatrices.

**Contraintes d'une structure classique en silos.** Cette question a été soulevée par tous, à l'exception des petites municipalités. Dans la plupart des cas, les services d'ingénierie sont séparés des services informatiques, ce qui ne permet pas une bonne communication et le transfert des connaissances. De plus, les services informatiques semblent se préoccuper davantage des activités générales de l'autorité que de la prestation des services de transport, ce qui nuit à la collaboration sur les questions techniques.

Parmi les autres défis en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre qui ont été soulevés, mentionnons :

- Certaines autorités routières conviennent que l'enseignement universitaire ne fournit pas une formation adéquate dans les systèmes de transport ou l'aspect haute technologie des transports. De nombreuses autorités conviennent que leurs nouvelles recrues ont tendance à être des généralistes et qu'il peut donc être difficile de les intégrer pleinement dans la main-d'œuvre dès leur arrivée. De plus, il y a consensus sur le fait que la formation classique des ingénieurs en transport ne prépare pas bien les diplômés à répondre aux exigences actuelles en matière de technologies de pointe (p. ex., DSRC, 4G, 5G, analyse des mégadonnées, mise en œuvre dans le nuage). De même, les ingénieurs en informatique et en électricité qui comprennent ces questions n'ont aucune connaissance en ingénierie de la circulation. En raison des bouleversements technologiques à venir, il sera difficile de trouver des personnes possédant à la fois des connaissances classiques en ingénierie de la circulation et une compréhension complète de l'analyse de données, de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage machine, et autres.
- La technologie avance trop rapidement et il n'y a pas assez de temps pour former des personnes ou suffisamment de diplômés ayant les compétences nécessaires.
- Les défis en matière de ressources humaines peuvent inclure les suivants :
  - Les politiques des autorités rendent difficile la transition des employés temporaires vers des postes permanents, ou des employés à temps partiel vers des postes à temps plein.
  - Le roulement du personnel et les départs à la retraite limitent la quantité d'expérience en cours d'emploi que le personnel junior reçoit avant d'être promu à des postes de supervision.
  - Les classifications d'emplois existantes peuvent ne pas convenir au type de personnes que certaines autorités doivent embaucher pour les VCA et les villes intelligentes de l'avenir, et il existe des obstacles administratifs à la création de nouvelles classifications d'emplois.
  - Les conventions collectives peuvent influencer sur les classifications des emplois ou les décisions d'embauche en raison des avantages liés à la « ligne de progression ».

### 3.1.4 Possibilités liées au perfectionnement de la main-d'œuvre

Les autorités routières ont répertorié cinq possibilités de perfectionnement de la main-d'œuvre : la collaboration avec les universités et les collèges techniques; la collaboration avec le secteur privé; la sensibilisation des jeunes élèves; la mise en place d'équipes multidisciplinaires; et la création de centres d'excellence.

**Collaboration avec les universités et les collèges techniques.** Cette possibilité comprend divers d'éléments, allant de la collaboration pour le recrutement à la formation des futurs diplômés, et à la planification pour l'avenir notamment par de possibles modifications des programmes.

Les autorités croient que l'accès à un solide programme d'études est un moyen de former une main-d'œuvre solide pour l'avenir. Par conséquent, il est possible de travailler avec les établissements d'enseignement pour embaucher des étudiants coop comme mécanisme de recrutement pour l'avenir. De même, la collaboration avec des établissements d'enseignement sur des projets novateurs qui peuvent aider à la formation des étudiants peut présenter une occasion pour le recrutement futur de diplômés qui auront été initiés à l'autorité routière.

Il serait également important d'établir une approche coordonnée de la planification dans un avenir caractérisé par les technologies perturbatrices conjointement avec les établissements d'enseignement. L'objectif serait de s'assurer que les étudiants reçoivent la formation nécessaire pour les bouleversements technologiques à venir. Il s'agit par exemple de s'assurer que le codage et la maîtrise des données deviennent une compétence générale (un peu comme le traitement de texte) pour tout programme de génie, et de s'assurer que les étudiants en génie électrique reçoivent une formation en programmation informatique.

**Collaboration avec le secteur privé.** À l'instar des possibilités offertes aux établissements d'enseignement, il existe des possibilités similaires pour les entreprises dans le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC). Certaines grandes municipalités voient des occasions de partenariat avec le secteur privé pour former des employés actuels de diverses manières. Par exemple, les autorités peuvent permettre à des entreprises de mettre à l'essai diverses technologies à certains endroits en échange du mentorat ou de la formation de certains fonctionnaires.

**Sensibilisation des jeunes élèves.** Le ciblage des jeunes est perçu comme une occasion d'attirer une nouvelle population dans le domaine. Les autorités croient que les étudiants doivent aborder beaucoup plus tôt (vers le premier cycle du secondaire) la programmation informatique et les technologies de pointe. Le type de sensibilisation à ce niveau peut être autour de l'avenir passionnant des technologies de pointe et de ce qu'une personne peut faire si elle travaille dans ce domaine. En outre, les élèves du secondaire devraient recevoir des cours qui accroissent leur intérêt pour la programmation et les technologies de pointe.

**Mise en place d'équipes multidisciplinaires.** Certaines autorités routières provinciales ont connu du succès avec la formation d'équipes multidisciplinaires pour travailler sur la prestation de services. Elles y voient une occasion qui pourrait être imitée dans un avenir marqué par des technologies perturbatrices. Une approche consiste à s'assurer que le personnel des transports et des TI travaille ensemble à l'élaboration conjointe de normes, de processus et de procédures. Ce faisant, la compréhension et la connaissance mutuelles des problèmes techniques de l'autre évoluent et l'apprentissage se produit. Une autre approche consiste à jumeler le personnel des TI, celui d'autres spécialités (p. ex., les ingénieurs en électricité) et le personnel des transports pour stimuler le transfert des connaissances. Cela se traduit parfois par de plus grandes équipes, mais l'expérience peut être positive, car tout le monde apprend des autres.

**Création de centres d'excellence.** Les autorités ont proposé la création de centres d'excellence sur les VCA et d'autres activités de recherche et développement en technologies perturbatrices comme une occasion importante de perfectionnement pour le PHQ. En établissant des centres d'excellence à des endroits clés partout au pays, il serait possible d'offrir une formation plus structurée à la main-d'œuvre future et existante. Un aspect important de ces centres d'excellence serait leur capacité à effectuer de la recherche et du développement sur des questions liées au contexte canadien, comme l'utilisation des

VCA en hiver. Cela créerait des possibilités de perfectionnement du PHQ dans un domaine de connaissances unique, en plus d'autres questions technologiques.

### 3.1.5 Initiatives liées au perfectionnement de la main-d'œuvre

Les groupes de discussion ont révélé plusieurs initiatives de perfectionnement de la main-d'œuvre entreprises par les autorités routières. Toutefois, l'intensité, la portée ou la fréquence de ces initiatives dépendent des ressources disponibles au sein des autorités. La plupart des petites et moyennes municipalités ont indiqué que les ressources disponibles pour le perfectionnement de la main-d'œuvre sont limitées, ce qui se traduit par une formation structurée limitée. Dans certains de ces cas, le perfectionnement de la main-d'œuvre est assuré par des employés qui s'engagent dans l'autoapprentissage de nouvelles compétences. Malgré ces ressources limitées, une petite municipalité a tout de même réussi à offrir de la formation à toutes les nouvelles recrues en les envoyant suivre un cours de formation de deux semaines offert par l'Ontario Traffic Council. La raison pour laquelle cette autorité a choisi d'investir dans ce type de formation est que, à son avis, les programmes de génie civil ne fournissent pas actuellement une base suffisamment solide en génie des transports pour le type de travail effectué par la municipalité.

À l'autre extrémité du spectre, certaines grandes municipalités et autorités routières provinciales ont mis en œuvre des programmes pour soutenir financièrement le personnel intéressé par le perfectionnement des compétences et la formation professionnelle ou la certification. En outre, en raison de leurs relations uniques avec le secteur privé, les grandes municipalités ont été en mesure d'affecter des employés à travailler avec le secteur privé afin qu'ils puissent apprendre auprès des experts. Ces connaissances sont ensuite transférées à l'autorité.

Voici quelques exemples d'initiatives de perfectionnement de la main-d'œuvre qui se sont révélées fructueuses dans de nombreuses autorités.

**Perfectionnement professionnel.** Les occasions telles que la participation à des conférences, des formations courtes ou des ateliers sont réputées offrir un bon retour sur investissement. Dans de nombreuses situations, les personnes qui assistent à des conférences ou à d'autres événements de perfectionnement professionnel partagent ce qu'elles ont appris lors de « dîners-causerie » auxquels participent d'autres membres du personnel. Cette initiative s'est avérée une réussite pour la plupart des autorités.

**Embauche spécialisée ou intégration de compétences uniques.** Une autre initiative réussie qui a été mise en œuvre par certaines autorités consiste à embaucher (ou à intégrer) un spécialiste des TI ou des SIG spécifiquement dans l'unité, s'assurant ainsi que le service des transports a un accès direct à quelqu'un ayant ces compétences. De plus, la collaboration avec d'autres directions, divisions ou services a permis à certaines autorités d'apporter une partie des connaissances hautement spécialisées nécessaires là où elles font défaut.

**Formation par affectations successives.** Dans certaines autorités, les nouvelles recrues sont d'abord affectées à une tâche spécifique au sein d'un groupe, puis elles se joignent à d'autres groupes, de sorte qu'au fil du temps, elles deviennent des ingénieurs de la circulation polyvalents. Cette pratique leur permet également d'être exposées à de nouveaux aspects technologiques dans différents types d'emplois au sein du service.

Voici d'autres initiatives qui ont été mises en œuvre de façon informelle, principalement par les petites et moyennes municipalités et les autorités routières provinciales :

- Étroite collaboration avec le personnel informatique au sein de l'autorité. Cela a permis un certain transfert de connaissances sur des questions spécifiques, y compris la sécurité de l'information et la façon d'évaluer les vulnérabilités dans leurs systèmes.
- L'embauche d'étudiants d'été peut parfois aider à la formation de futures recrues, puisque ces étudiants acquièrent ainsi une expérience qui leur sera bénéfique s'ils sont embauchés ultérieurement par l'autorité.
- Encourager les membres du personnel à s'impliquer dans les organisations professionnelles pour s'assurer qu'ils tiennent leurs compétences à jour est une tendance émergente.
- Certaines autorités offrent une formation interne aux personnes travaillant sur le terrain, en particulier celles qui utilisent des équipements spéciaux.
- Les stages et les programmes de mentorat sont des aspects importants des initiatives de perfectionnement de la main-d'œuvre des autorités. Dans ces cas, les cadres supérieurs encadrent le personnel subalterne jusqu'à ce qu'il soit jugé compétent dans son travail.
- Certaines autorités parrainent régulièrement des projets de fin d'études en conception pour sensibiliser les étudiants en voie d'obtenir leur diplôme aux besoins et aux possibilités de leur autorité.

### 3.1.6 Pratiques d'approvisionnement

Les autorités s'entendent pour dire que, même si elles disposent actuellement de ressources suffisantes pour se procurer la plupart des services, cela changera. Elles savent que la technologie continuera de progresser et qu'elles devront posséder les connaissances nécessaires à l'interne pour être en mesure d'obtenir et de gérer les contrats. Les grandes municipalités ont remarqué que le paysage des fournisseurs est passé d'un paysage qui était principalement composé de personnes ayant de l'expérience en transports à de grandes entreprises technologiques présentant de nouvelles idées, mais n'ayant pas une grande compréhension de l'ingénierie de la circulation. Cela signifie que si les autorités ne possèdent pas les compétences nécessaires pour communiquer avec ces fournisseurs, il leur sera difficile de déterminer si ces technologies ont de la valeur et si elles atteignent certains seuils de précision. Cela a été confirmé par de plus petites municipalités qui estiment qu'à un moment donné, il faudra que les autorités comprennent l'architecture communément acceptée du fonctionnement des systèmes et soient en mesure de communiquer avec les fournisseurs en utilisant le même langage.

Voici certaines des mesures que les autorités ont prises pour améliorer leurs pratiques d'approvisionnement :

- Intégrer le personnel d'approvisionnement à son groupe d'ingénierie pour l'aider dans le processus.
- Publier une demande de renseignements avant une demande de propositions pour mieux se préparer à une évaluation appropriée des soumissions. Toutefois, cela ajoute du temps au processus d'approvisionnement.
- Former de petits groupes de travail ou d'évaluation pour traiter des questions d'approvisionnement.

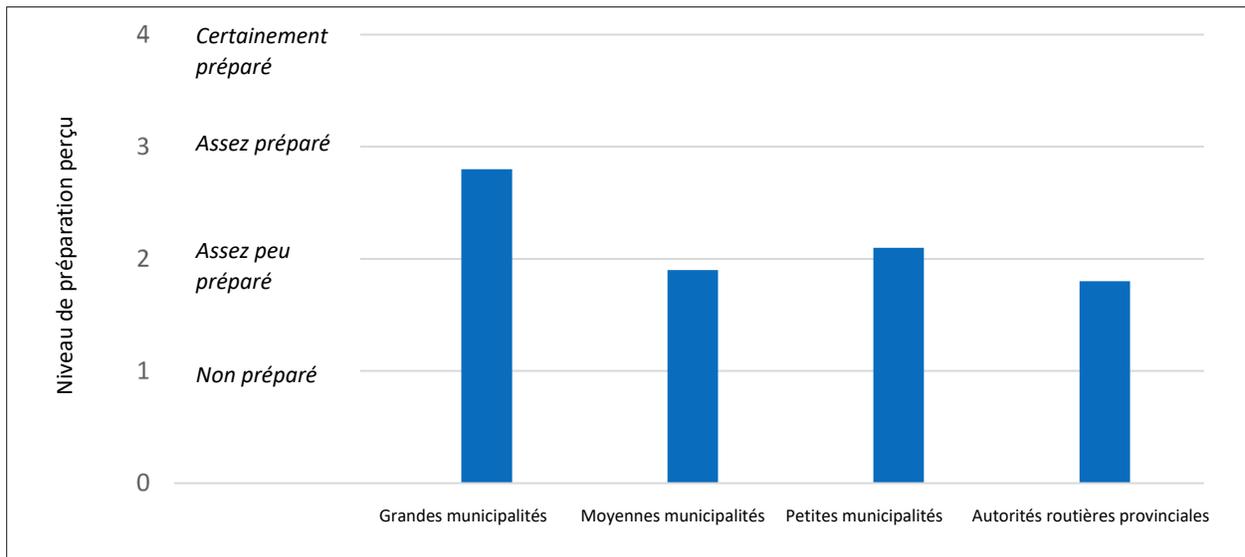
- Approvisionner des projets de validation de principe dans le cadre desquels elles travaillent avec le fournisseur pour s'assurer que la technologie fonctionne, et que des leçons sont tirées dans les six premiers mois de la mise en œuvre avant la prochaine étape d'une mise en œuvre à l'échelle du système.
- S'appuyer sur les fournisseurs pour les aider tout au long du processus d'évaluation des performances en matière d'approvisionnement et de technologie.
- Opter pour un approvisionnement fondé sur les défis pour être en mesure d'évaluer les nouvelles technologies qui n'ont pas été testées dans le monde réel. Ce faisant, l'autorité peut aider le fournisseur à comprendre son écosystème tout en devenant plus à l'aise avec les nouvelles technologies. Cela représente également une occasion d'acquérir des technologies futures qui n'ont pas encore été largement déployées.

### 3.1.7 Niveaux de préparation

On a demandé aux participants de chaque groupe de discussion ce qu'ils pensaient être le niveau de préparation de leur autorité en ce qui concerne le PHQ pour le moment où les technologies de VCA et de ville intelligente seront répandues. La figure 1 indique le niveau de préparation moyen indiqué par chaque type d'autorité routière.

Comme le montre la figure 1, seules les grandes municipalités croient qu'elles seront assez préparées. La plupart des municipalités de taille moyenne n'ont pas commencé à planifier l'avenir des VCA et des villes intelligentes. Les conseils municipaux ne leur ont pas demandé d'entreprendre des travaux liés aux bouleversements technologiques à venir car, dans de nombreux cas, les domaines d'intérêt actuels sont liés à la sécurité routière, au transport collectif rapide et à l'environnement.

Figure 1 : Niveau de préparation perçu



Les petites municipalités ont indiqué qu'elle n'avait rien de planifié pour les VCA, les villes intelligentes ou tout autre type de technologies perturbatrices futures. Pour un représentant d'une autorité, ce projet de l'ATC était la première fois que le sujet des VCA était officiellement abordé. Ces autorités reconnaissent la nécessité de planifier en tenant compte des technologies perturbatrices, car leur

émergence a le potentiel d'avoir une incidence considérable sur les aspects courants de leurs emplois. Cependant, il y a un consensus sur le fait qu'il y a trop d'inconnues concernant l'avenir des VCA ou d'autres technologies perturbatrices, ce qui rend difficile la planification de leur avenir, en particulier dans une situation où les ressources sont très limitées.

La plupart des autorités routières ne se sont engagées dans aucun type de planification pour les VCA ou des technologies perturbatrices futures similaires. Dans certains cas, elles se tournent vers d'autres autorités pour tirer des leçons de leur expérience. Dans d'autres cas, elles s'attendent à ce que l'adoption de technologies perturbatrices telles que les VCA se fasse au sein des services informatiques. Cela s'explique en partie par les exigences en matière de cybersécurité et les questions juridiques qui peuvent être associées à la mise en œuvre de ces technologies. Toutefois, certaines autorités ont collaboré avec des universités locales et le secteur privé à des projets de démonstration (systèmes de niveau 4) dans des zones géographiques fermées. L'une des autorités prévoit d'entrer dans une phase 2 de démonstration avec l'installation de capteurs/émetteurs le long de la route afin que le centre de gestion de la circulation puisse envoyer des messages directement aux véhicules via ces émetteurs. Une autre autorité a mis des capteurs dans des barils de travaux routiers et des dispositifs routiers pour la communication avec les véhicules. Une autorité a constitué un groupe de travail chargé d'élaborer les principes et les politiques nécessaires à la mise à l'essai de la technologie des véhicules. Une législation est également en préparation pour permettre ce test.

Les grandes municipalités ont notamment pris les mesures suivantes pour se préparer aux VCA et aux villes intelligentes de l'avenir :

- Création de bancs d'essai de VCA
- Tests internes, ainsi qu'une étroite collaboration avec le secteur privé
- Plans stratégiques ou tactiques sur les VCA et les villes intelligentes de l'avenir
- Projets pilotes avec divers partenaires du secteur
- Élaboration d'un plan d'infrastructures numériques
- Planification des futurs règlements administratifs et politiques qui seront nécessaires dans un monde de VCA
- Évaluation des répercussions potentielles des VCA sur les transports durables (p. ex., l'accessibilité piétonnière en milieu urbain, la gestion des trottoirs)
- Embauche de personnel dédié à la préparation aux VCA

### 3.1.8 Possibilités pour le leadership

Les autorités routières ont formulé un certain nombre de suggestions :

- Faire de ce sujet une priorité nationale, ce qui, en fin de compte, nécessite un financement suffisant.
- Former des partenariats avec les universités.
- Encourager les universités à créer des partenariats avec les établissements d'enseignement préuniversitaire pour stimuler le développement des talents, et ce, dès le plus jeune âge.
- Établir des partenariats entre autorités, afin que les connaissances se transmettent d'une ville à l'autre.

- Faire preuve de leadership politique pour que cela devienne une priorité. Et cela ne se produit probablement que lorsqu'il y a un intérêt public de sorte que les élus demandent des actions.
- Accorder la priorité budgétaire à cette question.
- Créer des groupes de travail composés de représentants du secteur public et du secteur privé est essentiel.
- Établir des centres d'excellence sur les VCA afin que davantage de personnes soient formées dans le domaine. Ce type d'effort de recherche et de développement pourrait devoir se concentrer sur des questions liées au contexte canadien, comme l'utilisation des VCA en hiver.
- Introduire des études supérieures spécifiques sur les VCA et les technologies perturbatrices évoluées.
- Travailler avec le secteur privé pour en apprendre davantage sur les technologies à venir et aider à la formation de futurs professionnels.
- Obtenir l'appui du gouvernement aux universités pour qu'elles s'engagent davantage dans la recherche, le développement et la formation de PHQ dans ce domaine.
- Mettre en place des incitations financières et du soutien aux étudiants pour qu'ils s'inscrivent dans ces domaines.
- Établir une politique nationale de base pour encourager la croissance et l'investissement dans les VCA dans les provinces d'une manière uniforme. Une telle politique doit être accompagnée d'un financement fédéral approprié.
- Il pourrait être nécessaire d'adopter une loi qui rehausse l'importance de cette question en tant que sujet d'intérêt national.
- Le Canada doit investir dans des entreprises qui jouent un rôle de chef de file dans la transition vers les VCA. Il est également possible d'encourager les partenariats entre le secteur public et le secteur privé.
- Inviter Ingénieurs Canada à prendre part à la discussion pour s'assurer que l'organisme sache que des changements peuvent être nécessaires aux programmes existants pour un avenir marqué par les technologies perturbatrices.
- Améliorer les possibilités d'éducation et de formation. Les universités et les collèges doivent intégrer davantage de technologie dans les programmes de base, afin que les étudiants soient mieux équipés lorsqu'ils entrent sur le marché du travail. L'éducation en ligne peut être un mécanisme idéal pour mettre en place de tels partenariats.
- Les autorités doivent s'engager dans l'élaboration de stratégies. Il s'agit de définir un énoncé de mission, des objectifs, puis de déterminer les mesures qui peuvent être prises de façon significative par les provinces. Ces actions doivent être financées de manière appropriée.

## 3.2 Universitaires

La participation du milieu universitaire canadien visait les objectifs suivants :

- Faire l'inventaire des programmes de formation universitaire, collégiale et professionnelle.
- Répertorier les compétences actuelles dans les programmes universitaires.

- Comprendre la faisabilité du développement des talents à l'échelle nationale pour les besoins futurs des autorités routières.
- Répertoire les mesures spécifiques visant à améliorer la formation du PHQ pour une ère marquée par les technologies perturbatrices.
- Répertoire les défis et les possibilités en matière de développement des compétences du PHQ.
- Répertoire les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences entre la formation et la pratique.

Pour atteindre ces objectifs, l'équipe du projet a interrogé des universitaires, examiné les plans de cours et tenu un atelier virtuel.

### 3.2.1 Sondage auprès des universitaires

En 2020, l'ATC a dressé un inventaire des établissements d'enseignement postsecondaire et des universitaires/professeurs canadiens qui font de l'enseignement ou de la recherche sur divers sujets liés aux transports. Cet inventaire est fondé sur un sondage en ligne exhaustif auprès de personnes du milieu de l'enseignement universitaire et collégial du Canada. Le taux de réponse du sondage a été de 50 % (64 sur 127).

Dans le cadre du présent projet, le même sondage en ligne utilisé pour l'inventaire de 2020 a été distribué aux universitaires qui n'avaient pas répondu en 2020. L'objectif était d'améliorer l'inventaire actuel et d'identifier d'autres universitaires qui pourraient faire de l'enseignement ou de la recherche en VCA, en analyse de données, en STI, en mobilité en tant que service (MaaS) ou en véhicules à zéro émission, car il s'agissait de sujets d'intérêt à la fois pour l'inventaire de 2020 et pour le présent projet. Il est important d'indiquer que même s'il existe des programmes et des cours qui traitent spécifiquement d'analyse des données, de programmation informatique, de cybersécurité, etc., ceux-ci sont offerts dans le cadre de programmes autres que le génie et la planification des transports. Ce sondage ne portait que sur ce qui est actuellement offert dans le cadre des programmes en transport partout au pays.

À partir de ce sondage, il a été déterminé que 40 enseignants ou chercheurs spécialisés en transports dans des universités ou des collèges à travers le pays travaillent sur les sujets mentionnés ci-dessus (VCA, analyse de données, STI, mobilité en tant que service ou véhicules à zéro émission).

### 3.2.2 Plans de cours

À la suite de l'analyse du sondage en ligne, on a contacté les 40 enseignants et chercheurs identifiés pour leur demander les plans de cours qui comprenaient le contenu qu'ils enseignent sur les VCA, les STI, l'analyse de données, la MaaS et les véhicules à zéro émission. Le but était de déterminer dans quelle mesure les programmes universitaires actuels développent les compétences nécessaires pour le futur PHQ. Au total, 27 plans de cours ont été renvoyés par 10 universités. Quatorze d'entre eux concernaient des cours de cycles supérieurs et 13 des cours de premier cycle. Le tableau 3 résume les cours pour lesquels des plans de cours ont été fournis.

Pour évaluer la pertinence du contenu des cours, une liste de compétences importantes a été élaborée à partir des discussions avec les autorités routières et de l'analyse documentaire. Les compétences ont été classées en compétences spécialisées et en compétences générales. Le tableau 4 résume les compétences selon la fréquence à laquelle elles ont été indiquées comme essentielles pour le PHQ de demain.

Ce résumé montre que deux compétences spécialisées – science des données et programmation informatique – ont été jugées importantes par les cinq sources et que deux autres compétences spécialisées – connaissances en ingénierie de la circulation et cybersécurité – ont également été jugées importantes par trois des cinq sources. Ces quatre compétences sont donc considérées comme ayant une grande importance, car toutes les autres compétences n'ont été indiquées comme importantes que par une ou deux sources. Toutes les compétences générales ont été indiquées comme importantes par deux à trois des cinq sources.

Chacun des 27 plans de cours a été examiné pour y détecter les références à chaque compétence ou d'autres indications que cette compétence est enseignée. Étant donné que les plans de cours de la plupart des universités n'indiquent que des catégories de compétences spécialisées, le tableau 5 résume le nombre de plans de cours identifiant chaque compétence spécialisée.

**Tableau 3 : Résumé des plans de cours**

Université	Sujet du cours	Niveau de formation
Université McGill	Aménagement du territoire et planification des transports	Cycles supérieurs
Université McMaster	Géographie des transports	Premier cycle
	Statistiques spatiales appliquées	Premier cycle
	Politique en matière de transports	Premier cycle
Université de Waterloo	Études spéciales en détection en génie civil : vision machine et robotique pour la construction et la gestion des infrastructures	Cycles supérieurs
Université du Manitoba	Géomatique pour génie civil	Premier cycle
	Génie des transports 1	Premier cycle
	Génie des transports 2	Premier cycle
	Systèmes de transport	Premier cycle
	Statistiques pour ingénieurs civils	Premier cycle
	Génie ferroviaire moderne	Cycles supérieurs
	Analyse et conception des systèmes de transport de marchandises	Cycles supérieurs
Université de Toronto	Introduction aux systèmes de transport	Premier cycle
	Transport de marchandises et applications de STI	Cycles supérieurs
Université Ryerson	Planification des transports	Premier cycle
	Science des données pour MBA	Cycles supérieurs
	Méthodes quantitatives pour les affaires	Cycles supérieurs
	Économie immobilière 1	Premier cycle
	Méthodes de recherche immobilière	Cycles supérieurs
	Économétrie appliquée	Cycles supérieurs
	Planification des transports urbains	Cycles supérieurs
Transports et forme urbaine	Cycles supérieurs	

Université	Sujet du cours	Niveau de formation
Polytechnique Montréal	Gestion des données en transport	Cycles supérieurs
	Circulation	Premier cycle
Université York	Génie des transports	Premier cycle
Université du Nouveau-Brunswick	Systèmes de transport intelligents	Cycles supérieurs
Université de l'Alberta	Planification des transports	Cycles supérieurs

Tableau 4 : Compétences importantes identifiées par les autorités routières et l'analyse documentaire

Compétence	Importance de la compétence				
	Petites municipalités	Moyennes municipalités	Grandes municipalités	Autorités provinciales	Autres publications
<b>Compétences spécialisées</b>					
Science des données	■	■	■	■	■
Programmation informatique	■	■	■	■	■
Connaissances en ingénierie de la circulation	■	■	■	■	
Cybersécurité		■		■	■
Exploitation des technologies de génie civil		■	■	■	
Électronique		■		■	
SIG et pensée spatiale			■		■
Connaissance des STI				■	■
Analyse avancée de données (intelligence artificielle, apprentissage machine)			■		■
Connaissances de l'Internet des objets (IdO)			■		■
Chaînes de blocs		■			
<b>Compétences générales</b>					
Compétences en gestion et en supervision			■	■	■
Contextualisation			■		■
Pensée critique			■		■
Aptitudes à la communication			■		■
Compétences en matière de mobilisation des parties prenantes et de la population	■		■		

Tableau 5 : Compétences spécialisées incluses dans les plans de cours en transport

Compétence	Nombre de plans de cours identifiant la compétence		
	Premier cycle	Cycles supérieurs	Total
Génie de la circulation général	8	10	18
Programmation informatique	5	7	12
Science des données	4	6	10
SIG et pensée spatiale	3	1	4
Connaissance des STI	1	3	4
Exploitation des technologies de génie civil	1	-	1
Analyse avancée de données (intelligence artificielle, apprentissage machine)	-	1	1
Cybersécurité	-	-	-
Électronique	-	-	-
Chaînes de blocs	-	-	-
Connaissances de l'Internet des objets (IdO)	-	-	-

Le tableau 5 révèle que bien que la plupart (18 sur 27) des cours incluent des compétences et des connaissances en génie de la circulation général et que beaucoup (10 à 12 sur 27) de cours incluent des compétences en science des données et en programmation informatique, aucun plan de cours ne mentionne la cybersécurité. Parmi les quatre compétences de grande importance, la cybersécurité est donc vraiment mal représentée dans les cours de transport et de gestion des données. Les quatre compétences de grande importance étaient représentées de façon à peu près égale dans les cours de premier cycle et des cycles supérieurs.

Parmi les compétences restantes, trois sur sept ne sont mentionnées dans aucun des plans de cours examinés, et quatre sur sept sont mentionnées dans un à quatre des plans de cours. Certaines de ces compétences, comme l'exploitation des technologies du génie civil et l'électronique, sont plus généralement enseignées dans les programmes des collèges techniques que dans la plupart des programmes universitaires. Cependant, pour d'autres, comme les SIG et la pensée spatiale, la connaissance des STI et l'analyse avancée des données, leur absence dans les programmes universitaires indique que ces compétences sont largement exclues de tous les programmes d'enseignement postsecondaire. Il est également à noter qu'une compétence (connaissance des STI) était beaucoup mieux représentée dans les cours des études supérieures et une compétence (SIG et pensée spatiale) était beaucoup mieux représentée dans les cours de premier cycle. De plus, bon nombre des cours axés sur la science des données sont des cours de programmes de gestion qui pourraient ne pas être suivis par de nombreux futurs professionnels des transports. Pour cette raison, bien que les compétences en science des données soient enseignées dans les universités, elles pourraient ne pas être suffisamment développées par le futur PHQ en transport.

Bien que les plans de cours examinés n'indiquent pas spécifiquement les compétences générales qui ont été enseignées, les descriptions des types de travaux ont fourni un aperçu du développement des compétences générales dans les cours. Tous les cours mettaient implicitement l'accent sur la pensée critique, et les compétences en communication étaient implicitement requises pour l'exécution de tous

les travaux. Cependant, comme les cours reposaient principalement sur l'évaluation individuelle, le développement des compétences de gestion ou de supervision était minime, et la mobilisation des parties prenantes et de la population n'était pas non plus mentionnée ou sous-entendue par le contenu des cours. La compétence de contextualisation n'a pas été indiquée, mais elle peut être développée dans certains cours en raison de travaux et de discussions plus ouvertes dans les cours d'études supérieures, sans toutefois être une priorité. Dans l'ensemble, le développement des compétences générales n'a pas été décrit en détail, on y retrouvait plutôt un développement des compétences axé uniquement sur certaines des compétences requises par le futur PHQ.

D'autres commentaires d'un universitaire ont mis en évidence la science des données comme un domaine de compétence clé qui peut être représenté dans un cadre de compétences en six étapes (Tyagi, 2021) :

1. Programmation informatique
2. Collecte et nettoyage des données
3. Analyse de données exploratoire et visualisation de données
4. Ingénierie des données pour les mégadonnées
5. Statistiques et mathématiques appliquées
6. Apprentissage machine et IA

Les compétences 1 et 6 de cette liste ont déjà été identifiées et analysées dans l'examen des plans de cours, mais il est à noter que les compétences 2 à 4 ont chacune été mentionnées dans quatre cours ou moins de cycles supérieurs et aucun cours de premier cycle. La compétence 5, statistiques et mathématiques appliquées, a été mentionnée dans huit cours de cycles supérieurs et quatre cours de premier cycle. Cela indique que les programmes universitaires fournissent une base solide pour certaines parties des compétences fondamentales en science des données, mais ne fournissent pas une approche globale pour développer des ensembles de compétences en science des données.

### 3.2.3 Atelier virtuel

La mobilisation des universitaires s'est faite par l'intermédiaire d'un groupe de discussion dont la rencontre a eu lieu le 9 avril 2021. Cette séance visait à mieux comprendre ce qui suit :

- Compétences présentement enseignées, que le PHQ doit posséder pour planifier, concevoir, gérer, entretenir et exploiter les systèmes des futures infrastructures routières, en particulier à l'ère des technologies perturbatrices
- Lacunes actuelles dans la formation en transports pour l'avenir des systèmes dotés de technologies perturbatrices
- Mesures spécifiques visant à améliorer la formation du PHQ pour une ère de technologies perturbatrices
- Défis et possibilités en matière de développement des compétences du PHQ
- Défis et possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences entre la formation et la pratique
- Faisabilité du développement des talents à l'échelle nationale pour les besoins futurs des autorités routières
- Rôle des universités et des collèges dans le perfectionnement de la main-d'œuvre

- Approche du Canada pour devenir un chef de file en matière de perfectionnement du PHQ

Certains universitaires ont été invités à participer à la discussion de groupe, ce qui a permis d'assurer une couverture géographique égale ainsi qu'une représentation de la plupart des grands établissements postsecondaires canadiens. Au total, 15 personnes ont participé à la rencontre, représentant 11 universités :

- Université de l'Alberta
- Université de la Colombie-Britannique
- Université Concordia
- Université de Calgary
- Université du Manitoba
- Université McGill
- Polytechnique Montréal
- Université du Nouveau-Brunswick
- Université Ryerson
- Université Waterloo
- Université York

Les principales conclusions de cette séance sont abordées dans les paragraphes qui suivent.

Les universitaires conviennent qu'en général, le perfectionnement à l'échelle nationale du PHQ pour un avenir marqué par les véhicules connectés et autonomes est réalisable. Cependant, le défi consiste à enseigner les compétences nécessaires aux futurs étudiants en génie étant donné le nombre limité de cours disponibles dans un programme d'études dans ce domaine. Bien qu'il soit possible d'introduire de nouvelles connaissances que sur des sujets sélectionnés durant les études en génie, le PHQ pourrait avoir l'occasion de développer ces connaissances plus tard, en dehors de leur formation formelle.

Il est possible de développer au Canada des talents pour le futur PHQ, car les compétences requises pour ce futur personnel sont déjà enseignées; elles ne sont tout simplement pas enseignées uniquement aux ingénieurs civils ou aux ingénieurs en transport. À l'heure actuelle, les compétences en programmation, en science des données et dans des domaines avancés comme l'intelligence artificielle sont enseignées dans d'autres programmes comme le génie informatique et l'informatique. Pour réussir à développer les talents hautement qualifiés de demain, il faut intégrer les rôles du personnel existant possédant les compétences pertinentes à ceux des membres du personnel ayant une expertise en génie des transports et en génie civil.

### **Lacunes en matière d'éducation**

Les lacunes suivantes ont été relevées :

- Bien que les compétences nécessaires pour un avenir marqué par les VCA soient enseignées, cela ne se fait pas à la profondeur requise. Les étudiants en génie sont exposés à la programmation, à la science des données et à d'autres compétences et concepts nécessaires, mais pas dans la mesure où ils peuvent s'affirmer comme pleinement compétents dans ces domaines.

- La programmation est négligée dans les programmes de génie civil et de génie des transports parce qu'elle est considérée comme relevant du domaine du génie électrique/informatique et de l'informatique. Les programmes actuels voient la programmation comme une compétence spécifique plutôt que comme un outil général de résolution de problèmes (comme le sont les mathématiques), ce qui est le rôle qu'il prendra à l'avenir. Cette lacune dans la formation crée d'autres lacunes en privant les étudiants des compétences nécessaires pour apprendre sur d'autres sujets tels que l'intelligence artificielle.
- À l'heure actuelle, les étudiants en génie ne sont pas suffisamment exposés à des études de cas portant sur des systèmes plus vastes. L'exposition à ce type d'études de cas permettrait aux étudiants de voir comment différentes disciplines se réunissent pour résoudre des problèmes à l'échelle du système et leur permettrait de voir quelles compétences sont pertinentes maintenant et lesquelles seront pertinentes dans l'avenir.
- Les cours de statistique dans la formation en génie mettent l'accent sur les probabilités. Cette vision vient d'un contexte historique où les données n'étaient pas disponibles en quantité suffisante, nécessitant une analyse statistique pour combler cette lacune. Cependant, la quantité de données recueillies et disponibles pour l'analyse technique a augmenté de façon significative, diminuant le besoin de probabilités et augmentant le besoin de science des données. Par conséquent, la science des données est actuellement mal représentée dans la formation en génie.

## Possibilités

En ce qui concerne les possibilités d'améliorer la formation du PHQ, les principaux enjeux suivants ont été répertoriés :

- Une solution possible au manque de PHQ suffisamment formé dans les technologies perturbatrices pourrait être non seulement de former des ingénieurs civils à la programmation et à des compétences similaires, mais aussi de former des informaticiens et des ingénieurs aux principes de l'ingénierie des transports.
- Le perfectionnement professionnel des ingénieurs peut permettre de combler les principales lacunes en matière de connaissances. Les modèles de cours classiques de 12 semaines ne sont pas en mesure de servir tous les types de développement des compétences, et en se concentrant sur le perfectionnement professionnel continu, le PHQ peut être mieux formé pour remplir les rôles au fur et à mesure que les exigences de ces rôles sont établies.
- Comme le PHQ devra posséder des compétences spécialisées qui ne sont pas exigées de tous les ingénieurs, toutes les universités n'auront pas la capacité d'offrir des cours dans ces domaines spécialisés, en particulier dans le cadre d'un programme de premier cycle. Permettre aux étudiants de suivre des cours d'autres universités permettrait d'élargir le programme d'études de chaque étudiant pour inclure des compétences spécialisées que devra posséder le PHQ dans l'avenir.
- Au moins une université canadienne offre une mineure en intelligence artificielle. Offrir des mineures dans ce domaine et dans d'autres incite les étudiants intéressés à développer des compétences qu'ils ne recevraient normalement pas de la filière classique du génie civil.
- Encourager l'interaction directe entre les autorités routières et les programmes universitaires permettra aux étudiants d'être plus exposés aux transports en tant que profession et aux

compétences requises pour ces emplois. Il y a actuellement plus de possibilités dans ce sens aux cycles supérieurs sous la forme de partenariats de recherche. Ces possibilités pourraient être élargies au premier cycle, au-delà des stages coopératifs.

- Offrir des certificats d'études supérieures dans des domaines pertinents, tels que les STI, permettrait d'enseigner les compétences futures nécessaires sans perturber le programme de premier cycle actuel en génie civil. Aux États-Unis, certaines universités offrent un programme de certificat en STI.
- Récemment, l'intérêt des étudiants du premier cycle pour le génie des transports a augmenté; les limites sur le nombre de cours offerts sont principalement dues au nombre de professeurs, et non à l'intérêt des étudiants. Sur cette base, si plus de cours en transport et sur les compétences connexes étaient offerts, l'inscription des étudiants serait au rendez-vous. De plus, s'il y a une demande suffisante, des programmes spécialisés de premier cycle en génie des transports pourraient être créés dans certaines universités canadiennes afin d'accélérer le perfectionnement du PHQ en vue des bouleversements technologiques à venir.
- Enseigner aux étudiants, dès le début de leur formation au premier cycle, ce qui est exigé des ingénieurs en transport augmenterait l'intérêt pour le génie des transports et leur permettrait de se concentrer sur l'acquisition de ces compétences pertinentes tout au long de leur baccalauréat. On pourrait également encourager les étudiants à participer à des sections étudiantes et à devenir membres étudiants dans des organisations professionnelles liées aux transports.
- La technologie pour l'enseignement à distance est à un point où les étudiants peuvent suivre des cours individuels dans des universités autres que celle qu'ils fréquentent. Compte tenu de la bonne coopération entre les programmes universitaires, cela peut permettre à un plus grand nombre d'étudiants d'avoir accès à des cours sur des compétences spécialisées.

## Défis

Les défis suivants ont été répertoriés en lien avec l'acquisition de compétences en vue des bouleversements technologiques à venir :

- Même si les professeurs et les universités veulent changer les programmes d'études pour enseigner de nouvelles compétences qui seront pertinentes dans l'avenir, ils sont tenus d'enseigner un contenu qui fournit une base pour une formation en génie, ce qui réduit le temps de programme disponible pour des compétences supplémentaires qui sont plus spécifiquement ciblées vers l'avenir. Le Bureau canadien d'agrément des programmes de génie a déterminé que cette base se trouve dans une compréhension de la conception technique, plutôt que par l'acquisition de compétences spécifiques. Par conséquent, les cours sont limités dans la façon dont ils peuvent changer leur contenu puisque les universités doivent maintenir leur agrément.
- Actuellement, les programmes de premier cycle ne mettent pas beaucoup l'accent sur le génie des transports, et cela ne changera probablement pas en raison du large éventail de sujets requis dans un diplôme de génie civil. Les étudiants des cycles supérieurs en génie des transports sont largement exposés à ce domaine du génie, mais la main-d'œuvre future ne peut pas être composée que d'étudiants des cycles supérieurs. Par conséquent, les attentes à court

terme des diplômés en génie civil dans les emplois en transport doivent tenir compte du fait qu'ils auront des formations en cours d'emploi.

- L'écart de compétences entre les diplômés de programmes préuniversitaires et les ingénieurs aptes à l'emploi s'élargit de plus en plus, et le programme de premier cycle en génie est donc de plus en plus étiré pour tenter de combler cet écart. Cela signifie que les professeurs qui enseignent au baccalauréat voient arriver des étudiants de moins en moins préparés à la rigueur des programmes de génie. Cela pose un défi important pour les universitaires.
- Le contexte du génie des transports est en train de changer dans de nombreux secteurs, pas seulement en technologie. Tout comme les cours d'urbanisme, les cours actuels en génie des transports doivent s'adapter aux préoccupations de la société qui passent de l'étalement urbain à l'environnement et à l'équité. Ces perspectives doivent être ajoutées au contenu des cours existants, ce qui laisse encore moins de place pour l'ajout de compétences spécifiquement applicables à la technologie d'un avenir caractérisé par les VCA ou d'autres technologies perturbatrices.

### Stratégie de leadership

Les universitaires ont proposé les stratégies suivantes qui pourraient aider le Canada à devenir un chef de file en matière de perfectionnement du PHQ pour un monde bouleversé par les technologies perturbatrices :

- Il faudrait mettre davantage l'accent sur cette question en tant que priorité politique du gouvernement fédéral.
- La taille relativement petite du Canada le désavantage par rapport à d'autres pays en ce qui a trait à la capacité d'offrir des programmes d'études spécialisées. Ce désavantage serait mieux surmonté par la mise en commun des ressources entre les universités et les programmes de perfectionnement professionnel, ce qui permettrait à certains établissements d'assumer le leadership dans certains domaines de formation et au pays d'avoir une approche globale plus efficace du développement des compétences spécialisées du PHQ. Un effort coordonné de la communauté universitaire de tout le pays permettrait le partage des connaissances et la coordination des programmes sur un plan pratique.

### Rôle des établissements

Les universitaires conviennent que le perfectionnement de la main-d'œuvre future ne devrait pas reposer exclusivement sur les épaules des établissements d'enseignement. Ils ont soulevé les points clés suivants concernant le rôle des universités et des collèges dans le perfectionnement de la main-d'œuvre :

- Les programmes de premier cycle n'ont pas la capacité d'enseigner toutes les compétences exigées du futur PHQ. Les programmes de premier cycle sont nécessaires pour enseigner aux étudiants comment apprendre et résoudre les problèmes, ce qui leur permet de développer les compétences professionnelles nécessaires après l'obtention de leur diplôme.
- Les universités doivent préparer les étudiants à des emplois qui existent, pas à des emplois qui n'existeront peut-être que dans l'avenir. Après avoir obtenu leur diplôme, les étudiants devraient être qualifiés et bien informés afin qu'ils puissent fonctionner efficacement dans le monde professionnel.

- La formation en génie devrait montrer aux étudiants quelles compétences seront nécessaires pour l'avenir, même si cela ne leur apprend pas toutes ces compétences en profondeur. Ces compétences n'ont pas besoin d'être adaptées aux besoins spécifiques des entreprises.

### 3.3 Associations professionnelles

La mobilisation des associations professionnelles s'est faite par l'entremise d'un sondage en ligne entre le 8 avril et le 24 mai 2021. Ce sondage visait à mieux comprendre :

- Les répercussions des technologies de transport perturbatrices sur les autorités routières au cours des 20 prochaines années
- Les compétences critiques en ingénierie et dans d'autres domaines, nécessaires pour surmonter les défis présentés par les technologies de transport perturbatrices
- Le niveau actuel de préparation pour relever les défis posés par les futures technologies perturbatrices
- Le rôle des organisations professionnelles dans le perfectionnement de la future main-d'œuvre en transport routier

Le sondage a été distribué à 29 associations professionnelles canadiennes et internationales, dont 11 ont répondu :

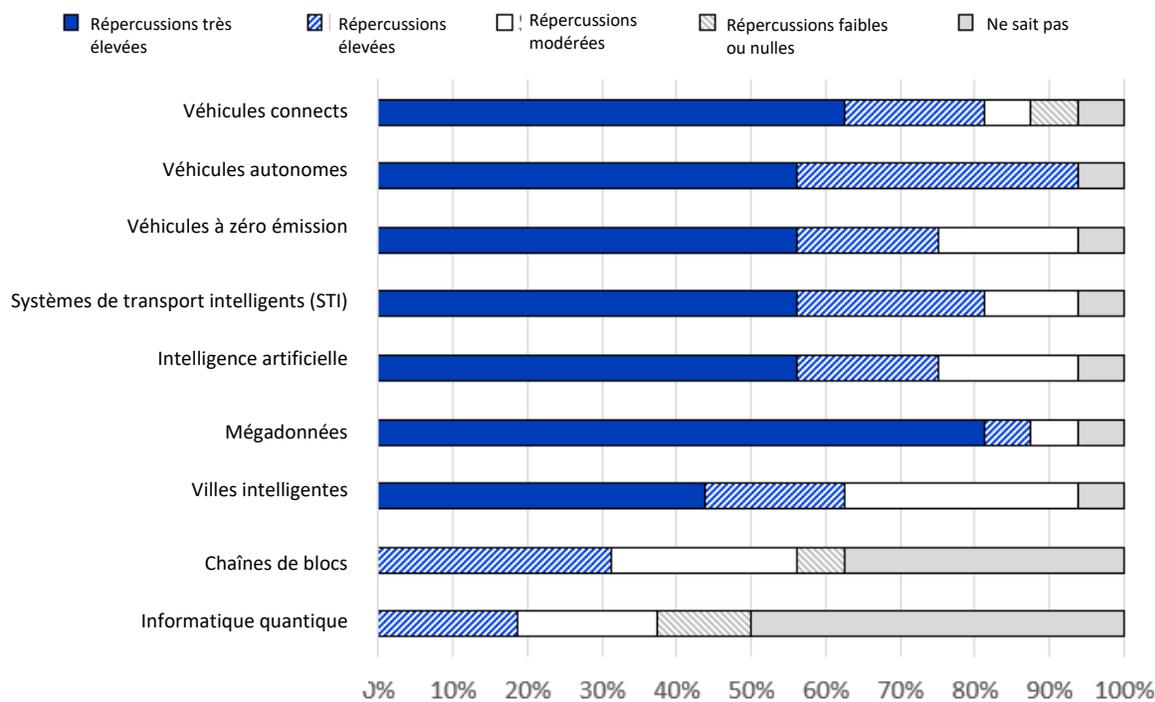
- Institut canadien des urbanistes (ICU)
- Ontario Good Roads Association (OGRA)
- Institute of Transportation Engineers (ITE)
- Institut canadien des ingénieurs en transport (CITE)
- Association canadienne du transport urbain (ACTU)
- Association canadienne des constructeurs de véhicules (ACCV)
- National Association of City Transportation Officials (NACTO)
- National Research Council (NRC)
- Association canadienne de normalisation (CSA)
- Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ)
- Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC)

#### Répercussions des technologies

La figure 2 montre les réponses des participants quant au niveau perçu des répercussions que diverses technologies perturbatrices devraient avoir sur les autorités routières canadiennes. Comme l'indique la figure, la plupart des participants (81 %) ont noté que les mégadonnées ont des répercussions très élevées sur les autorités routières. En outre, plus de 75 % ont identifié les véhicules connectés, les véhicules autonomes, les véhicules à zéro émission, les STI et l'intelligence artificielle comme des technologies à répercussions très élevées ou élevées. Les participants étaient divisés au sujet de l'incidence des villes intelligentes : 63 % les ont évaluées comme ayant des répercussions très élevées à élevées et 37 % estiment qu'elles ont des répercussions faibles ou inconnues. Plus de 40 % des

participants ne connaissent pas les répercussions futures des chaînes de blocs et de l'informatique quantique sur les autorités routières canadiennes.

Figure 2 : Répercussions attendues des technologies perturbatrices



### Importance des compétences

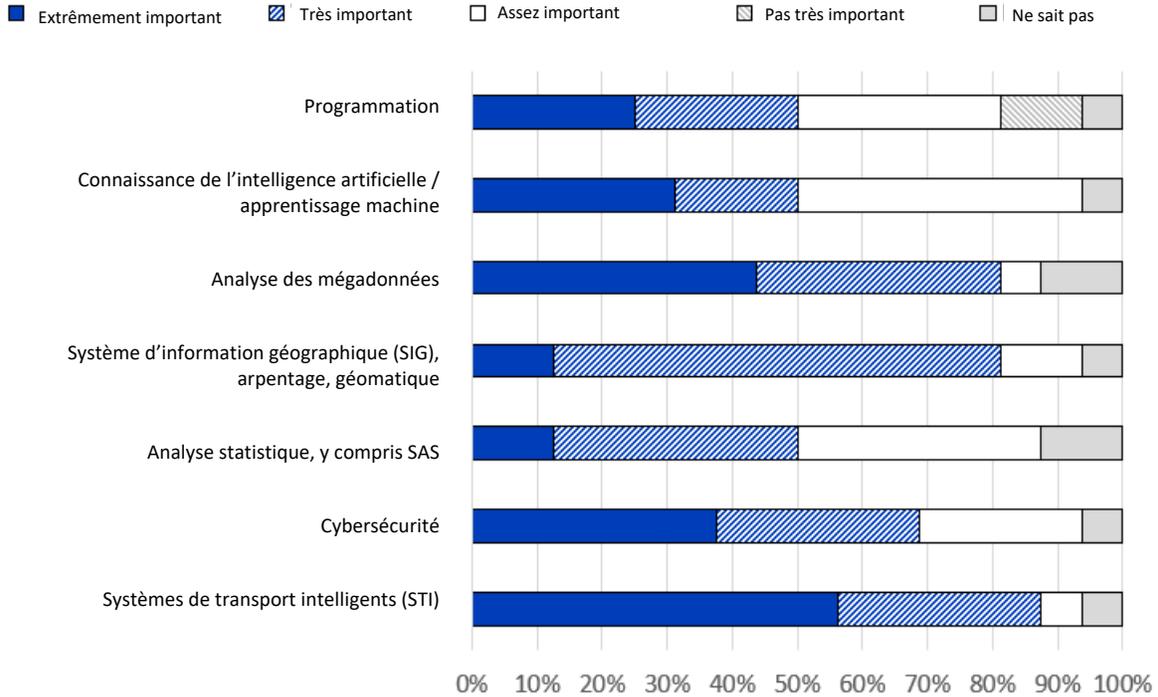
Les compétences techniques et fonctionnelles suivantes ont été classées par les participants en fonction de leur niveau relatif d'importance dans un avenir marqué par les technologies de transport perturbatrices pour le personnel d'ingénierie :

- Compétences techniques
  - Programmation informatique
  - Connaissance de l'intelligence artificielle/apprentissage machine
  - Analyse des mégadonnées
  - SIG, arpentage, géomatique
  - Analyse statistique, y compris SAS
  - Cybersécurité
  - Systèmes de transport intelligents
- Compétences fonctionnelles
  - Communication (verbale et écrite)
  - Résolution de problèmes
  - Pensée critique
  - Mobilisation de la population et des parties prenantes

Comme le montre la figure 3, plus de la moitié des répondants au sondage ont jugé les STI extrêmement importants, suivis de l'analyse des mégadonnées (43 %) et de la cybersécurité (38 %). Plus de la moitié

des répondants ont jugé que l'autre compétence de base extrêmement importante ou très importante était les SIG, l'arpentage et la géomatique. Les participants étaient divisés sur l'importance de la programmation informatique, des connaissances de l'intelligence artificielle/apprentissage machine et de l'analyse statistique. La moitié d'entre eux les ont jugées extrêmement à très importantes et les autres les ont jugées plutôt à pas très importantes ou inconnues.

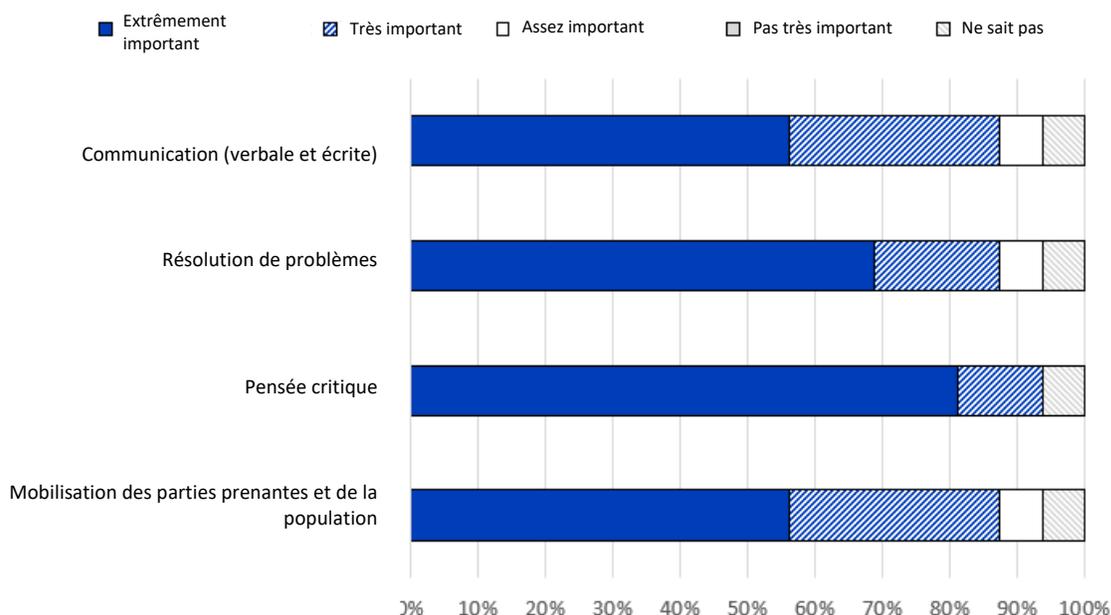
Figure 3 : Importance des compétences techniques pour le personnel d'ingénierie



La figure 4 montre que la plupart des participants (plus de 85 %) ont évalué la communication (verbale et écrite), la résolution de problèmes, la pensée critique et la mobilisation des parties prenantes et de la population comme des compétences d'ingénierie fonctionnelles extrêmement ou très importantes pour les autorités routières. De plus, les participants ont noté ce qui suit :

- La capacité d'évaluer les risques et d'agir avec des systèmes administratifs et bureaucratiques plus efficaces sera essentielle au succès des futures technologies perturbatrices sur les routes canadiennes.
- Une compréhension des répercussions des technologies de transport futures sur l'équité est une compétence essentielle nécessaire aujourd'hui.
- L'éthique, la technologie moralisatrice et, ensuite, la standardisation seront également des compétences essentielles pour assurer une distribution équitable des futures technologies perturbatrices.
- L'incidence et l'importance de l'intelligence artificielle/apprentissage machine sont difficiles à prédire, car il n'est toujours pas clair si un meilleur logiciel de détection et d'analyse peut fournir une technologie pour VCA déployable ou si l'intelligence artificielle et l'apprentissage machine seront essentielles à son succès.

Figure 4 : Compétences fonctionnelles requises pour le personnel d'ingénierie



### Niveau de préparation

On a demandé aux participants d'évaluer le niveau de préparation par rapport aux compétences techniques et fonctionnelles précédemment mentionnées. La plupart des participants (plus de 75 %) ont évalué l'effectif futur comme étant certainement ou quelque peu préparé relativement aux compétences suivantes : analyse de mégadonnées; SIG, arpentage et géomatique; et STI. Les participants étaient divisés sur la question de savoir si les futurs ingénieurs seront suffisamment préparés relativement à la programmation, aux connaissances de l'intelligence artificielle/apprentissage machine et à l'analyse statistique (y compris SAS). La plupart des participants ont estimé que le personnel d'ingénierie futur n'était certainement pas ou était quelque peu préparé par rapport aux compétences en cybersécurité.

En ce qui concerne les compétences fonctionnelles, la plupart des participants (plus de 70 %) ont évalué les effectifs d'ingénierie futurs comme étant certainement ou quelque peu préparés en ce qui a trait à la communication (verbale et écrite), à la résolution de problèmes, à la pensée critique et à la mobilisation de la population et des parties prenantes. De plus, les participants ont noté ce qui suit :

- Les compétences administratives nécessaires à un avenir technologique perturbateur résilient sont actuellement insuffisantes. La COVID-19 a mis en évidence cette lacune et les mises à niveau actuelles sont insuffisantes pour un avenir de VCA (p. ex., passer d'une participation en personne à une participation numérique).
- Il est essentiel de former des experts maîtrisant les compétences techniques dans lesquelles les autorités routières et le secteur privé sont actuellement déficients.
- La communication et la collaboration entre le personnel d'ingénierie et celui des autres services sont des compétences critiques pour le déploiement réussi des VCA.

- Les organismes de réglementation professionnels sont constamment à la traîne dans les nouvelles tendances et les perturbations technologiques et devront suivre le rythme de la technologie pour sa mise en œuvre sûre et réussie.

### Rôles des parties prenantes

Étant donné que différentes parties prenantes ont un rôle à jouer dans le perfectionnement de la future main-d'œuvre en transport, on a demandé aux répondants au sondage ce qu'ils pensaient de cette question. La figure 5, la figure 6 et la figure 7 illustrent les points de vue des répondants concernant le rôle que les universités et les collèges, les autorités routières et les associations professionnelles pourraient jouer dans le perfectionnement de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports.

Figure 5 : Points de vue des associations professionnelles sur le rôle des collèges et des universités

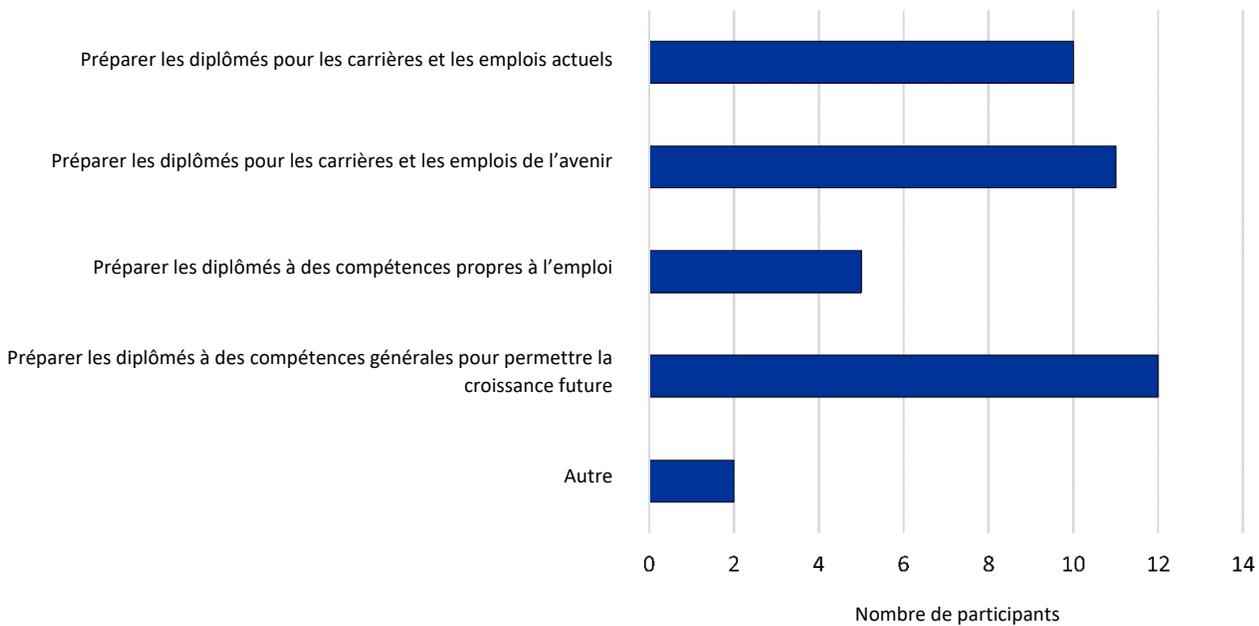


Figure 6 : Points de vue des associations professionnelles sur le rôle des autorités routières

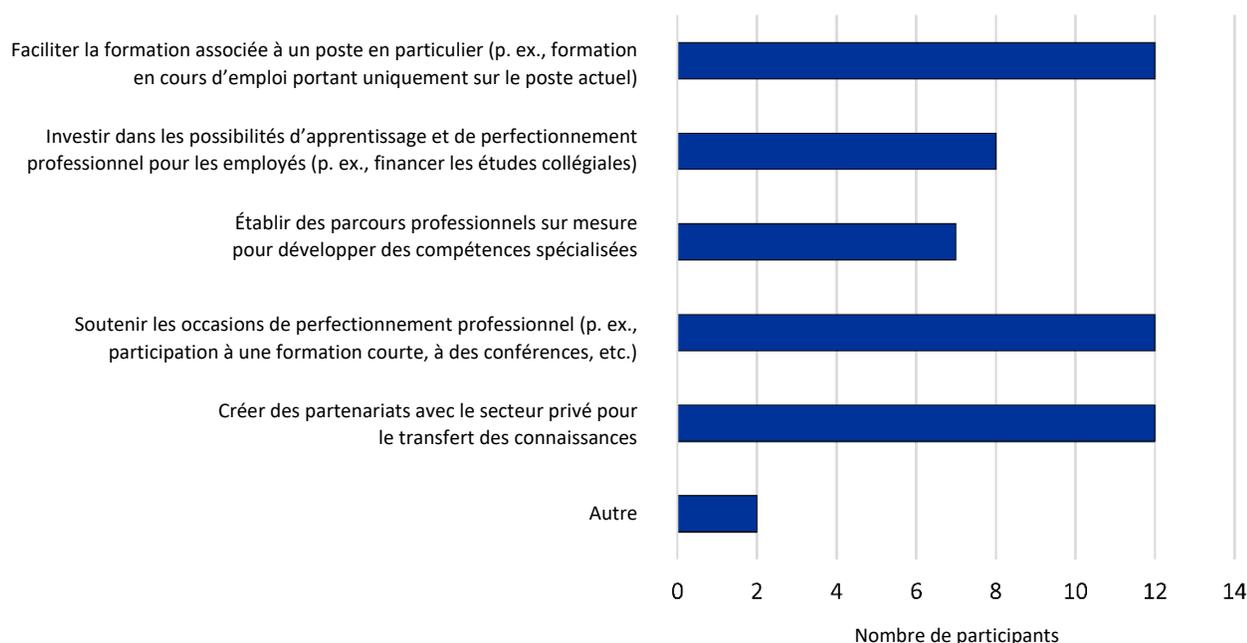
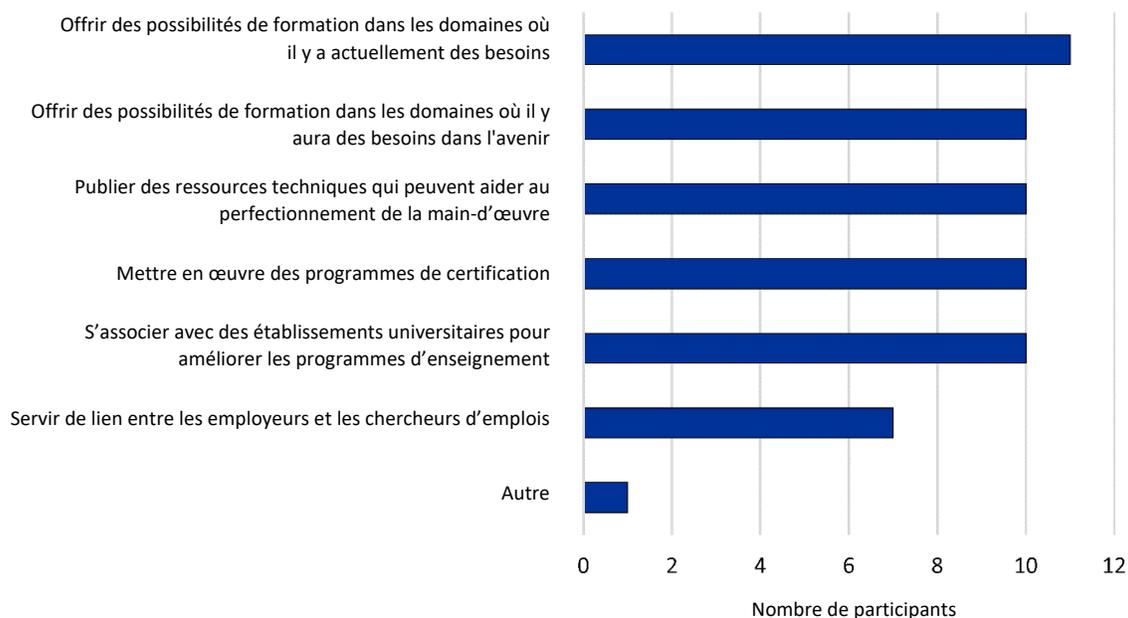


Figure 7 : Points de vue des associations professionnelles sur leur propre rôle



La plupart des répondants (12 sur 14) ont indiqué que les collèges et les universités devraient préparer les diplômés à des compétences générales pour permettre la croissance future. De plus, les participants ont noté que les diplômés devraient être adaptables et résilients au changement, et devraient avoir des connaissances de base en programmation.

La plupart des répondants (12 sur 14) ont déclaré que les autorités routières devraient faciliter la formation associée à des postes spécifiques (p. ex., formation en cours d'emploi portant uniquement sur

le poste actuel), soutenir les possibilités de perfectionnement professionnel (p. ex., participation à des formations courtes, conférences, séminaires, ateliers) et créer des partenariats avec le secteur privé pour le transfert des connaissances du personnel en vue du perfectionnement de la main-d'œuvre. Les répondants ont également souligné la nécessité de créer de nouveaux titres de poste pour les compétences futures, de travailler en partenariat avec d'autres paliers de gouvernement et de promouvoir l'échange de connaissances.

La plupart des répondants (12 sur 14) ont indiqué que les associations professionnelles devraient offrir des possibilités de formation dans les domaines où il y a actuellement des besoins. Les répondants ont également indiqué qu'elles devraient jouer un rôle neutre entre le secteur public et le secteur privé, et développer des ressources techniques basées sur les technologies émergentes et les meilleures pratiques éprouvées.

### Stratégies de leadership

Les associations professionnelles ont proposé les stratégies suivantes pour aider le Canada à devenir un chef de file en matière de perfectionnement du PHQ :

- Insister sur la nécessité d'un accès normalisé au financement de la formation pour inciter les chercheurs à comprendre les technologies perturbatrices dans le contexte local qui guidera l'élaboration de normes, de lignes directrices et de pratiques exemplaires.
- Accroître la collaboration entre le secteur public, les entreprises privées, les universités, les collèges et les organisations professionnelles.
- Analyser les études mondiales pour déterminer les lacunes actuelles du Canada par rapport à d'autres pays et déterminer les mesures nécessaires pour améliorer la position du Canada lorsque des VCA seront déployés sur les routes canadiennes.
- Soutenir la recherche universitaire sur les technologies émergentes grâce au financement et aux ressources humaines.
- Établir des méthodes d'évaluation de l'état de préparation de la main-d'œuvre qui ne possèdent pas de diplôme technique (p. ex., considérer que le PHQ peut être identifié et formé en dehors des canaux universitaires).
- Offrir au personnel occupant des rôles « de première ligne » (p. ex. construction, entretien, chauffeurs, personnel du service à la clientèle) des occasions d'acquérir des compétences techniques et d'apporter une plus grande diversité d'expériences pour évaluer les répercussions des villes intelligentes et des technologies perturbatrices.
- Le Canada devrait jouer un rôle clé dans l'élaboration et l'adoption de normes, la formation du PHQ et l'examen de la façon dont les efforts internationaux s'alignent sur les exigences canadiennes qui permettent le déploiement sécuritaire des VCA.

## 3.4 Secteur de la technologie

Des entrevues téléphoniques ont été menées entre le 26 mai et le 9 juin 2021 auprès de quatre entreprises privées dans l'écosystème des VCA : General Motors, BlackBerry, IBI Group et l'Autonomous Vehicle Innovation Network (AVIN). Ces entrevues visaient à obtenir un aperçu spécial des éléments suivants :

- Les principales tendances en matière de technologie qui auront une incidence sur les autorités routières au cours des 20 prochaines années
- Les défis et les possibilités pour combler les lacunes en matière de compétences résultant des technologies perturbatrices
- Les possibilités de développement des compétences du PHQ qui pourraient permettre au Canada de devenir un chef de file en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre dans une ère de technologies perturbatrices en transports.

### 3.4.1 Tendances et répercussions technologiques

Les changements technologiques devraient entraîner des changements importants dans la façon dont les systèmes de transport sont planifiés, conçus, exploités et entretenus. Les principaux points suivants ont été soulevés par les entreprises :

- Il est difficile de dire avec certitude comment la technologie évoluera au cours des deux prochaines décennies. Toutefois, certaines tendances technologiques sont évidentes :
  - Augmentation du déploiement des VCA et des systèmes associés
  - Augmentation du déploiement de l'IdO
  - Systèmes qui continueront à produire de grandes quantités de données
  - Systèmes qui introduiront de nouveaux modes de paiement pour différents services
  - Nouveaux modèles de mobilité et des technologies associées
  - Connectivité accrue entre les véhicules et les infrastructures
- La mesure dans laquelle certaines de ces tendances technologiques continueront de croître dépendra en grande partie de la population, car ce sont les consommateurs qui détermineront ce qui est nécessaire dans l'avenir et ce qui est accepté.
- La plus grande tendance technologique est liée à l'IdO (villes intelligentes, technologies intelligentes). Les transports sont au cœur de cette vision, en particulier du point de vue de la mobilité intelligente. Avec cette tendance vers l'IdO, il faudra que les autorités routières comprennent comment leurs infrastructures se connectent à l'écosystème plus vaste des espaces urbains, ce qui nécessitera un changement de paradigme quant à l'approche de la prestation de services. Il ne sera plus productif de travailler en silos, comme le font les autorités routières qui se concentrent uniquement sur les infrastructures routières. Il deviendra nécessaire pour les autorités routières d'examiner également la façon dont leurs réseaux interagissent avec d'autres composantes du système urbain. Les futures technologies de transport exigeront que les autorités routières adoptent une approche systémique pour comprendre les transports, les infrastructures routières, les règlements, les normes, etc.
- L'avenir de la technologie des transports sera largement axé sur le développement d'un système d'exploitation qui intègre la communication de tous les dispositifs technologiques dans un monde d'IdO. Les entreprises interrogées croient qu'il y a actuellement une idée fautive parmi beaucoup d'autres dans le domaine des transports qu'il suffit d'intégrer la technologie (comme les dispositifs IdO) dans les véhicules et les feux de circulation, par exemple, pour que ces dispositifs communiquent automatiquement les uns avec les autres. Toutefois, ce n'est pas le cas et il existe des défis à relever. En raison des implications importantes que cela aurait dans les transports (p. ex., quel ou quels systèmes d'exploitation deviendraient la norme), les autorités routières doivent être au courant de ces développements étant donné que tout investissement

dans les infrastructures routières sera affecté par le système d'exploitation. Par conséquent, il sera indispensable de comprendre comment le système fonctionne et ce qui peut être construit sur celui-ci.

- En raison des niveaux élevés des technologies perturbatrices, la cybersécurité deviendra une question cruciale. Bien qu'il s'agisse déjà d'un aspect essentiel des systèmes de transport, cet aspect deviendra plus important au fil du temps. On s'attend à ce que dans l'avenir marqué par des technologies perturbatrices, le transport soit une cible majeure pour les cyberattaques pour de nombreuses raisons, dont les suivantes : liens entre les systèmes privés et les systèmes publics, grande valeur attachée à la mobilité, problèmes de confidentialité et monétisation des données. Cela exigera des autorités routières qu'elles protègent non seulement la sécurité fonctionnelle de leurs systèmes, mais aussi la cybersécurité des infrastructures de transport. Pour ce faire, les autorités routières devront mettre en place des normes, des règlements et des politiques qui exigent des mesures spécifiques pour protéger les infrastructures contre les cyberattaques.
- Le financement représente un autre défi important pour les autorités routières, associé à l'évolution des technologies, car il nécessitera la détermination de différents flux générateurs de revenus. La gestion et l'utilisation de grandes quantités de données générées par l'exploitation de systèmes de circulation des personnes et des biens constituent également des défis pour les autorités routières, mais peuvent fournir une nouvelle source de revenus. Par exemple, les autorités routières pourraient envisager de facturer la capacité d'utiliser des robotaxis sur leur territoire. La monnaie serait les données.
- Les gouvernements ont la responsabilité de fournir des services sûrs, efficaces et rentables en matière de mobilité. Toutefois, ils peuvent tirer profit d'un rôle différent de celui qu'ils ont joué jusqu'à présent et devenir les fournisseurs de normes, de règlements et de contrôles, plutôt que les propriétaires de la technologie.
- L'incidence de la technologie sur la façon dont les autorités routières devront planifier, concevoir, exploiter et entretenir leurs systèmes ainsi que l'étendue de ces systèmes dépendront du siège de l'information, à savoir si c'est le véhicule ou les infrastructures routières. Parce qu'il serait trop coûteux de développer un système entièrement intégré avec des technologies de véhicules de pointe, des entreprises comme Waymo développent des technologies qui sont indépendantes des infrastructures publiques. Elles procèdent aussi de cette façon parce qu'elles estiment que la probabilité d'harmonisation dans les infrastructures routières est minime. Malgré ces investissements dans la technologie automobile, pour que tout véhicule soit intelligent, il devra communiquer avec les infrastructures qui l'entourent et avec le nuage.
- Il n'est pas dans l'intérêt des autorités publiques que toutes les compétences nécessaires se trouvent dans une organisation du secteur public. Les lacunes en matière de compétences devraient plutôt être comblées par l'acquisition ou la location de services associés à la gestion, à l'entretien et à l'exploitation de technologies perturbatrices et des données associées. Bien qu'il soit important que ces autorités disposent d'un personnel capable de comprendre la technologie dans le but de pouvoir acheter un service, elles n'ont pas à être en mesure de construire les solutions elles-mêmes. L'acquisition de services peut encore être facilitée par l'embauche de spécialistes capables de fournir des conseils stratégiques sur un sujet donné et qui pourraient également être ceux qui assemblent des offres d'achat. Toutefois, même si

l'impartition de bon nombre de ces services est une option, il demeure essentiel que les autorités routières comprennent les risques, les enjeux, les possibilités, les vulnérabilités et d'autres questions associées à leurs systèmes afin qu'elles puissent élaborer efficacement les normes, les règlements et les politiques nécessaires pour traiter les diverses questions importantes (p. ex., cybersécurité, mise en œuvre de l'IA). C'est l'approche que les secteurs de l'énergie et de la défense adoptent depuis de nombreuses années et qui devra s'inscrire dans un changement de paradigme pour les autorités routières.

### 3.4.2 Défis liés au développement des compétences

On reconnaît que plusieurs défis existent et continueront d'exister en ce qui concerne le développement des compétences pour un avenir modulé par des technologies perturbatrices. Voici des exemples relevés par les entreprises du secteur :

- L'évolution et la complexification des technologies créeront plusieurs sources de données différentes, qui nécessiteront des experts dans divers domaines, par exemple, des experts en nettoyage de données, des experts en courtage de données et des gestionnaires de consortium.
- Il y a des problèmes dans la façon dont les gens sont actuellement formés en génie des transports et en intelligence artificielle. Bien que ces deux domaines aient de fortes interactions, ils sont enseignés dans différents départements. Les ingénieurs en transport ne sont pas exposés à l'IA et les ingénieurs en informatique ou les informaticiens ne sont pas formés en génie des transports. Les autorités routières auront besoin de PHQ qui comprend les transports (véhicules et infrastructures), mais qui possède une formation en informatique ou en science des données. Cela exige que les deux principaux volets (génie des transports classique et informatique/technologie) se rejoignent, puisque l'approche disciplinaire traditionnelle ne réussira pas dans un monde de bouleversements technologiques.
- Le manque de professionnels ayant des compétences en ingénierie des transports et en informatique est considéré comme un frein à l'innovation dans le secteur des transports et est susceptible de mettre les systèmes de transport en danger. On croit également que cette lacune peut aussi empêcher les consommateurs de faire pleinement confiance aux technologies autonomes.
- Il existe un dilemme quant à savoir à qui devraient être enseignées les compétences qui seront nécessaires dans l'avenir. Une école de pensée veut que les ingénieurs civils devraient acquérir des compétences dans des domaines tels que la programmation, l'IA et l'analyse de données. Une autre école de pensée veut que les ingénieurs en informatique et les informaticiens devraient avoir de la formation en génie de la circulation. Cependant, certains participants du secteur privé croient que les ingénieurs civils sont mieux placés pour acquérir des compétences supplémentaires qui seront nécessaires aux autorités routières à l'ère des technologies perturbatrices. On leur enseigne déjà les fondements de l'ingénierie des transports essentiels pour la planification, la conception, l'exploitation et l'entretien des systèmes de transport. De plus, on croit que les efforts nécessaires pour former les ingénieurs en informatique et les informaticiens en génie de la circulation seraient plus importants que les efforts qui seraient nécessaires pour enseigner aux ingénieurs civils l'analyse des données et la compréhension des fondements de l'IA.

- Le manque de souplesse actuel pour modifier les programmes d'études constitue un obstacle important aux changements dans la façon dont le PHQ est formé.
- Il y a un décalage entre les programmes enseignés au niveau préuniversitaire et les connaissances requises à l'université. Il en résulte des défis importants en matière de formation des étudiants pour les emplois de l'avenir. La situation se complique davantage par le fait que les employeurs ont des attentes élevées en ce qui concerne les types de compétences que les nouveaux employés devraient posséder en commençant leur nouvel emploi.
- Il est important d'intéresser les jeunes à la technologie en vue de les amener à envisager une formation structurée et une carrière dans ce domaine. Bien que de nombreux jeunes soient attirés par la technologie dès leur plus jeune âge, l'inscription dans des programmes de génie et de technologie n'est pas aussi fréquente qu'elle pourrait l'être.

### 3.4.3 Possibilités de développement des compétences

Les entreprises participantes ont relevé les possibilités suivantes pour s'assurer que les autorités routières sont préparées à un avenir technologique perturbateur :

- Continuer d'encourager la collaboration entre le secteur privé et les établissements d'enseignement pour s'assurer qu'il y a suffisamment de communication et de compréhension concernant les besoins du secteur des transports et le contenu enseigné en classe. Le secteur des transports est disposé à fournir des incitatifs financiers pour des idées novatrices qui réunissent différentes disciplines et aimerait aider à façonner le programme. Les divers acteurs veulent être présents dans les classes et laisser les gens travailler avec leurs technologies. Ils veulent que les étudiants se familiarisent avec les technologies offertes afin qu'ils puissent continuer à les utiliser à mesure qu'ils entrent sur le marché du travail.
- Le perfectionnement de la main-d'œuvre pourrait également se faire par une certification dans les domaines d'intérêt émergents. Pour ce faire, on pourrait réunir le gouvernement, les entreprises et le milieu universitaire, en s'appuyant probablement sur des centres d'excellence pour diriger cette initiative de certification.
- Les autorités routières pourraient jouer un rôle important en soutenant les établissements d'enseignement afin de s'assurer que le futur PHQ bénéficie d'une formation continue. Toutefois, elles devraient également investir dans leur main-d'œuvre existante pour s'assurer qu'il y a toujours un renouvellement des connaissances.
- L'apprentissage intégré au travail s'est avéré une réussite dans certains secteurs industriels. Grâce à cette formule, les étudiants peuvent acquérir diverses compétences qui ne seraient pas nécessairement enseignées dans leurs programmes universitaires respectifs. L'apprentissage intégré au travail pourrait également être utilisé comme un outil efficace pour aider les nouveaux arrivants à mieux s'intégrer dans la main-d'œuvre professionnelle.
- Les formations courtes ou les microformations peuvent aider à répondre à certains des besoins des jeunes et des professionnels en milieu de carrière en ce qui concerne les lacunes dans les connaissances.
- La génération actuelle se soucie beaucoup du bien-être de la société. Les autorités routières pourraient tirer parti de l'incidence sociétale que les technologies de pointe peuvent avoir et attirer de jeunes étudiants vers des parcours professionnels qui incluent la haute technologie.

- Il sera possible et nécessaire de combler le fossé qui existe actuellement et continuera d'exister entre les nouveaux employés et les employés chevronnés. Une collaboration accrue pourrait aider à combler cet écart, ce qui profiterait à tout le monde.
- Il pourrait être possible de créer un diplôme spécial ou un programme de certification qui réunit un mélange unique de génie des transports et d'intelligence artificielle.

### 3.4.4 Possibilités pour le leadership

Les entreprises participantes ont indiqué les possibilités suivantes pour que le Canada puisse devenir un chef de file en matière de perfectionnement de la main-d'œuvre :

- Mieux intégrer les immigrants dans la population active canadienne. Il semble y avoir un décalage entre les exigences de qualification pour immigrer au Canada et l'intégration de ces nouveaux arrivants dans la population active canadienne. La preuve d'une formation de haute qualité est un aspect important de la qualification pour l'immigration, mais une fois que les gens arrivent au Canada, ils rencontrent plusieurs obstacles pour réussir dans des emplois hautement qualifiés. Dans de nombreuses situations, les immigrants finissent par abandonner leur domaine de compétence technique et acceptent des emplois de survie. Ce talent est alors perdu par la société.
- Le gouvernement fédéral doit investir dans le perfectionnement de la main-d'œuvre en ce sens.
- Le gouvernement fédéral doit élaborer une stratégie sur le perfectionnement de la main-d'œuvre. Cette stratégie devrait non seulement se concentrer sur la manière de former les jeunes, mais elle devrait également inclure des mesures liées au recyclage professionnel et au maintien en poste des personnes déjà formées. Le groupe des 30 à 55 ans a besoin de recyclage professionnel compte tenu des changements technologiques significatifs survenus au cours des 10 dernières années. De plus, il y a beaucoup de concurrence en matière de ressources humaines dans ce domaine et le Canada perd beaucoup de personnes au profit d'autres pays.

## 3.5 Sommaire des conclusions

La mobilisation des parties prenantes a révélé plusieurs problèmes et possibilités associés à la formation du PHQ dans l'optique d'un avenir modulé par des technologies perturbatrices. Une série de lacunes actuelles en matière de compétences a également été relevée ainsi que les compétences qui seront nécessaires dans l'avenir en ce qui a trait à la prestation de services liés à la planification, à la conception, à l'exploitation et à la gestion des systèmes de transport.

### Lacunes en matière de compétences

Les lacunes suivantes en matière de compétences existent dans la main-d'œuvre d'aujourd'hui :

- Analyse des données
- Programmation informatique
- Cybersécurité
- Connaissances générales en ingénierie de la circulation
- Compétences générales

Bien que les compétences nécessaires pour un avenir marqué par les VCA soient enseignées dans les programmes d'informatique et de génie électrique/informatique, cela ne se fait pas à la profondeur requise. La programmation est négligée dans les programmes de génie civil et de génie des transports parce qu'elle est considérée comme relevant du domaine du génie électrique/informatique et de l'informatique.

## Défis

Les défis importants associés à la formation du PHQ pour un avenir de technologies perturbatrices comprennent :

- L'évolution et la complexification des technologies créeront plusieurs sources de données différentes, qui nécessiteront des experts dans divers domaines, par exemple, des experts en nettoyage de données, des experts en courtage de données et des gestionnaires de consortium.
- Il y a des problèmes dans la façon dont les gens sont actuellement formés en génie des transports et en intelligence artificielle.
- Le manque de professionnels ayant des compétences en ingénierie des transports et en informatique est considéré comme un frein à l'innovation dans le secteur des transports et est susceptible de mettre les systèmes de transport en danger.
- Il existe un dilemme quant à savoir à qui devraient être enseignées les compétences qui seront nécessaires dans l'avenir.
- Le manque de souplesse actuel pour modifier les programmes d'études constitue un obstacle important aux changements dans la façon dont le PHQ est formé.
- Il y a un décalage entre les programmes enseignés au niveau préuniversitaire et les connaissances requises à l'université.

## Compétences nécessaires

Les compétences suivantes sont considérées comme essentielles pour un avenir marqué par les technologies perturbatrices :

- Capacité de diriger et de gérer des projets pilotes pertinents
- Connaissance de la cybersécurité
- Compréhension de l'IdO et de la manière de gérer les différentes demandes technologiques qui y sont associées
- Science des données
- Capacité de fonctionner dans plus d'un domaine technique
- Excellentes compétences en programmation informatique
- Capacité d'interagir avec la population et les parties prenantes
- Connaissances en ingénierie de la circulation combinées à des connaissances en programmation
- Communication (verbale et écrite)
- Résolution de problèmes
- Pensée critique
- Mobilisation de la population et des parties prenantes

## Possibilités

Les principales possibilités répertoriées pour aider à combler les lacunes actuelles en matière de compétences comprennent les suivantes :

- Favoriser la collaboration avec les universités et les collèges techniques
- Favoriser la collaboration avec le secteur privé
- Sensibiliser les jeunes élèves
- Mettre en place des équipes multidisciplinaires
- Créer des centres d'excellence
- Faire du perfectionnement de la main-d'œuvre en technologie des transports une priorité nationale, ce qui, en fin de compte, nécessite un financement suffisant
- Encourager les universités à établir des partenariats avec les établissements d'enseignement préuniversitaire pour stimuler le développement des talents, et ce, dès le plus jeune âge
- Introduire des études supérieures spécifiques sur les VCA et les technologies perturbatrices évoluées
- Créer des incitatifs financiers et soutenir les étudiants pour qu'ils s'inscrivent dans des formations en technologie des transports
- Créer une formation spéciale en dehors de la formation structurée en génie
- Former des ingénieurs civils à la programmation informatique et à des compétences similaires et former des informaticiens et des ingénieurs en informatique aux principes du génie des transports
- Offrir du perfectionnement professionnel pour les diplômés en génie au-delà des cours classiques de 12 semaines
- Permettre aux étudiants de suivre des cours d'autres universités et de les transférer vers leur université d'attache
- Offrir des mineures dans des domaines où il y a des besoins (intelligence artificielle, science des données, etc.)
- Élargir les placements en alternance travail-études
- Offrir des certificats d'études supérieures dans des domaines pertinents
- Offrir des programmes de premier cycle spécialisés en génie des transports comme solution de rechange au génie civil pour ceux qui s'intéressent aux transports et à la technologie
- Exploiter les possibilités d'enseignement à distance
- Créer des programmes de certification dans les domaines d'intérêt émergents
- Mettre en œuvre des programmes d'apprentissage intégré au travail
- Améliorer l'intégration des immigrants dans la population active canadienne



## 4. Analyse des lacunes

Ce chapitre résume les résultats d'une analyse des lacunes fondée sur l'analyse documentaire et la mobilisation des parties prenantes. Il répertorie des lacunes dans trois domaines :

- *Domaine 1 : Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports* – L'analyse relève cinq lacunes concernant les compétences techniques; les compétences générales; la coordination entre les programmes d'études primaires, secondaires, collégiales et universitaires; les normes de conception et d'agrément des programmes d'études postsecondaires; et le lien entre les diplômés à divers niveaux et les emplois dans le secteur des transports.
- *Domaine 2 : Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports* – L'analyse relève cinq lacunes concernant les compétences techniques; les compétences générales; les liens avec les établissements d'enseignement; le mentorat et le transfert de connaissances; et le développement de réseaux professionnels.
- *Domaine 3 : Pratiques en matière de ressources humaines et gouvernance des autorités routières* – L'analyse relève huit lacunes concernant le recrutement; le maintien en poste; l'équité, la diversité, l'inclusion (ÉDI); les obstacles entre les secteurs fonctionnels au sein d'une autorité routière; la prise de décisions basée sur le rendement et la gouvernance des données; le processus d'approvisionnement; la main-d'œuvre syndiquée; et le financement.

Pour chaque lacune, trois chiffres sont attribués : le premier représente le domaine associé (1, 2 ou 3), le second représente une lacune de deuxième niveau, et le troisième (le cas échéant) représente une lacune de troisième niveau. Ces codes sont utilisés pour identifier les relations entre les lacunes de deuxième niveau dans les trois domaines, et sont référencés dans le plan d'action présenté dans le chapitre suivant.

L'analyse tient également compte de la nature de l'organisation ou de l'autorité qui serait probablement responsable de combler chaque lacune (c.-à-d. établissement d'enseignement, organisation municipale, provinciale/territoriale ou nationale). Les lacunes associées aux établissements d'enseignement concernent les universités, les collèges et les écoles. Les lacunes nationales sont celles qui, si elles ne sont pas comblées, pourraient empêcher le pays dans son ensemble de développer des compétences suffisantes pour relever les défis futurs.

### 4.1 Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports

Tout en reconnaissant la nature multidisciplinaire de la profession des transports, les lacunes relevées dans le tableau 6 mettent l'accent sur le contexte du génie civil, qui représente le domaine d'études de la plupart des personnes participant à la planification, à l'exploitation, à la conception, à la construction, à l'entretien et à la gestion des systèmes de transport au Canada. Ce contexte comprend les programmes de génie civil habituellement offerts dans les universités accréditées et les programmes de technologie du génie connexes offerts dans les collèges et écoles techniques postsecondaires.

Tableau 6 : Lacunes — Formation de la future main-d'œuvre dans le secteur des transports

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
<p>1.1 <b>Lacunes en matière de compétences techniques (spécialisées)</b> : Cet ensemble de lacunes comprend des compétences techniques pertinentes pour les technologies de transport perturbatrices, jugées insuffisamment prises en compte dans les programmes de génie civil existants. Dans le contexte de la plupart des autorités de transport, les lacunes 1.1.1 (IA et ses compétences habilitantes en programmation, en techniques d'apprentissage machine, en statistiques et en exploration de données) et 1.1.8 (technologies de l'information et des communications et cybersécurité) représentent de nouvelles catégories d'emplois, tandis que les lacunes restantes représentent des améliorations progressives des catégories d'emplois existantes.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IA et ses compétences habilitantes en programmation, en techniques d'apprentissage machine, en statistiques et en exploration de données</li> <li>2. Conception assistée par ordinateur et logiciels propres aux transports</li> <li>3. Connaissances générales en génie des transports</li> <li>4. Systèmes de transport intelligents</li> <li>5. Mathématiques et statistiques appliquées</li> <li>6. Analyse spatiale, SIG et géomatique</li> <li>7. Technologies de la construction</li> <li>8. Technologies de l'information et des communications et cybersécurité</li> </ol>	2.1 2.3 3.1	Établissements d'enseignement
<p>1.2 <b>Lacunes en matière de compétences générales</b> : Cet ensemble de lacunes comprend des compétences générales pertinentes pour les technologies de transport perturbatrices, jugées insuffisamment prises en compte dans les programmes de génie civil existants. Dans le contexte de la plupart des autorités de transport, ces lacunes représentent des améliorations progressives des catégories d'emplois existantes.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Résolution de problèmes complexes et réflexion « globale », en particulier l'intégration d'épistémologies et de modes de pensée hors STIM</li> <li>2. Pensée critique</li> <li>3. Communication (écrite et verbale)</li> <li>4. Compréhension de la lecture</li> </ol>	2.2 2.3 3.1	Établissements d'enseignement
<p>1.3 <b>Coordination avec les programmes d'enseignement primaire et secondaire</b> : Cet ensemble de lacunes englobe les questions relatives aux programmes d'enseignement primaire et secondaire, en particulier, mais pas uniquement, dans les domaines des STIM.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manque de coordination entre les attentes des programmes d'études et les compétences en mathématiques, en statistiques et en analyse de données exigées par les technologies de transport</li> <li>2. Manque d'intégration entre les programmes d'apprentissage au secondaire et les programmes d'enseignement postsecondaire</li> <li>3. Sensibilisation minimale au secteur des transports pour les élèves du primaire et du secondaire</li> </ol>	2.1	Établissements d'enseignement Autorité provinciale
<p>1.4 <b>Conception de programmes d'études postsecondaires et normes d'agrément professionnel</b> : Bien que l'on reconnaisse la nécessité d'avoir des programmes d'enseignement pour répondre aux normes d'agrément pertinentes, il y a des</p>	2.3 3.3	Établissements d'enseignement

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
<p>lacunes associées à la conception de programmes d'études qui répondent à ces normes tout en répondant aux objectifs souhaités de formation des professionnels en transports.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Heures-crédits limitées au premier cycle pour développer les compétences techniques liées aux transports</li> <li>2. Demandes concurrentes d'heures-crédits pour se concentrer sur les compétences générales et d'autres questions importantes telles que l'intégration du contenu autochtone et l'équité</li> <li>3. Processus des établissements pour approuver les changements de programme, qui peuvent ne pas répondre rapidement à l'évolution des besoins technologiques</li> <li>4. Possibilités limitées de formation interdisciplinaire (p. ex., génie civil et génie informatique, génie civil et urbanisme)</li> <li>5. Possibilités limitées d'intégrer les programmes d'études en génie civil et les programmes en technologie du génie civil</li> <li>6. Manque d'accent mis sur les applications pratiques et les études de cas dans les programmes d'études</li> </ol>		<p>Autorité nationale</p>
<p>1.5 <b>Liens entre les diplômés et les emplois dans le secteur des transports</b> : Il est nécessaire d'améliorer les possibilités pour les étudiants et les diplômés d'interagir de diverses façons avec la main-d'œuvre.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Il est nécessaire d'élargir les programmes d'alternance travail-études, y compris les stages et les formations d'apprentis.</li> <li>2. Pour les étudiants et les diplômés en recherche avancée (en particulier les doctorants et les chercheurs postdoctoraux), il y a un manque d'accès ou de sensibilisation aux possibilités d'emploi en dehors du milieu universitaire.</li> <li>3. Manque d'environnements d'apprentissage intégrés (p. ex., cours en ligne, programmes de certification) permettant aux étudiants et aux professionnels en exercice d'apprendre et d'interagir.</li> </ol>	<p>2.3 3.1</p>	<p>Établissements d'enseignement</p>

## 4.2 Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports

Le tableau 7 répertorie les lacunes relatives à la formation ou au perfectionnement professionnel de la main-d'œuvre existante dans le secteur des transports (domaine 2). Bien que cette partie de l'analyse des lacunes porte principalement sur des questions intéressant les autorités routières, bon nombre de ces lacunes peuvent également intéresser le secteur privé.

Tableau 7 : Lacunes – Formation de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
<p>2.1 <b>Lacunes en matière de compétences techniques (spécialisées)</b> : Cet ensemble de lacunes comprend des compétences techniques pertinentes pour les technologies de transport perturbatrices, jugées insuffisantes au sein de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports. Dans le contexte de la plupart des autorités de transport, les lacunes 2.1.1 (IA et ses compétences habilitantes en programmation, en techniques d'apprentissage machine, en statistiques et en exploration de données) et 2.1.9 (technologies de l'information et des communications et cybersécurité) représentent de nouvelles catégories d'emplois, tandis que les lacunes restantes représentent des améliorations progressives des catégories d'emplois existantes.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IA et ses compétences habilitantes en programmation, en techniques d'apprentissage machine, en statistiques et en exploration de données</li> <li>2. Conception assistée par ordinateur et logiciels propres aux transports</li> <li>3. Connaissances générales en génie des transports</li> <li>4. Systèmes de transport intelligents</li> <li>5. Mathématiques et statistiques appliquées</li> <li>6. Analyse spatiale, SIG et géomatique</li> <li>7. Technologies de la construction</li> <li>8. Utilisation de l'équipement et électronique</li> <li>9. Technologies de l'information et des communications et cybersécurité</li> </ol>	1.1 1.3 3.1 3.2 3.5	Autorité municipale Autorité provinciale
<p>2.2 <b>Lacunes en matière de compétences générales (non techniques)</b> : Cet ensemble de lacunes comprend des compétences générales pertinentes pour les technologies de transport perturbatrices, jugées insuffisantes au sein de la main-d'œuvre actuelle dans le secteur des transports. Dans le contexte de la plupart des autorités de transport, seule la lacune 2.2.2 (questions éthiques liées aux données et à la technologie) représente une nouvelle catégorie d'emplois; les autres lacunes représentent des améliorations progressives des catégories d'emplois existantes.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Questions juridiques, responsabilité, propriété intellectuelle et assurance</li> <li>2. Questions éthiques relatives aux données et à la technologie</li> <li>3. Analyse de la réglementation et des politiques</li> <li>4. Gestion et supervision</li> <li>5. Contextualisation et réflexion « globale »</li> </ol>	1.2 3.1 3.2 3.5 3.6 3.7	Autorité municipale Autorité provinciale
<p>2.3 <b>Liens avec les établissements d'enseignement</b> : Malgré la disponibilité croissante d'options de formation et de perfectionnement professionnel, les autorités routières n'offrent pas suffisamment d'occasions ou d'incitations pour que les employés profitent de ces options.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cours en ligne offerts par les universités, les collèges et les associations professionnelles</li> <li>2. Programmes de certification officiels</li> <li>3. Programmes d'études formels, par lesquels les employés retournent aux études à titre d'étudiants adultes tout en conservant leur poste</li> </ol>	1.1 1.2 1.4 1.5 3.1	Autorité municipale Autorité provinciale

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
2.4 <b>Mentorat et transfert de connaissances</b> : Cet ensemble de lacunes englobe le besoin de mentorat et d'autres initiatives pour conserver ou améliorer les connaissances collégiales ou universitaires. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manque de programmes de mentorat structuré pour les nouveaux employés</li> <li>2. Manque de possibilités de transfert de connaissances entre les employés</li> <li>3. Manque de possibilités de transfert de connaissances entre les consultants et les employés des autorités publiques (consultants formant les employés des autorités publiques)</li> </ol>	1.5 3.1 3.2 3.4	Autorité municipale Autorité provinciale Autorité nationale
2.5 <b>Développement de réseaux professionnels</b> : Étant donné les besoins à grande échelle associés aux technologies perturbatrices en transport, il est nécessaire que les professionnels du domaine au sein de la main-d'œuvre existante développent des réseaux professionnels à l'échelle municipale, provinciale, nationale et internationale et participent à de tels réseaux.	3.2	Autorité municipale Autorité provinciale Autorité nationale

### 4.3 Pratiques en matière de ressources humaines et gouvernance des autorités routières

Le tableau 8 répertorie les lacunes relatives aux pratiques en matière de ressources humaines et à la gouvernance des autorités de transport (domaine 3). Bien que cette partie de l'analyse des lacunes porte principalement sur des questions intéressant les autorités routières, bon nombre de ces lacunes peuvent également intéresser le secteur privé.

Tableau 8 : Lacunes — Pratiques en matière de ressources humaines et gouvernance des autorités routières

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
3.1 <b>Recrutement des employés</b> : Cet ensemble de lacunes englobe les besoins concernant le recrutement des employés. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manque de compréhension des compétences techniques et de la nécessité de posséder ces compétences</li> <li>2. Problèmes pour répondre aux attentes en matière de rémunération des candidats</li> <li>3. Pratiques d'embauche inégales entre les services de l'autorité</li> <li>4. Processus plus long pour pourvoir les postes vacants au sein des grandes autorités</li> <li>5. Manque d'intégration avec les établissements d'enseignement, en particulier par la transmission de contenu de cours et l'offre de possibilités de formation</li> <li>6. Manque d'initiatives de recrutement pour attirer d'éventuels employés hautement qualifiés, y compris ceux en dehors des lieux de recrutement traditionnels</li> <li>7. Présence de politiques qui ne permettent pas des modalités d'embauche flexibles pour aider à attirer des employés éventuels</li> </ol>	1.1 1.2 1.5 2.1 2.2 2.3 2.4	Autorité municipale Autorité provinciale

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
<p>3.2 <b>Maintien en poste des employés</b> : Bien que la formation de la main-d'œuvre soit un besoin permanent, il y a des lacunes associées au maintien en poste des employés, en particulier au sein des autorités publiques.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Écart croissant entre les secteurs de transport public et privé (écart salarial, promotion ou possibilités de mobilité des travailleurs)</li> <li>2. Concurrence pour des compétences techniques similaires en dehors du secteur des transports</li> <li>3. Vieillesse de la main-d'œuvre créant des incertitudes quant au moment de la retraite et aux options de maintien en poste</li> </ol>	2.1 2.2 2.5	Autorité municipale Autorité provinciale
<p>3.3 <b>Équité, diversité et inclusion (ÉDI) et développement du PHQ</b> : Cet ensemble de lacunes reconnaît que certaines questions liées à l'ÉDI persistent au sein de la main-d'œuvre dans le secteur des transports.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recrutement et maintien en poste des femmes</li> <li>2. Recrutement et maintien en poste des membres des peuples autochtones</li> <li>3. Recrutement et maintien en poste de professionnels des transports formés à l'étranger</li> <li>4. Problèmes d'intégration des immigrants professionnels dans la population active canadienne</li> </ol>	1.4	Autorité municipale Autorité provinciale Autorité nationale
<p>3.4 <b>Barrières entre zones fonctionnelles (silos) au sein d'une autorité routière</b> : Les autorités routières fournissent traditionnellement des services dans des domaines fonctionnels bien définis, mais il est de plus en plus nécessaire de prendre des décisions en tenant compte simultanément de plusieurs de ces domaines.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Structures organisationnelles actuelles non propices à la collaboration entre les domaines fonctionnels</li> <li>2. Pratiques d'embauche actuelles affectant les employés à un domaine fonctionnel spécifique avec peu ou pas de flexibilité pour passer à d'autres domaines si nécessaire</li> </ol>	2.4	Autorité municipale Autorité provinciale
<p>3.5 <b>Prise de décision basée sur la performance et gouvernance de données</b> : À mesure que les autorités évoluent vers une prise de décision axée sur les données, il y a des besoins émergents liés à la gouvernance et à la gérance des données.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manque de pouvoir décisionnel officiel et de protocoles</li> <li>2. Nécessité d'une structure de gestion des données pour établir une hiérarchie et des protocoles entre les personnes impliquées dans la gouvernance des données</li> <li>3. Nécessité d'améliorer les politiques et les pratiques en matière de stockage, de conservation, de partage et de sécurité des données</li> </ol>	2.1 2.2	Autorité municipale Autorité provinciale
<p>3.6 <b>Processus d'approvisionnement</b> : Il est nécessaire de mettre en place des processus d'approvisionnement qui permettent une mobilisation opportune des entreprises et des entrepreneurs.</p>	2.2	Autorité municipale Autorité provinciale

Identification et description des lacunes	Lacunes connexes	Organisation
3.7 <b>Main-d'œuvre syndiquée</b> : On reconnaît le rôle important des syndicats au sein des autorités routières, et il y a des besoins associés à la diversité des exigences des différents syndicats et des incertitudes associées à la syndicalisation de nouveaux postes.	2.2	Autorité municipale Autorité provinciale
3.8 <b>Financement coordonné et fiable</b> : Il existe un besoin général de financement dédié et stratégique pour combler les lacunes répertoriées.	Toutes les autres lacunes	Établissements d'enseignement Autorité municipale Autorité provinciale Autorité nationale



## 5. Plan d'action

Dans ce chapitre, on recommande un plan d'action visant à combler les lacunes répertoriées au chapitre 4 dans un délai à court terme (5 ans), à moyen terme (10 ans) et à long terme (20 ans), en mettant un accent particulier sur le développement des talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant, ainsi que le recrutement et le maintien en poste des effectifs.

### 5.1 Mesures recommandées

Les mesures recommandées visent le développement de talents à l'échelle nationale, la formation du personnel existant ainsi que le recrutement et le maintien en poste des effectifs, en vue d'atteindre trois objectifs stratégiques :

- *Objectif 1 : Augmenter les compétences techniques et les compétences générales de la future main-d'œuvre du secteur des transports en vue d'améliorer la préparation à l'emploi – L'atteinte de cet objectif suppose de combler les lacunes du domaine 1 (voir la section 4.1).*
- *Objectif 2 : Accroître l'accessibilité des possibilités d'éducation et de formation en vue de favoriser le perfectionnement de la main-d'œuvre existante du secteur des transports – L'atteinte de cet objectif suppose de combler les lacunes du domaine 2 (voir la section 4.2).*
- *Objectif 3 : Améliorer les pratiques existantes en matière de ressources humaines et de processus de gouvernance en lien avec le perfectionnement de la main-d'œuvre – L'atteinte de cet objectif suppose de combler les lacunes du domaine 3 (voir la section 4.3).*

Les mesures recommandées sont présentées dans quatre tableaux :

- Le tableau 9 indique les mesures recommandées pour la formation de la future main-d'œuvre du secteur des transports.
- Le tableau 10 indique les mesures recommandées pour la formation de la main-d'œuvre actuelle du secteur des transports.
- Le tableau 11 indique les mesures recommandées en ce qui a trait aux pratiques en matière de ressources humaines et de gouvernance des autorités routières.
- Le tableau 12 indique les mesures associées à plus d'un thème.

Les tableaux contiennent l'information suivante pour chaque mesure recommandée :

- *Mesure à prendre* – un identifiant unique reflétant le thème principal, et une brève description
- *Lacune(s) visée(s)* – la ou les lacunes visées par la mesure recommandée (voir le chapitre 4)
- *Échéance* – une échéance de mise en œuvre à court terme (5 ans), à moyen terme (10 ans) ou à long terme (20 ans)
- *Facilitateur principal* – l'entité la mieux placée pour rendre la mesure possible, avec le soutien des autres
- *Partenaire(s)* – autres entités qui ont un rôle à jouer dans la réalisation de la mesure recommandée

- *Pilier(s) de l'Indice de préparation aux véhicules autonomes (AVRI)* – la ou les catégories de l'outil de classement mondial AVRI de KPMG qui mesure le niveau de préparation des pays à l'intégration des véhicules autonomes sur la base de quatre piliers (les politiques et les lois, la technologie et l'innovation, l'infrastructure, et l'acceptation par les consommateurs; le Canada s'est classé au 12<sup>e</sup> rang en 2020). Les catégories qui ont trait au développement du PHQ sont :
  1. Pilier sur les politiques et les lois
    - 1a. Règlements sur les VA
    - 1b. Future orientation du gouvernement
    - 1c. Efficacité du système juridique à contester les règlements
  2. Pilier sur la technologie et l'innovation
    - 2a. Brevets liés aux VA
    - 2b. Accessibilité des plus récentes technologies
    - 2c. Capacité d'innovation
    - 2d. Évaluation de l'infonuagique, de l'IA et de l'IdO
  3. Pilier sur l'infrastructure
    - 3a. Préparation à la transformation de l'infrastructure technologique

Tableau 9 : Mesures recommandées – Formation de la future main-d'œuvre du secteur des transports

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW1</b> Intégrer du contenu sur la science des données dans les cours de statistiques et de probabilités	La quantité de données collectées et disponibles pour les analyses techniques a considérablement augmenté, réduisant la nécessité d'un enseignement approfondi des probabilités et augmentant la nécessité d'un enseignement sur la science des données. Les cours de statistiques et de probabilités pourraient être adaptés pour répondre aux besoins actuels et futurs.	1.1	À court terme	<b>Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG)</b>	Établissements d'enseignement	2a 2c 2d
<b>EFW2</b> Intégrer des mineures en technologie dans les programmes de génie civil	Offrir des mineures en technologie (les sujets particuliers seraient choisis en fonction des besoins de l'industrie) inciterait les étudiants intéressés à développer des compétences qui ne sont normalement pas prévues dans le programme classique de génie civil et leur donnerait les atouts pour trouver des emplois qui nécessitent une combinaison de savoirs en génie civil et en technologie avancée. Par exemple, les mineures pourraient porter sur la science des données, l'intelligence artificielle, les VCA, la cybersécurité et les STI.	1.1	À moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Autorités routières provinciales Secteur privé	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW3</b> Veiller à ce que le développement des compétences générales soit intégré à tous les cours enseignés au premier cycle universitaire ainsi qu'aux cycles supérieurs	Nous avons des besoins actuels et futurs de professionnels et de technologues plus polyvalents : des personnes capables de fonctionner dans leurs propres domaines techniques, mais aussi de faire preuve d'esprit critique, de bien communiquer, de résoudre des problèmes complexes et de prendre de bonnes décisions. Ces compétences générales pourraient faire partie de tous les contenus enseignés aux divers cycles de l'enseignement universitaire.	1.2	À court terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	BCAPG	2a 2c 2d
<b>EFW4</b> Intéresser les élèves dès leur jeune âge (premier cycle du secondaire, ou avant)	En incitant les élèves à un jeune âge (environ au premier cycle du secondaire) à s'intéresser à la programmation et aux technologies avancées, en particulier celles qui ont trait au transport, les établissements d'enseignement, les autorités routières et les autres parties prenantes peuvent augmenter la probabilité que ces jeunes choisissent des carrières qui supposent l'application de technologies, de préférence en transport. Il pourrait s'agir par exemple de favoriser la participation à des activités comme la Semaine nationale du génie, des sorties de classe et d'autres activités parascolaires.	1.3	À moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie Organisations professionnelles	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW5 Collaborer avec des écoles secondaires pour assurer une transition réussie des élèves vers des programmes postsecondaires en STIM</b>	L'écart de compétences entre le secondaire et les études supérieures pourrait être comblé par une coordination avec les écoles secondaires afin que les élèves suivent des cours qui augmentent leurs capacités en matière de programmation et de technologies avancées.	1.3	À moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie Organisations professionnelles	2a 2c 2d
<b>EFW6 Créer un répertoire d'études de cas intégrant des applications de technologies des transports et des exemples pratiques à des fins d'enseignement</b>	La création d'un répertoire national d'études de cas intégrant des applications de technologies des transports et des exemples pratiques en ingénierie des transports et en applications de technologies des transports pourrait aider les professeurs d'université à partager un savoir unique avec les étudiants à tous les cycles universitaires.	1.4	À moyen terme	<b>ATC</b>	Universités Autorités routières provinciales	2b

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW7</b> Mettre en œuvre des occasions d'apprentissage flexibles pour les étudiants inscrits dans certains programmes en STIM	Comme toutes les universités n'ont pas la même capacité d'offrir des cours dans des domaines technologiques spécialisés, en particulier dans les programmes de premier cycle, les établissements d'enseignement devraient miser sur la flexibilité dans certains programmes en STIM en permettant aux étudiants de suivre des cours offerts dans d'autres universités et de les transférer facilement dans leur université d'attache. Cette démarche permettrait aux étudiants de suivre un programme d'études élargi afin d'acquérir des ensembles de compétences spécialisées que l'on exigera du PHQ dans l'avenir.	1.4	À moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Secteur privé	2a 2c 2d
<b>EFW8</b> Collaborer avec Ingénieurs Canada et le BCAPG en vue de modifier les programmes d'études	Il conviendrait de discuter des changements à apporter aux programmes d'études afin de s'assurer que le BCAPG et Ingénieurs Canada comprennent l'avenir des technologies perturbatrices et leurs répercussions sur le perfectionnement de la main-d'œuvre.	1.4	À long terme	<b>ATC</b>	BCAPG Établissements d'enseignement	2 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW9</b> Créer des instituts de perfectionnement de la main-d'œuvre	Pour aider à répondre aux besoins actuels et futurs en matière d'éducation de la main-d'œuvre dans le secteur des transports, des cours de formation à court terme pourraient être proposés par des professeurs et des spécialistes du secteur privé et du secteur public aux employés des agences de transport et aux professionnels à la recherche d'emplois dans le domaine de l'ingénierie des transports.	1.4	À moyen terme	<b>Emploi et Développement social Canada</b>	Établissements d'enseignement Secteur privé Transports Canada	1a 1b 1c 2a 2c 2d 3a
<b>EFW10</b> Mettre sur pied des programmes en génie géomatique	Le génie géomatique permet d'acquérir les compétences nécessaires à la pensée spatiale, aux SIG et à l'analyse des mégadonnées. Bien que certaines universités et certains collèges techniques offrent des programmes en génie géomatique, ce n'est pas le cas de tous les établissements d'enseignement. Ces établissements auraient avantage à élargir leurs programmes de premier cycle universitaire pour y inclure le génie géomatique.	1.1 1.2 1.3	À long terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	BCAPG	2a 2c 2d
<b>EFW11</b> Collaborer avec les établissements d'enseignement en vue de mettre à jour les programmes d'études	Le secteur privé et les autorités routières pourraient collaborer avec les établissements d'enseignement pour mettre à jour les programmes d'études afin de répondre à leurs besoins et d'assurer ainsi un renouvellement continu des talents.	1.1 1.2 1.3 1.4	À moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Secteur privé Autorités routières provinciales	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>EFW12</b> Créer des occasions de collaboration avec l'industrie et le gouvernement	Actuellement, les étudiants en génie ne sont pas exposés à suffisamment d'études de cas portant sur des systèmes plus vastes ou sur des enjeux de génie des transports plus détaillés. Les établissements d'enseignement pourraient collaborer avec l'industrie et le gouvernement pour exposer les étudiants à ce type d'études de cas qui amélioreraient leur formation.	1.1 1.4	De court à moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Secteur privé Autorités routières provinciales	1a 1b 1c 2a 2c 2d 3a

Tableau 10 : Mesures recommandées – Formation de la main-d'œuvre actuelle du secteur des transports

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>ETW1</b> Mettre sur pied des programmes de mentorat impliquant de nouveaux employés et des employés en voie de prendre leur retraite, de façon à conserver le savoir au sein de l'organisation	Comme une grande partie de la main-d'œuvre partira bientôt à la retraite, il est important d'établir des mécanismes qui assureront la planification de la relève tout en offrant des possibilités de mentorat aux nouveaux employés. Les autorités routières pourraient mettre en place des programmes de mentorat dans le cadre desquels les nouveaux employés seraient jumelés à des personnes sur le point de prendre leur retraite afin d'assurer le transfert des connaissances.	2.4	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>	ATC	2a 2c 2d
<b>ETW2</b> Soutenir et encourager le perfectionnement des compétences de la main-d'œuvre actuelle	Les autorités routières pourraient offrir des occasions de perfectionnement aux employés intéressés, soit en finançant leurs programmes d'apprentissage, soit en offrant une charge de travail à temps partiel afin que les employés aient le temps et la flexibilité de suivre des études et des formations externes.	2.1 2.2 2.3	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>	Établissements d'enseignement	2a 2c 2d
<b>ETW3</b> Soutenir et encourager le perfectionnement professionnel au sein des autorités routières	Des activités comme les conférences, les formations courtes ou les ateliers sont considérées comme offrant un bon retour sur l'investissement. Les autorités routières pourraient soutenir et encourager les employés à suivre des formations professionnelles en technologie des transports au moins une fois par année.	2.1 2.3 2.5	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>	Organisations professionnelles	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>ETW4</b> Créer des centres d'excellence dans les grandes villes du pays	En réunissant le gouvernement, l'industrie et les universités, la création de centres d'excellence pour le perfectionnement de la main-d'œuvre dans les technologies perturbatrices du domaine des transports pourrait grandement contribuer à la formation du PHQ. Ces centres d'excellence pourraient piloter la mise sur pied et l'administration de programmes nationaux de certification, la formation en ligne et l'établissement de réseaux professionnels favorisant la collaboration entre le gouvernement, l'industrie et le milieu universitaire.	2.3 2.4 2.5	De moyen à long terme	<b>Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG)</b>	Établissements d'enseignement Transports Canada Secteur privé	2a 2b 2c 2d

Tableau 11 : Mesures recommandées – Pratiques en matière de ressources humaines et de gouvernance des autorités routières

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>HR1</b> <b>Réévaluer les structures de rémunération actuelles</b>	Les structures de rémunération actuelles font qu'il est de plus en plus difficile d'attirer et de retenir les personnes ayant les compétences nécessaires pour répondre aux besoins toujours changeants des emplois. En réévaluant les structures de rémunération existantes, les autorités routières peuvent devenir plus concurrentielles par rapport au secteur privé et aux autres pays. La rémunération peut prendre une forme pécuniaire et non pécuniaire, et peut inclure des éléments comme l'augmentation du temps de vacances, des possibilités de télétravail, des incitatifs spéciaux pour l'atteinte de certains jalons, des horaires variables, et autres.	3.2	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>		1a 1b 1c 3a
<b>HR2</b> <b>Élaborer et mettre en œuvre une stratégie visant à mieux intégrer les personnes immigrantes dans la main-d'œuvre canadienne</b>	De nombreux immigrants arrivent au Canada avec des études et une formation en technologie des transports ou dans des domaines similaires (cela est dû au processus actuel de qualification de l'immigration qui accorde la préférence aux demandeurs qualifiés dans certains volets). Cependant, il n'existe aucun mécanisme établi pour aider ces nouveaux arrivants à trouver un emploi une fois qu'ils sont arrivés au Canada. Bien que des études supérieures réalisées à l'étranger constituent un atout pour l'immigration, elles ne sont pas facilement reconnues au Canada à des fins d'emploi (p. ex., en ingénierie et dans d'autres	3.3	De moyen à long terme	<b>Emploi et Développement social Canada</b>	Citoyenneté et Immigration Canada Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI	
	professions hautement spécialisées). Une stratégie visant une intégration harmonieuse des immigrants hautement qualifiés dans la main-d'œuvre canadienne permettrait de tirer pleinement parti d'importants atouts.						
<b>HR3</b>	<b>Travailler avec Ingénieurs Canada et les organismes locaux de réglementation de la profession d'ingénieur afin de répondre aux questions d'équité, de diversité et d'inclusion (ÉDI) en ingénierie des transports</b>	Ingénieurs Canada collabore avec les organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie de tout le pays afin d'accroître la représentation des femmes en génie grâce à son initiative « 30 en 30 ». L'objectif de cette initiative est de porter à 30 % le pourcentage d'ingénieures nouvellement titulaires d'ici 2030. Les autorités routières pourraient s'associer à cette initiative afin de garantir une plus grande diversité de leur main-d'œuvre dans les années à venir (non seulement dans les technologies du transport, mais aussi dans d'autres domaines).	3.3	À court terme	<b>Ingénieurs Canada</b>	Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie Établissements d'enseignement	1a 1b 1c 3a
<b>HR4</b>	<b>Créer des équipes multidisciplinaires pour assurer le transfert de connaissances</b>	La formation d'équipes multidisciplinaires chargées de travailler sur la prestation de services pourrait contribuer à garantir que la prise de décision se fasse au sein d'équipes multidisciplinaires et qu'il y ait un transfert continu de connaissances. Par exemple, le personnel des transports et celui des TI pourraient travailler ensemble pour élaborer des normes, des processus et des procédures. Une autre approche pourrait consister à jumeler le personnel des TI avec celui d'autres spécialités (p. ex., des ingénieurs électriques) et celui des	3.4	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>		1a 1b 1c 2a 2c 2d 3a

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
	transports pour stimuler le transfert de connaissances.					
<b>HR5</b> <b>Élaborer et mettre en œuvre des politiques et des protocoles sur la gouvernance et l'utilisation des données</b>	La mise en œuvre continue des technologies perturbatrices dans le domaine des transports entraînera la génération de grandes quantités de données. L'utilisation de ces données pourrait devenir une source de revenus pour les autorités routières, mais elle sera également exposée à des menaces à la cybersécurité. Il est important que les autorités routières élaborent des politiques et des protocoles clairs concernant la gouvernance et l'utilisation des données pour pouvoir continuer d'offrir des services sûrs, rentables et efficaces.	3.5	De court à moyen terme	<b>Autorités routières provinciales</b>		1a 1b 1c 3a
<b>HR6</b> <b>Élaborer des politiques et des protocoles concernant l'achat ou la location de services associés à la gestion, à l'entretien et à l'exploitation des technologies perturbatrices et des données associées</b>	L'achat de services peut être facilité par l'embauche de spécialistes qui peuvent fournir des conseils stratégiques sur des sujets donnés et qui peuvent aussi monter des dossiers d'achat. Pour s'assurer que cela est fait de manière efficace, les autorités routières pourraient élaborer des politiques et des protocoles pour faire appel aux services de ces spécialistes. Cependant, bien que la sous-traitance de plusieurs de ces services soit une option, il demeure essentiel que les autorités routières comprennent les risques, les problèmes, les possibilités, les vulnérabilités et les autres aspects associés à leurs systèmes afin de pouvoir élaborer efficacement les normes, les règlements et les politiques nécessaires pour répondre aux	3.6	À moyen terme	<b>Autorités routières provinciales</b>		1a 1b 1c 3a

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
	questions d'importance (p. ex., la cybersécurité, la mise en œuvre de l'IA).					
<b>HR7</b> <b>Élaborer et mettre en œuvre des programmes de financement pour le perfectionnement de la main-d'œuvre</b>	Les gouvernements pourraient élaborer et mettre en œuvre un soutien financier destiné aux apprenants adultes et aux professionnels intéressés par les programmes de perfectionnement et de recyclage des compétences afin de s'assurer que ceux-ci puissent prendre part à ces programmes de formation offerts en personne ou en ligne.	3.8	De court à moyen terme	<b>Emploi et Développement social Canada</b>	Transports Canada Secteur privé	1a 1b 1c 3a

Tableau 12 : Mesures recommandées – Thèmes multiples

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>M1 Financer les chaires de recherche en technologie des transports</b>	Le gouvernement fédéral ou le secteur privé pourrait mettre en œuvre un programme visant à financer des chaires de recherche du Canada ou des chaires de recherche industrielle dans le domaine des technologies des transports, qui répondent spécifiquement aux besoins en main-d'œuvre d'un avenir marqué par les technologies perturbatrices en transport. Ces chaires pourraient porter directement sur les VCA, l'IA, l'analyse de données, la science des données, la cybersécurité ou autres sujets d'intérêt.	1.1 1.2 1.3 1.5 3.1 3.3	De court à moyen terme	<b>CRSNG</b>	Secteur privé	1a 1b 1c 2b 3a
<b>M2 Accroître les possibilités d'alternance travail-études et les programmes d'apprentissage intégré au travail dans le domaine de la technologie des transports</b>	Avoir accès à des étudiants de tous les cycles universitaires est un moyen de former une main-d'œuvre solide pour l'avenir. Les autorités routières pourraient collaborer avec les établissements d'enseignement pour proposer des placements professionnels (p. ex., alternance travail-études, stages, programmes d'apprentissage intégré au travail) comme mécanisme de recrutement pour l'avenir. Les établissements d'enseignement pourraient également améliorer leurs programmes actuels d'alternance travail-études et d'apprentissage intégré au travail pour mettre l'accent sur les technologies des transports afin que les étudiants reçoivent la formation nécessaire pour les emplois actuels et futurs.	1.1 1.2 1.5 3.1	À moyen terme	<b>Autorités routières provinciales</b>	Établissements d'enseignement Secteur privé	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
<b>M3</b> <b>Créer un programme de premier cycle en génie des transports</b>	L'intérêt des étudiants de premier cycle pour le génie des transports a augmenté au cours des dix dernières années, et on s'attend à ce qu'il continue de croître pour les technologies des transports. Si la demande est suffisante, un programme de premier cycle dédié au génie des transports (plutôt qu'un programme de premier cycle en génie civil) pourrait être mis sur pied dans certaines universités canadiennes pour accélérer la formation d'un PHQ en vue d'un avenir marqué par technologies perturbatrices.	1.1 1.2 2.1 2.2	De moyen à long terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	BCAPG	2a 2c 2d
<b>M4</b> <b>Collaborer avec le secteur privé pour mettre sur pied des occasions de formations destinées à la main-d'œuvre existante</b>	L'industrie investit massivement dans les technologies perturbatrices en transports, tandis que le besoin en PHQ ne cesse de croître. Les établissements d'enseignement et les autorités routières pourraient établir des ententes de collaboration officielles permettant aux étudiants et aux employés actuels d'effectuer des stages dans des entreprises technologiques.	1.1 1.2 2.1 2.2	À court terme	<b>Secteur privé</b>	Établissements d'enseignement Autorités routières provinciales	1a 1b 1c 2a 2c 2d 3a
<b>M5</b> <b>Augmenter le nombre de cours au choix de nature technique dans les programmes de génie</b>	En augmentant le nombre de cours au choix de nature technique dans les programmes de génie, on pourrait combler les lacunes dans les connaissances des domaines suivants : IA, conception assistée par ordinateur (CAO) et logiciels propres aux transports, STI, technologies de la construction, technologies de l'information et des communications, cybersécurité, SIG et ingénierie du transport spécialisé.	1.1 2.1	De court à moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Secteur privé	2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI	
<b>M6</b>	<b>Travailler avec la Fondation de l'ATC pour élargir le programme de bourses d'études afin de cibler des carrières en technologie des transports</b>	En s'appuyant sur le programme de bourses d'études de la Fondation de l'ATC, on pourrait encourager les meilleurs étudiants (en particulier ceux des groupes sous-représentés, notamment les femmes, les peuples autochtones ou les immigrants) à poursuivre des études en technologie des transports en leur offrant des bourses ou des stages. Il pourrait s'agir de nouvelles possibilités, ou de possibilités existantes mises à jour et améliorées pour atteindre cet objectif.	1.3 3.3	À court terme	<b>Fondation de l'ATC</b>	Autorités routières provinciales Transports Canada Secteur privé	2a 2c 2d
<b>M7</b>	<b>Élaborer et mettre en œuvre des programmes de formation professionnelle destinés aux récents diplômés et aux professionnels en exercice dans les domaines des transports ou de la technologie</b>	Les modèles traditionnels de cours sur 12 semaines ne permettent pas de répondre à tous les types de développement des compétences. Les associations professionnelles pourraient mettre en place des activités de perfectionnement professionnel continu pour les personnes sur le marché du travail. En accédant à ces occasions de formation, le PHQ pourrait être mieux préparé à combler les lacunes en matière de compétences pour les emplois actuels et futurs.	1.4 1.5 2.3	De court à moyen terme	<b>ATC</b>	Associations professionnelles Secteur privé	2a 2c 2d
<b>M8</b>	<b>Mettre sur pied des programmes de certification sur divers sujets technologiques</b>	Il existe peu de possibilités pour les étudiants universitaires de tous cycles, ainsi que pour les professionnels en exercice, d'obtenir une formation complète en suivant les programmes universitaires/collégiaux établis. En créant des programmes de certification en ligne sur toute une série de sujets technologiques, les associations professionnelles pourraient aider la main-	1.5 2.3	À moyen terme	<b>Organisations professionnelles</b>	ATC	2a, 2c, 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI	
	d'œuvre actuelle et future à rester au fait des sujets technologiques d'aujourd'hui et de demain.						
<b>M9</b>	<b>Élaborer et mettre en œuvre une stratégie nationale sur le perfectionnement de la main-d'œuvre</b>	Le gouvernement fédéral pourrait élaborer une stratégie sur le perfectionnement de la main-d'œuvre, ou y intégrer les besoins du secteur des transports en vue d'un avenir marqué par les technologies perturbatrices en transport. Cette stratégie pourrait non seulement se concentrer sur la manière de former les jeunes, mais aussi inclure des mesures visant le recyclage professionnel et le maintien en poste de ceux qui ont été formés.	1.5 2.3 2.4 2.5 3.1 3.2 3.3 3.8	De court à moyen terme	<b>Emploi et Développement social Canada</b>	Transports Canada ATC	2a 2c 2d
<b>MD10</b>	<b>Élaborer et mettre en œuvre des stratégies locales sur le perfectionnement de la main-d'œuvre</b>	Les autorités routières devraient élaborer une stratégie sur le perfectionnement de la main-d'œuvre en vue d'un avenir marqué par les technologies perturbatrices en transports. Cette stratégie pourrait inclure des mesures visant le recrutement, le maintien en poste, l'équité, la diversité et l'inclusion (ÉDI), les questions syndicales, la rémunération, le transfert de connaissances, le perfectionnement et le recyclage des compétences.	1.5 2.3 2.4 2.5 3.1 3.2 3.3 3.7	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>	Emploi et Développement social Canada	2a 2c 2d
<b>MD11</b>	<b>Mettre en œuvre une formation par affectations successives au sein des autorités routières</b>	Les nouvelles recrues pourraient suivre un programme de formation par affectations successives dans le cadre duquel elles passeraient quelques mois dans un service, une division ou une direction, puis dans un autre service, division ou direction de façon à devenir des ingénieurs en circulation	2.1 2.2 2.4 3.4	À court terme	<b>Autorités routières provinciales</b>		2a 2c 2d

Mesure à prendre	Description	Lacune(s) visée(s)	Échéance	Facilitateur principal	Partenaire(s)	Pilier(s) AVRI
	polyvalents au fil du temps. Il s'agirait aussi de les exposer à tous les nouveaux aspects technologiques dans différents types de postes au sein de l'organisation.					
<b>MD12 Moderniser la formation des apprentis afin de la rendre plus flexible et adaptée aux besoins de l'industrie</b>	Les gouvernements devraient investir dans la modernisation de leurs programmes de formation des apprentis afin de les rendre plus flexibles et adaptés aux changements et aux besoins liés aux technologies perturbatrices en transports.	2.1 3.8	De court à moyen terme	<b>Établissements d'enseignement</b>	Autorités routières provinciales	2a 2c 2d



## 5.2 Principes directeurs et rôles organisationnels

Cette section traite des considérations relatives à la mise en œuvre du plan d'action. Elle présente un ensemble de principes directeurs, les organisations qui pourraient prendre une part active ainsi que leurs rôles, et précise de quelle façon l'ATC peut instaurer le plan d'action.

### 5.2.1 Principes directeurs

Les principes suivants peuvent guider la mise en œuvre du plan d'action contenu dans ce chapitre. L'objectif, lorsque l'on aborde le perfectionnement de la main-d'œuvre dans un monde de technologies perturbatrices, est que les facilitateurs principaux et les partenaires choisissent une approche qui respecte ces principes.

**Collaborer.** Pour préparer un avenir marqué par les technologies perturbatrices, le perfectionnement de la main-d'œuvre exigera une collaboration étendue au sein des autorités routières et entre celles-ci, le secteur privé et les établissements d'enseignement. De plus, le gouvernement fédéral a un rôle à jouer en ce qui concerne les possibilités de perfectionnement professionnel qui appuient les initiatives provinciales et territoriales. La collaboration aux premiers stades du perfectionnement de la main-d'œuvre peut aider à accroître la pépinière de PHQ futur, ainsi qu'à augmenter les possibilités de formation et de recyclage professionnel du PHQ existant.

**Planifier et évaluer.** Les défis associés aux futurs services de transport dans un environnement de technologies perturbatrices sont nombreux. Il importe que les autorités routières élaborent des plans clairs et réalistes qui appuieront le perfectionnement de la main-d'œuvre d'une façon qui favorise la croissance technique et personnelle. Ces plans devraient être régulièrement évalués pour en mesurer l'efficacité et assurer leur succès.

**Favoriser la croissance.** À mesure que les technologies avancées imprègnent le système de transport, il est important d'encourager le perfectionnement technique et professionnel continu des employés actuels. Le bon rendement devrait être reconnu pour assurer une croissance continue et encourager les autres membres du personnel.

**Renforcer les capacités des employés.** Il convient d'encourager les employés à agir en vue de leur épanouissement professionnel et technique au sein de l'organisation. Dans la mesure du possible, on pourrait fournir un soutien financier pour les aider à développer leurs connaissances dans les domaines où il y a des besoins au sein de l'autorité routière.

### 5.2.2 Principales organisations et leurs rôles

Compte tenu de la complexité de ce problème et suivant le principe de collaboration indiqué précédemment, veiller à ce que le personnel des autorités routières soit prêt pour une ère marquée par les technologies perturbatrices nécessitera l'identification de facilitateurs principaux pour chaque mesure à prendre et de partenaires qui ont un intérêt dans la mesure recommandée, ainsi que la formation de partenariats visant à favoriser une collaboration continue et une gestion globale du plan d'action.

Comme le montrent les tableaux 9 à 12, au moins un facilitateur principal et un partenaire ont été identifiés pour chaque mesure. Bien que ce plan d'action ait été élaboré dans le cadre d'un projet

financé et administré par l'ATC, on reconnaît qu'une mise en œuvre réussie du plan d'action suppose nécessairement la participation d'autres entités. En effet, bon nombre des mesures à prendre sortent du rayon d'action de l'ATC en tant qu'organisation. Pour faciliter l'exécution du plan d'action, le tableau identifie, à partir des recherches et des consultations approfondies menées dans le cadre de ce projet, un facilitateur principal qui serait le plus susceptible d'aider à réaliser chaque mesure recommandée. Ces facilitateurs principaux auront besoin du soutien et de la collaboration d'autres entités ou partenaires afin de réussir la mise en œuvre du plan.

Par exemple, la mesure EFW1 dans le tableau 9 recommande l'intégration de contenu sur la science des données dans les cours de statistiques et de probabilités des programmes de génie. Bien que cela relève de la compétence des établissements d'enseignement plutôt que des autorités routières, il s'agit d'une chose à faire si l'on veut que la pépinière de talents aille dans la bonne direction. Dans cet exemple, le tableau indique que le Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG) est l'entité qui aurait le plus de chances de réussite pour cette mesure. Il est vrai que chaque établissement d'enseignement a un rôle essentiel à jouer dans la réalisation des changements nécessaires aux programmes d'études, mais le BCAPG a le pouvoir d'imposer de tels changements par le processus d'agrément.

Le plan d'action identifie les facilitateurs principaux et les partenaires suivants pour les différentes mesures recommandées (répertoriées par ordre d'apparition).

**Bureau canadien d'agrément des programmes de génie (BCAPG).** En tant qu'entité responsable de l'agrément des programmes de génie de premier cycle au Canada, le BCAPG indique les exigences universitaires pour obtenir un permis comme ingénieur professionnel au pays. Toute modification des programmes d'études devra être effectuée en collaboration et en consultation avec le BCAPG.

**Établissements d'enseignement.** Tous les établissements d'enseignement (universités et collèges techniques) sont dans une position unique pour aider à faire progresser le perfectionnement de la main-d'œuvre au Canada et à préparer les diplômés à un avenir marqué par les technologies perturbatrices dans les transports. Bon nombre des mesures recommandées dans le plan nécessitent l'apport et le leadership des établissements d'enseignement, ainsi qu'une collaboration avec le secteur privé et le gouvernement pour assurer des résultats fructueux en matière de PHQ.

**Autorités routières provinciales.** Les autorités routières provinciales sont dans une position unique pour aider à la mise en œuvre de diverses mesures en amenant différents ministères provinciaux à contribuer aux mesures liées à l'éducation ou à la formation. Elles peuvent également collaborer avec les divers acteurs qui coordonnent la mise en œuvre des différentes mesures et peuvent aider à soutenir les programmes de perfectionnement des compétences internes.

**Secteur privé.** Le secteur privé est à l'origine de la plupart des développements technologiques qui influencent et continueront d'influencer le transport. En tant que développeurs de technologies et employeurs potentiels, les entreprises ont un rôle important à jouer en fournissant diverses voies d'accès au marché du travail. Bon nombre des mesures incluses dans ce plan nécessitent la participation du secteur privé, qui peut prendre de nombreuses formes (p. ex., partenariats avec des établissements d'enseignement, création de programmes de perfectionnement à l'interne, soutien financier à la formation).

**Organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie.** Les organismes d'attribution des permis d'exercice en ingénierie ont notamment pour but de promouvoir et d'accroître les connaissances, les compétences et les aptitudes des professionnels et des étudiants dans tous les domaines liés à

l'ingénierie. Ainsi, ces organismes, y compris Ingénieurs Canada, peuvent jouer un rôle dans les mesures de sensibilisation auprès des élèves du secondaire, par exemple.

**Organisations professionnelles.** Des organisations professionnelles telles que l'Institut canadien des ingénieurs en transport, l'Institute of Electrical and Electronics Engineers, la Société des systèmes de transport intelligents du Canada, la Society of Automotive Engineers, etc., peuvent fournir un soutien considérable pour des mesures supposant une formation spéciale en dehors du milieu universitaire, le perfectionnement des compétences, des programmes de certification et autres.

**ATC.** L'ATC appuie le développement d'une main-d'œuvre qualifiée et interdisciplinaire dans le secteur des transports au Canada et peut faciliter la collaboration entre les principaux intervenants.

**Emploi et Développement social Canada (EDSC).** En tant qu'organisme gouvernemental responsable d'améliorer le niveau de vie et la qualité de vie de tous les Canadiens en favorisant une main-d'œuvre hautement qualifiée, EDSC a un rôle de premier plan à jouer dans la mise en œuvre de mesures qui ont une portée à l'échelle nationale. Il pourrait s'agir d'une aide à la création d'instituts de perfectionnement de la main-d'œuvre, ou d'une collaboration avec d'autres partenaires afin d'améliorer la façon dont les immigrants sont intégrés dans la population active canadienne.

**Transports Canada.** À l'instar des autorités routières provinciales, Transports Canada occupe une position unique pour contribuer à la mise en œuvre de diverses mesures prévues dans ce plan. En particulier, Transports Canada peut appuyer des mesures ayant une portée à l'échelle nationale.

**Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG).** Le CRSNG est le plus important promoteur de la découverte et de l'innovation au Canada. Il collabore avec les universités, les collèges, le secteur privé et les organismes à but non lucratif afin de créer des possibilités et d'attirer de nouvelles expertises pour faire progresser le milieu canadien de la recherche. Il est ainsi bien positionné pour prendre en charge deux des mesures visant le perfectionnement futur de la main-d'œuvre à l'échelle nationale.

**Citoyenneté et Immigration Canada.** En tant qu'organisme gouvernemental qui administre des programmes d'immigration comme Entrée express, lequel offre aux immigrants qualifiés souhaitant s'établir au Canada un processus de demande convivial, ce ministère a des possibilités de collaboration avec d'autres organismes gouvernementaux tels que EDSC pour s'assurer que les nouveaux arrivants qualifiés peuvent intégrer correctement le marché du travail. Certaines mesures de ce plan proposent des améliorations dans la façon dont les immigrants qualifiés possédant une expertise dans les technologies perturbatrices peuvent s'intégrer à la population active canadienne.

**Fondation de l'ATC.** En tant qu'organisation d'importance qui appuie les besoins en formation et en perfectionnement du PHQ du secteur canadien des transports, la Fondation de l'ATC est bien placée pour jouer un rôle de chef de file, en collaboration avec d'autres partenaires, en élargissant le programme de bourses pour cibler les carrières en technologie des transports.

### 5.2.3 Pour débiter

L'ATC peut jouer un rôle central dans le lancement de bon nombre des mesures recommandées, y compris plusieurs « méta-mesures » dont pourraient découler d'autres mesures. L'ATC pourrait :

- Sensibiliser ses membres et ses entités bénévoles au présent rapport et à ses recommandations.
- Sélectionner des mesures prioritaires qu'elle juge les plus critiques.

- Créer du contenu informatif pour mobiliser les organisations partenaires et alliées, en se concentrant sur les objectifs communs, les mesures possibles et les avantages mutuels.
- Organiser un sommet avec les organisations partenaires et alliées pour discuter du présent rapport et des mesures possibles.

## Bibliographie

- Adams, T. et Hart, M. (2017). *Region V Transportation Workforce Assessment and Summit*. NEXTRANS Center, Purdue University. (<https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/35522>)
- Ahmadjian, C., Knodler, M., Fitzpatrick, C., Ryan, A. et Bouchard, C. (2018). *Measuring the Effectiveness of Competency Models for Job-Specific Professional Development of Engineers & Engineering Technicians*. Burlington: New England Transportation Consortium. ([https://www.newenglandtransportationconsortium.org/wp-content/uploads/NETC\\_Final\\_14\\_1\\_updated-1.pdf](https://www.newenglandtransportationconsortium.org/wp-content/uploads/NETC_Final_14_1_updated-1.pdf))
- Arcadis. (2017). *Sustainable Cities Mobility Index 2017: Bold Moves*. Arcadis. (<https://www.arcadis.com/campaigns/scmi/index.html>)
- Bills, T. (2019). « Chapter 2: The great transformation: the future of the data-driven transportation workforce. » dans T. Reeb, *Empowering the New Mobility Workforce*, pp. 31-62, Elsevier.
- Bureau exécutif du président des États-Unis. (2016). *Artificial Intelligence, Automation, and the Economy*. Washington D.C.: Executive Office of the President of United States. (<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>)
- Butler, J. et Harrington, M. (2018). *Workforce Challenges in Implementing Transportation System Management and Operations within Caltrans*. Berkeley: The University of California Institute of Transportation Studies. (<https://escholarship.org/uc/item/4j3023xk>)
- California State University. (2019). *National Transportation Career Pathways Initiative: Final Project Report*. Long Beach: USDOT. (<https://www.nntw.org/wp-content/uploads/2020/04/NTCPI-Year-Two-Report-final.pdf>)
- Centre for Connected and Autonomous Vehicles. (2018). *UK Connected & Autonomous Vehicle Research & Development Projects 2018*. London: gouvernement du Royaume-Uni. ([https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/737778/ccav-research-and-development-projects.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/737778/ccav-research-and-development-projects.pdf))
- Chang, K., Lutz, B. et Brown, S. (2019). *Workforce Development Needs and Objectives of Today's Transportation Engineering Professional: A Regional Case Study. 2019 ASEE Annual Conference and Exposition* (13p.). Boulder, CO: American Society for Engineering Education. (<https://peer.asee.org/33668>)
- Commission de formation de l'Est ontarien. (2021). *Eastern Ontario Training Board*. Extrait de Eastern Ontario Training Board: <https://eotb-cfeo.on.ca/>
- Conseil des Compétences futures. (2020). *Le Canada – Une nation axée sur l'apprentissage : Une main-d'œuvre qualifiée et souple, prête à définir l'avenir*. Ottawa : Emploi et Développement social Canada, gouvernement du Canada. ([https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2020/edsc-esdc/Em16-20-2020-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/edsc-esdc/Em16-20-2020-fra.pdf))

Contra Consta Transportation Authority. (2019). *3D Printed Self-Driving Shuttle, Olli, Undergoes Testing at GoMentum Station*. Extrait le 26 janvier 2021 de CCTA: <https://ccta.net/2019/10/16/3d-printed-self-driving-shuttle-olli-undergoes-testing-at-gomentum-station>

Cronin, B. et Alexander, A. (2019). « Chapter 6: Responding to the demographic and skill shifts in the mobility workforce. » dans T. Reeb, *Empowering the New Mobility Workforce*, pp. 125-148. Elsevier.

CTIC et CAVCOE. (2020). *Avancées dans le domaine des véhicules connectés et autonomes : contexte actuel et tendances futures*. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). ([https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/04/CAVs-FR.Final\\_.0423.pdf](https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/04/CAVs-FR.Final_.0423.pdf))

Cutean, A. (2017). *Autonomous Vehicles and the Future of Work in Canada*. Ottawa, Canada: Conseil des technologies de l'information et des communications. ([https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2018/01/ICTC\\_-Autonomous-Vehicles-and-The-Future-of-Work-in-Canada-1-1.pdf](https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2018/01/ICTC_-Autonomous-Vehicles-and-The-Future-of-Work-in-Canada-1-1.pdf))

Deloitte. (2020). *2020 Global Automotive Consumer Study*. Deloitte. (<https://www2.deloitte.com/xe/en/pages/consumer-business/articles/global-automotive-trends-millennials-consumer-study.html>)

Ehteshami, G. R. (2020). Educational and workforce development through creation of programs in transportation to generate future careers for our students in Navajo Nation region. Baton Rouge: Transportation Consortium of South-Central States. (<https://trid.trb.org/View/1716811>)

Farah, H., Erkens, S., Alkim, T. et ven Areem, B. (2017). « Infrastructure for Automated and Connected Driving: State of the Art and Future Research Directions » dans G. Meyer et S. Beiker (eds), *Road Vehicle Automation 4. Lecture Notes in Mobility*, pp. 187-197, Springer.

Forum économique mondial. (2019). *Towards a Reskilling Revolution: Industry Led Action for the Future of Work*. Suisse : Forum économique mondial. (<https://www.weforum.org/reports/towards-a-reskilling-revolution>)

Gerdes, J. (2018). *Not So Fast. Fully Autonomous Vehicles Are More Than a Decade Away, Experts Say*. Extrait de GTM Mobility: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/fully-autonomous-vehicles-decade-away-experts#gs.MWDg6DE>

Goldsmith, S. et Cmar, W. (2019). « Chapter 3: Mobility management for smart cities professionals » dans T. Reeb, *Empowering the New Mobility Workforce*, pp. 63-77, Elsevier.

Gouvernement du Canada. (16 mars 2021). *Carrefour de l'apprentissage*. Extrait du Centre canadien pour la cybersécurité : <https://www.cyber.gc.ca/en/learning-hub>

Hallmark, S., Veneziano, D. et Litteral, T. (2019). *Preparing Local Agencies for the Future of Connected and Autonomous Vehicles*. St. Paul, MN: Local Road Research Board, Minnesota Department of Transportation. (<http://www.dot.state.mn.us/research/reports/2019/201918.pdf>)

Harder, B. et Benke, R. (2005). NCHRP Synthesis 355: Transportation Technology Transfer: Successes, Challenges, and Needs. Washington D.C.: Transportation Research Board.

Harper, C., Halter, S., Kommalapati, R. et Choe, D. (2018). *Recruiting, Retaining, and Promoting for Construction Careers at Transportation Agencies*. Washington DC: United States of America Department of Transportation Research and Innovative Technology Administration. (<https://trid.trb.org/View/1575961>)

- Ingénieurs Canada. (2015). *Engineering Labour Market in Canada: Projections to 2025*. (<https://engineerscanada.ca/sites/default/files/Labour-Market-2015-e.pdf>)
- Institut de technologie du Sud de l'Alberta. (2020). *Southern Alberta Institute of Technology*. Extrait de DX Talent Hub: <https://www.sait.ca/about-sait/who-we-are/sait-schools/school-for-advanced-digital-technology>
- Institut de technologie du Sud de l'Alberta. (2021). *Southern Alberta Institute of Technology*. Extrait de Corporate Training Program: <https://www.sait.ca/corporate-training>
- Iowa DOT. (2017). *Interstate 80 Planning Study (PEL): Automated Corridors*. Ames: Iowa Department of Transportation, Office of Location and Environment. ([https://iowadot.gov/interstatestudy/IADOT\\_PEL\\_80\\_AV\\_TechMemo\\_withAppendices\\_FINAL\\_20170629.pdf](https://iowadot.gov/interstatestudy/IADOT_PEL_80_AV_TechMemo_withAppendices_FINAL_20170629.pdf))
- Johnson, C. (2017). *Readiness of the Road Network for Connected and Autonomous Vehicles*. London, UK: Royal Automobile Club Foundation for Motoring LTD. ([http://www.racfoundation.org/assets/rac\\_foundation/content/downloadables/CAS\\_Readiness\\_of\\_the\\_road\\_network\\_April\\_2017.pdf](http://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/CAS_Readiness_of_the_road_network_April_2017.pdf))
- Knapp, G., Bullock, M. et Stogios, C. (2020). *Connected and Automated Vehicle Technologies – Insights for Codes and Standards in Canada*. Association canadienne de normalisation (Groupe CSA).
- KPMG. (2019). *Autonomous Vehicles Readiness Index*. KPMG. (<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>)
- KPMG. (2020). *2020 Autonomous Vehicle Readiness Index*. KPMG. (<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>)
- Lambert, L. et Roark, R. (2019). « Chapter 5: Anticipating and responding to changes in the mobility sector » dans T. Reeb, *Empowering the New Mobility Workforce*, pp. 97-122, Elsevier.
- Manitoba Infrastructure. (2017). « Manitoba Infrastructure Maintenance Career Training Program » dans *Investing in Transportation: Building Canada's Economy - - 2017 Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada*. Ottawa, ON: Association des transports du Canada. ([https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf\\_papers/manitoba\\_infrastructure\\_tac\\_eaa\\_submission.pdf](https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/manitoba_infrastructure_tac_eaa_submission.pdf))
- Mentor Works. (2021). *Mentor Works*. Extrait de Government Funding Directory: <https://www.mentorworks.ca/government-funding/>
- Modi, S., Spulber, A. et Jin, J. (2018). *Impact of Automated, Connected, Electric, and Shared (ACES) Vehicles on Design, Materials, Manufacturing, and Business Models*. Ann Arbor, MI: Center for Automotive Research. (<https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2018/07/Impact-of-ACES.pdf>)
- Motevalli, V., Potter, D., Meadows, J. et Galindo, C. (2019). *STEM in Motion at Tennessee Tech University*. Tennessee: Southeastern Transportation Research, Innovation, Development, and Education Center (STRIDE). (<https://stride.ce.ufl.edu/wp-content/uploads/sites/153/2021/03/2019-STEM-in-Motion-K-12-TTU-Final-Report-with-technical-page.pdf>)

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). *Building America's Skilled Technical Workforce*. Washington DC: The National Academies Press.  
(<https://www.nap.edu/catalog/23472/building-americas-skilled-technical-workforce>)
- NETWC, Northeast Transportation Workforce Center. (2016). *Transportation Job Needs and Priorities Report, Phase 1: Northeast Region*. Washington, DC: Administration fédérale des autoroutes, ministère des Transports des États-Unis. (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/36132>)
- NETWC, Northeast Transportation Workforce Center. (2016). *Transportation Job Needs and Priorities Report, Phase 2: Northeast Region*. Washington, DC: Administration fédérale des autoroutes, ministère des Transports des États-Unis. (<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/36087>)
- NHTSA. (2005). *Event Data Recorder*. Extrait de National Highway Traffic Safety Administration - Research Data: <https://www.nhtsa.gov/research-data/event-data-recorder#overview-10516>
- NOCOE. (2016). *Transportation System Management & Operations (TSM&O) Workforce Development*. Washington D.C.: NOCOE. (<https://transportationops.org/workforce>)
- O'Brien, T., Reeb, T. et Jaishankar, S. (2018). *Changing Workforce Development Needs for Regional Transportation Planning Agencies in California*. UC Davis: National Center for Sustainable Transportation. (<https://escholarship.org/uc/item/3kk314sx>)
- Oliver Wyman Forum. (2019). *Urban Mobility Readiness Index*. Oliver Wyman Forum.  
(<https://www.oliverwymanforum.com/mobility/urban-mobility-readiness-index-2019.html#>)
- PricewaterhouseCoopers. (2015). *Transportation & Logistics 2030 Volume 5: Winning the talent race*. PWC. (<https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/pwc-tl-2030-volume-5.pdf>)
- Province de la Colombie-Britannique. (2018). *CleanBC Plan*. Province de la Colombie-Britannique.  
(<https://cleanbc.gov.bc.ca/>)
- Province de l'Ontario. (2019). *Piloter la prospérité : L'avenir du secteur de l'automobile de l'Ontario*. Ottawa : Province de l'Ontario. (<https://www.ontario.ca/fr/page/piloter-la-prosperte-lavenir-du-secteur-de-lautomobile-de-lontario>)
- Puentes, R., Grossman, A., Eby, B. et Bond, A. (2019). *NCHRP Synthesis 543: Transportation Workforce Planning and Development Strategies*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Reeb, T. et Olson, B. (2020). *Southern California Regional Transit Training Consortium: Skills Gap & Needs Assessment*. San José, CA: Mineta Transportation Institute.  
(<https://transweb.sjsu.edu/research/1932-Southern-California-Regional-Transit-Training-Consortium-Needs-Assessment>)
- Réseau intégré sur la cybersécurité. (2020). *Répertoire des programmes en cybersécurité*. Extrait le 13 janvier 2021 du Réseau intégré sur la cybersécurité : <https://www.serene-risc.ca/fr/repertoire-des-programmes-en-cybersecurite>
- Ryan, A., Bouchard, C., Fitzpatrick, C., Knodler, M. et Ahmadjian, C. (2019). « Analytical Comparison of Core Competencies across Civil Engineering Positions within New England Department of Transportation Agencies » dans *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board No. 2673*. Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, pp. 427-437.  
(<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198118822296>)

Szymkowski, T., Ivey, S., Lopez, A., Noyes, P., Kehoe, N. et Redden, C. (2018). *NCHRP Project No. 20-07/Task 408: Transportation Systems Management and Operations Workforce Guidebook*. Pennsylvania: National Cooperative Highway Research Program. (<https://transportationops.org/tools/tsmo-workforce-guidebook>)

Tyagi, H. (2021, February). *Data Science Learning Roadmap for 2021*. Extrait de KD Nuggets: <https://www.kdnuggets.com/2021/02/data-science-learning-roadmap-2021.html>

Ville de Chandler. (2019). *Autonomous vehicle ride-hailing program*. Chandler, AZ. (<https://www.chandleraz.gov/business/economic-development/key-industries-and-employers/autonomous-vehicle-r-d>)

West Region Transportation Workforce Center. (2020). *University Partnership Playbook*. Bozeman: USDOT. (<http://wrtwc.org/resources/university-partnership-playbook>)

Workforce Intelligence Network. (2017). *Connected Automated Vehicles Skills Gap Analysis*. Detroit: Ralph C. Wilson, Jr. Foundation. (<https://winintelligence.org/report/cav-report-2017/#full-report>)

Workforce Intelligence Network. (2020). *Connected and Automated Vehicle (CAV) Skills Gap Analysis*. Southeast Michigan: Ralph C. Wilson, Jr. Foundation. (<https://winintelligence.org/report/cav-report/#full-report>)

Zhenzhen, Y., Donaldson, K. et Davidson, R. (2017). *Developing Cyber Talent for Canadian Road Authorities*. Ottawa : Conseil des technologies de l'information et des communications. ([https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2019/05/ICTC\\_Cyber-Talent-Transport\\_May28-2019.pdf](https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2019/05/ICTC_Cyber-Talent-Transport_May28-2019.pdf))



*Association des transports du Canada*

401–1111 promenade Prince of Wales, Ottawa (ON) K2C 3T2  
(613) 736-1350      [secretariat@tac-atc.ca](mailto:secretariat@tac-atc.ca)

Pour plus d'information sur l'Association des transports du Canada et ses activités,  
produits et services, veuillez consulter le site : [www.tac-atc.ca](http://www.tac-atc.ca).