

# Intersections intelligentes et sécuritaires pour protéger les usagers vulnérables de la route

Présentation et résultats

**Divyanshu Kamboj**

Directeur, Technologie stratégique et essais

Mai 2023

Centre d'essai autonome situé à Ottawa, au Canada, Zone X.O a mené, sur deux ans, une étude approfondie commandée par Transports Canada qui avait pour objectif d'examiner l'intégration des systèmes de vision artificielle et de communications de données entre l'infrastructure et les véhicules pour améliorer la sécurité des interactions entre les véhicules connectés et autonomes (VCA) et les usagers vulnérables de la route aux intersections. L'étude de divers scénarios à risque pour ces usagers dans des environnements publics et privés a permis de recueillir de précieuses données pour le déploiement sécuritaire de ces technologies. Zone X.O a produit un rapport détaillé de 290 pages exposant sa méthodologie de recherche, les résultats de ses essais, ses principaux constats ainsi que des recommandations et les prochaines étapes. Ce rapport est résumé brièvement dans les paragraphes suivants.



1740 Boul Woodroffe, Ottawa, ON, K2G3R8

[investottawa.ca](http://investottawa.ca) | [areaxo.com](http://areaxo.com)

Anchor partners  
Partenaires piliers



Canada



Ontario



## Introduction

Le déploiement sécuritaire de véhicules connectés et autonomes (VCA) et d'autres solutions de mobilité intelligente exige une analyse approfondie des technologies associées et de leur façon de communiquer, d'analyser les données, de prendre des décisions, d'intervenir et d'assurer la sécurité dans des milieux urbains dynamiques. Cette analyse revêt une importance particulière dans les situations où il y a interactions avec des usagers vulnérables de la route, tels que les piétons – adultes ou enfants –, les cyclistes ou les personnes handicapées ou à mobilité réduite. Transports Canada a recensé, entre 2018 et 2019, près de 14 000 collisions impliquant des piétons au Canada. Les données de Statistique Canada révèlent qu'entre 2006 et 2017, une moyenne de 54 cyclistes sont décédés annuellement des suites de collisions avec des véhicules. Aux États-Unis, la National Highway Traffic Safety Administration indique que la proportion des décès d'usagers vulnérables par rapport à l'ensemble des accidents est passé de 16 % à 20 % en 2020. Étant donné la proportion importante de collisions mortelles entre des véhicules motorisés et des usagers vulnérables et l'augmentation du nombre de piétons et de cyclistes sur les routes en raison des tendances actuelles en matière de planification urbaine, il est impératif de poursuivre les recherches sur les technologies de mobilité intelligente et les VCA afin d'assurer la protection de ce segment de la population.

## Aperçu du projet

Réalisée dans le cadre du Programme amélioré de paiements de transfert de la sécurité routière (PAPTSR) de Transports Canada, l'étude de Zone X.O s'est penchée sur les moyens d'améliorer les interactions entre les VCA et les usagers vulnérables de la route aux intersections, à l'aide de systèmes de vision artificielle combinés à des communications infrastructure-véhicule. Pendant deux ans, l'équipe de recherche a étudié divers scénarios à risque pour ces usagers dans des contextes publics et privés dans le but de mieux comprendre les conditions nécessaires à un déploiement sécuritaire des technologies susmentionnées.

Elle s'est associée à plus de huit partenaires, au Canada et à l'étranger, dont : des entités gouvernementales telles que le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et la Ville d'Ottawa; l'University of Warwick, qui a fourni des évaluations et des bases de référence, dont la Safety Pool Scenario Database; et le Forum économique mondial, par l'entremise de la Safe Driving Initiative (initiative pour une conduite sécuritaire). Des partenariats ont également été noués avec des entreprises de premier plan de la Silicon Valley, telle que Deepen AI, ainsi

qu'avec plusieurs petites et moyennes entreprises canadiennes du secteur de la mobilité intelligente.

À l'issue du projet, nous avons produit un rapport de 290 pages à l'intention de Transports Canada qui détaille l'ensemble de nos travaux de recherche, la méthodologie d'essais employée, les résultats obtenus et les données recueillies, nos conclusions, observations et recommandations, ainsi que les prochaines étapes. Les informations découlant de ce projet pourraient influencer les politiques et les cadres réglementaires canadiens élaborés en collaboration avec Transports Canada. Nous aspirons à faire part de ces résultats à la communauté internationale dans le but de favoriser des progrès similaires dans d'autres pays. Le présent livre blanc résume notre travail.

## Contexte

L'équipe de recherche s'est d'abord penchée sur une question fondamentale : les capteurs intégrés à l'infrastructure et les communications véhicule à tout (V2X) aux intersections en milieu urbain peuvent-ils améliorer de manière tangible la sécurité des usagers vulnérables de la route? En d'autres termes, les capteurs des intersections sont-ils plus efficaces que ceux des véhicules pour détecter ces usagers, en particulier dans des situations à risque où la rapidité d'intervention est primordiale? L'alerte précoce émise par ces capteurs pourrait-elle augmenter notablement le temps dont dispose un véhicule pour réagir? Pour mesurer concrètement l'incidence des capteurs installés aux intersections sur la sécurité des usagers vulnérables, l'équipe de recherche a réalisé les tâches suivantes :

- 1) étude du domaine de conception opérationnelle des intersections dans le but de définir les critères d'essai pour évaluer la sécurité des usagers, conformément à la Safe Driving Initiative du Forum économique mondial;
- 2) installation de capteurs et d'une unité en bordure de route qui transmet des messages V2X signalant la présence d'usagers vulnérables à des intersections à quatre voies privées et publiques;
- 3) mise à l'essai et évaluation d'algorithmes d'apprentissage de vision artificielle entraînés sur de vastes ensembles de données variés et réalistes, en vue d'améliorer les applications de sécurité routière;
- 4) installation, dans un véhicule autonome, d'un système de réception de messages V2X et d'une capacité de freinage automatique en présence d'usagers vulnérables, même dans des situations d'obstruction;

- 5) conception, mise en œuvre et analyse de divers scénarios à risque en tenant compte d'une grande variété de types d'utilisateurs vulnérables, de vitesses, de manœuvres de véhicule et de situations d'obstruction.

### Démarrage du projet

En début de projet, l'équipe de recherche a défini 28 scénarios à risque pour les utilisateurs vulnérables qui tenaient compte d'un grand nombre de types d'utilisateurs, de vitesses de véhicule et de situations d'obstruction, en accord avec les procédures d'essai énoncées dans les normes ISO 22737, Euro NCAP 2020, ISO 19237, ISO 22078 et SAE J2945. Pour que les essais se déroulent dans un environnement bien défini, reproductible et sécuritaire, elle a aménagé une intersection à quatre voies en circuit fermé au centre d'essai et de recherche sur la mobilité intelligente de Zone X.O, à Ottawa. Les poteaux de l'intersection ont été équipés de capteurs (visuels, thermiques, lidar) ainsi que de plateformes informatiques « en périphérie de réseau » en bordure de route pour exécuter les algorithmes de vision artificielle et envoyer des messages V2X. Le véhicule autonome d'essai de Zone X.O (un VUS Lexus RX de 450 HP 2020) a ensuite été pourvu de capteurs supplémentaires (inertiel, lidar, caméras et radar), de la technologie C-V2X ainsi que d'une plateforme informatique en périphérie de réseau destinée au traitement des messages et à l'activation du freinage le cas échéant. Enfin, un système de suivi et de commande de mannequins anthropomorphes Euro NCAP (adultes, cyclistes et enfants) a été mis en place. En collaboration avec la Ville d'Ottawa, Zone X.O a dirigé l'installation de l'équipement d'infrastructure équivalent – capteurs, plateformes informatiques en bordure de route et modules de communication V2X – à l'intersection intelligente publique de Kanata. Le but était de reproduire la configuration dans un contexte public pour la réalisation d'essais industriels collaboratifs et de travaux de recherche et d'essais éventuels.

### Collecte et analyse des données

Zone X.O a adopté une démarche rigoureuse et systématique afin de valider l'utilisation combinée de ces technologies dans divers scénarios de déploiement en situation réelle. Voici ce que nous avons fait et les enseignements que nous en avons tirés.

### Visionique et apprentissage profond – Étude

Nous avons passé en revue les plus récentes publications scientifiques dans le domaine de la visionique dans le but de trouver des techniques qui pourraient être employées pour détecter les utilisateurs vulnérables à l'aide de caméras montées sur des poteaux aux intersections. L'équipe de recherche a évalué des algorithmes classiques ainsi que de nombreux algorithmes

d'apprentissage profond (tels que R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, R-FCN, Mask R-CNN, Cascade R-CNN, SSD, et de multiples variantes de YOLO) en fonction de leurs performances attendues avec des images d'utilisateurs vulnérables. Plusieurs bases de données d'images publiques (Caltech Pedestrian, CityPersons, EuroCity, TJU-DHD, TDC8, LLVIP, VisDrone) ont également été analysées afin de déterminer leur pertinence pour l'entraînement des modèles d'apprentissage profond.

L'équipe a ensuite validé les algorithmes les plus prometteurs avec des images provenant de caméras d'intersection réelles dans la ville d'Ottawa. Elle s'est, par la suite, servie de ces images pour entraîner, affiner et valider les modèles d'apprentissage profond pour la détection d'utilisateurs vulnérables. Les résultats ont ensuite été comparés avec les performances obtenues lors des essais contrôlés réalisés dans le centre d'essai privé de Zone X.O. Grâce à ces travaux, l'équipe a pu définir des possibilités d'amélioration pour les algorithmes d'apprentissage profond existants en ce qui concerne la détection et la classification des usagers, en particulier par mauvais temps et dans des conditions de visibilité réduite.

#### Visionique et apprentissage profond – Résultats

À l'issue de ses travaux de recherche et essais sur la vision artificielle, l'équipe de recherche a formulé les conclusions suivantes :

- Bien qu'il existe de nombreux ensembles de données pour les systèmes de transport intelligents, peu d'entre eux comprennent des informations essentielles au déploiement dans un contexte public (ex. : enfants, images prises par des caméras montées sur poteau, usagers vulnérables à mobilité réduite et conditions météorologiques actives). Pour garantir la sécurité des usagers vulnérables dans le monde réel, il est donc crucial de disposer d'ensembles de données plus complets.
- En général, le modèle de détection des usagers a donné des résultats satisfaisants pour les adultes et les cyclistes, mais pas pour les enfants ou les personnes de petite taille, notamment lorsqu'ils se trouvaient de l'autre côté du passage pour piétons et à une certaine distance de la caméra. Il est donc essentiel d'augmenter autant que possible la résolution des caméras installées dans l'infrastructure.
- Sans surprise, les performances de détection étaient meilleures le jour que la nuit. Bien que l'utilisation de caméras thermiques ait amélioré la reconnaissance des usagers la nuit, notre modèle a été entraîné sur une série d'images visuelles normalisée, et les algorithmes ont eu du mal à reconnaître systématiquement les usagers dans les images

thermiques. Un entraînement avec des images thermiques devrait améliorer les performances, tout comme l'emploi de techniques de fusion de capteurs.

- L'obstruction des usagers par des véhicules ou d'autres usagers de la route est un problème que les systèmes de détection et de notification intégrés à l'infrastructure visent à résoudre. Même s'il est plus facile de distinguer les usagers depuis l'infrastructure routière que depuis un véhicule approchant une intersection, l'obstruction des usagers par des véhicules demeure une difficulté pour un système en bordure de route, selon l'emplacement des caméras. Des méthodes complémentaires ainsi que des entrées multiples qui permettraient de représenter fidèlement l'environnement dans le modèle pourraient s'avérer nécessaires. En outre, une évaluation rigoureuse des algorithmes de prévision des trajectoires et des comportements des usagers pourrait renforcer la robustesse de la solution afin d'assurer une détection opportune des usagers tout en minimisant les faux positifs.
- Étonnamment, on a observé une légère amélioration des performances dans des scènes hivernales. Cela est dû au fait que la neige semble offrir un bon contraste entre les usagers et la chaussée.

### Communications RF

L'équipe de recherche a établi une communication véhicule-infrastructure (V2I) en visibilité directe avec et entre les véhicules grâce aux technologies de communication cellulaire V2X (C-V2X). Puisque toute solution expérimentale exige une communication V2X fiable, nous avons testé la fréquence radio (RF) à 5,91 GHz (canal 183), qui se trouve au centre du spectre C-V2X. Cet essai a eu lieu à l'intersection de Zone X.O, où se sont déroulés les essais pour les divers scénarios; aucune interférence n'a été décelée lors de l'utilisation du protocole C-V2X.

### Prévention des collisions impliquant des véhicules connectés et autonomes – Essais

Afin d'assurer un environnement d'essai contrôlé et sécuritaire, l'équipe de recherche a réalisé tous les essais sur la piste d'essai privée de Zone X.O., ce qui a aussi permis de disposer d'assez de temps pour configurer chaque scénario d'essai en accord avec les exigences du domaine de conception opérationnelle respectif. On a positionné le VCA d'essai et les véhicules obstruant la vue à des endroits prédéterminés, puis réalisé plusieurs essais, méticuleusement surveillés, afin de confirmer les résultats. On a ainsi pu utiliser un mannequin anthropomorphe à mouvements commandés qui simule un usager vulnérable, afin d'éviter tout danger au cas où le véhicule ne s'arrêterait pas à temps.

Zone X.O a mis à l'essai, de bout en bout, 28 scénarios à risque pour les usagers vulnérables (comme il est mentionné précédemment) sur son intersection privée, pourvue de capteurs de vision artificielle, d'algorithmes de détection d'images et de technologies C-V2X, avec la Lexus autonome. On a étudié plusieurs vitesses, divers types d'usagers (adulte, enfant et cycliste) et différentes manœuvres (tout droit, virage à droite, virage à gauche) et obstructions (voitures en attente dans l'intersection pour tourner à gauche ou présence d'autres voitures sur la chaussée) ainsi que des cas particuliers (faux positifs et fermeture de voies). Lorsque les capteurs de vision artificielle détectent un usager vulnérable dans l'intersection ou sur la trajectoire prévue d'un VCA, ils émettent une notification à l'unité en bordure de route, laquelle diffuse au VCA le message de sécurité V2X lui signalant la présence de l'usager. La plateforme du VCA commandera alors à la manœuvre appropriée, c'est-à-dire qu'elle activera le freinage pour éviter une collision potentielle.

L'équipe a enregistré les conditions environnementales pertinentes, les paramètres de configuration de l'infrastructure d'essai, le schéma de communication V2X, le comportement du VCA et les distances d'arrêt au cours des différents scénarios à l'essai.

#### Prévention des collisions avec des véhicules connectés et autonomes – Résultats

À l'issue des essais, l'équipe a formulé plusieurs constats pertinents :

- Les essais de bout en bout effectués avec les systèmes de vision artificielle et les technologies V2X ont donné d'excellents résultats en matière de détection d'usagers dans les conditions définies. En moyenne, ces technologies ont allongé considérablement le temps entre la détection d'objets ou d'événements et l'intervention (OEDR). Elles ont également permis au véhicule de s'arrêter bien avant le point d'impact potentiel avec l'usager, augmentant ainsi la marge de sécurité.
- Le système d'essai a parfois détecté des personnes hors de l'intersection, les signalant comme des usagers vulnérables au véhicule d'essai arrivant en sens inverse. Même si le véhicule a correctement ignoré ces personnes, un système optimal se doit d'écarter les usagers situés en dehors de la zone d'intérêt afin d'éviter les fausses alertes et de préserver la bande passante pour ceux qui se trouvent effectivement dans cette zone.
- Les caméras thermiques utilisées lors des essais ont produit des artefacts visuels en plein soleil, rendant les images impropres à la détection d'usagers. On recommande de mettre en place des dispositifs anti-éblouissement, tels que des écrans, sur les caméras thermiques dans d'éventuels scénarios et installations d'infrastructure.

- Il peut être difficile de détecter des usagers dans certaines situations; on a parfois dû recourir au freinage manuel. Par conséquent, afin de garantir la détection fiable et constante des usagers, il faudra probablement employer des moyens autres que les caméras, comme des capteurs intégrés à la chaussée, des indicateurs aux passages pour piétons, la communication entre véhicules (V2V) ou la synchronisation des feux de signalisation aux intersections.
- La distance d'arrêt du véhicule d'essai lorsque l'utilisateur s'engageait sur le passage pour piétons du côté opposé au véhicule était deux fois plus grande que lorsqu'il s'engageait sur le passage pour piétons du même côté que le véhicule. Cela souligne à quel point le temps est un facteur déterminant dans les situations à risque pour les usagers vulnérables, en particulier lorsque la vitesse augmente.

Ces observations mettent en avant l'importance de poursuivre les essais et l'évaluation des solutions de mobilité et de connectivité émergentes afin d'accélérer leur développement et leur adoption à grande échelle.

### Incidences et enseignements tirés

Ce projet a généré de nombreuses données qui seront utiles pour les essais futurs et les applications pratiques dans le même domaine de conception opérationnelle qu'on trouve aux intersections types dans les villes. Parmi ces données, on compte les paramètres de performances opérationnelles recommandées pour l'Automated Vehicle Safety Consortium (AVSC) de la SAE, à savoir : le temps avant collision, la marge de sécurité, les capacités de détection et d'intervention en présence d'objets et d'événements, ainsi que le taux de faux positifs. L'équipe de recherche a également établi un cadre d'évaluation des compétences comportementales, destiné à mesurer les performances des VCA en matière de sécurité des usagers. Ces paramètres et ce cadre d'évaluation sont susceptibles de guider les efforts visant à créer des intersections plus intelligentes et sécuritaires.

### Normes SAE pertinentes pour la sécurité des usagers vulnérables de la route

Pour faciliter les travaux de recherche dans ce domaine, l'équipe de Zone X.O a recensé les normes SAE qui s'appliquent au domaine de conception opérationnelle en question :

- SAE J2945/9 – Vulnerable Road User Safety Message Minimum Performance Requirements
- SAE J2945/2 – Performance Requirements for V2V Safety Awareness
- SAE J2945/6 – Cooperative ACC Performance Requirements



- SAE J2945/8 – Cooperative Perception Systems (en cours d'élaboration)
- SAE J3224\_202208 – V2X Sensor-Sharing for Cooperative and Automated Driving
- SAE J2945/3 – Requirements for V2I Weather Applications
- SAE J2945/4 – Road Safety Applications (en cours d'élaboration)
- SAE J2945/7 – Positioning Enhancements for V2X Systems (en cours d'élaboration)
- SAE J3269 – Vehicular Precise Positioning System Reference Architecture
- SAE J3270 – Test Procedures for Precise Positioning Systems for Passenger Vehicles
- SAE J3186 – Application Protocol and Requirements for Manoeuvre Sharing and Coordinating Service

### Incidences sur la politique et la réglementation canadiennes

L'équipe de recherche a également cerné plusieurs incidences potentielles sur la réglementation et la politique canadiennes en matière de transports, comme en témoignent les publications suivantes :

- Transports Canada. *Lignes directrices pour les essais des systèmes de conduite automatisés au Canada*, version 2.0, 2021 (TP 15482F);
- Transports Canada. *Évaluation de la sécurité des systèmes de conduite automatisés au Canada*, janvier 2019 (TP 15402F);
- Transports Canada. *Cadre stratégique des véhicules automatisés et connectés pour le Canada*, 21 janvier 2019 (TP 15408F);
- Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé. *Canadian Jurisdictional Guidelines for the Safe Testing and Deployment of Vehicles Equipped with Automated Driving Systems*, version 2.0;
- Transports Canada. *Stratégie de cybersécurité des véhicules de Transports Canada*, 2021 (TP 15473F).

### Infrastructure routière publique

Zone X.O a également collaboré avec la Ville d'Ottawa pour doter une intersection publique dans l'ouest d'Ottawa d'un ensemble de capteurs et d'équipements identiques à ceux utilisés lors des essais sur l'intersection privée, à savoir : caméras visuelles et thermiques, lidar, unités V2X en bordure de route, plateformes informatiques en périphérie de réseau en bordure de route, et autres capteurs environnementaux essentiels. L'installation, qui reproduit l'intersection privée de Zone X.O, permet aux petites et moyennes entreprises (PME) et à d'autres organisations de facilement migrer vers le domaine public leurs essais réalisés dans un environnement entièrement contrôlé.

L'installation publique améliore l'infrastructure d'essai à la disposition des organisations canadiennes, favorise le développement de technologies de mobilité intelligente et offre une plateforme pour la poursuite de la recherche sur les VCA. Les chercheurs du secteur de la mobilité intelligente, tout comme les services municipaux responsables de la sécurité ou des transports, ont ainsi l'occasion de mettre à l'essai divers composants et scénarios où sont installées des plateformes informatiques en périphérie de réseau, selon l'environnement et le contexte de sécurité publique. Cette installation offre surtout une occasion de recueillir de précieuses données à long terme sur des situations réelles en tirant parti de l'infrastructure municipale existante.

### Collaboration avec les PME spécialisées en mobilité intelligente

Dans le cadre d'essais ciblés effectués en collaboration avec des PME spécialisées dans les technologies pour VCA, on a utilisé des éléments des infrastructures privée et publique. Ces essais visaient à confirmer la convivialité et l'efficacité de la suite technologique du projet ainsi qu'à donner aux jeunes pousses, aux entreprises en croissance et à d'autres partenaires industriels l'occasion de mener des recherches sur leurs technologies, de les tester et de les commercialiser. Fortran Traffic Systems et SmartCone Technologies ont mené des essais qui viennent compléter et prolonger le principal corpus de recherche décrit dans ce projet. Sensor Cortek, quant à elle, a facilité l'utilisation actuelle et future de l'équipement aux intersections publiques dans le cadre d'une extension du projet.

### Solution de sensibilisation à la sécurité routière de Fortran

Fortran propose aux villes des solutions de gestion des transports et de la circulation. Dans le cadre de ce projet de recherche, l'entreprise a intégré sa technologie FLUX Glide au véhicule d'essai. Cette solution de mobilité urbaine intelligente vise à assurer la sécurité des conducteurs, des cyclistes et des piétons grâce à une application mobile dédiée au contrôle de la sécurité routière et à la sensibilisation à celle-ci. Elle prend en charge la surveillance en temps réel des données diffusées par les unités physiques en bordure de route. Elle offre même la possibilité de recevoir en toute sécurité des alertes de sécurité similaires provenant d'unités virtuelles, même en l'absence d'unités physiques aux intersections.

Fortran a ainsi pu évaluer en temps réel l'efficacité de sa technologie. L'entreprise a démontré avec succès la faisabilité d'un système capable de suivre les véhicules par rapport aux piétons et aux cyclistes sur leur trajectoire et de diffuser des alertes audio et vidéo en cas de risque d'accident imminent, le tout au moyen d'une application mobile.

### Solution de SmartCone pour la détection des usagers vulnérables et la sensibilisation

Entreprise de l'écosystème technologique d'Ottawa, SmartCone propose des solutions liées à l'internet industriel des objets (IIoT) centrées, entre autres, sur la sécurité des transports, la gestion des piétons et la logistique.

En collaboration avec Zone X.O, l'entreprise a démontré l'efficacité de ses technologies de mobilité intelligente pour améliorer la sécurité des usagers vulnérables de la route. Ces technologies détectent les conducteurs et les piétons et les alertent à l'aide d'une application mobile. SmartCone a déployé sa technologie sur la piste d'essai privée de Zone X.O afin de tester sa capacité à signaler au véhicule d'essai la présence d'un piéton traversant l'intersection. À l'issue de ces essais, l'entreprise a créé une application pour envoyer des alertes précoces au conducteur lorsqu'un usager vulnérable se trouve devant son véhicule ou traverse l'intersection.

### Collecte et analyse des données de Sensor Cortek

Initialement, le projet ne prévoyait pas de collecte ni d'analyse de données provenant de l'installation de l'intersection publique. Toutefois, après examen des ensembles de données publiques existantes, ces étapes se sont révélées importantes. La portée du projet a donc été élargie et Transports Canada a financé les activités associées, qui ont été exécutées par Sensor Cortek en collaboration avec Zone X.O afin de maximiser l'utilité de l'équipement de l'infrastructure publique. Parmi ces activités, on comptait :

- l'élaboration d'un plan de collecte et de stockage des données accompagné de protocoles de gestion des données pour l'intersection publique;
- la conception de l'infrastructure nécessaire à la saisie et au stockage des données;
- le développement d'algorithmes et de modèles pour l'analyse des données et la définition des cas d'utilisation critiques;
- la détermination des contraintes liées au matériel, à l'infrastructure ou au processus et l'élaboration de solutions pour y remédier;
- la création d'un tableau de bord convivial pour visualiser, consulter et analyser les données.

La complexité du projet résidait en partie dans la gestion de plusieurs capteurs à large bande passante (caméras RVB, thermiques et lidar) saisissant 250 Go de données compressées par heure. La capacité de stockage des dispositifs en périphérie de réseau, la vitesse du réseau 4G, les interruptions sporadiques du réseau, la puissance de traitement ainsi que le refroidissement passif de l'unité centrale sont autant de facteurs qui ont influencé l'approche adoptée pour le

traitement, la compression, le stockage et le transfert des données et qui ont dicté certains changements dans l'architecture du matériel.

L'équipe de projet a mis en évidence un grand nombre de cas d'utilisation critiques liés à la sécurité des usagers vulnérables, notamment les traversées illégales de piétons, le non-respect des feux rouges, les excès de vitesse, les mouvements imprévus de véhicules ou de piétons, la position des cyclistes sur la voie, etc. Sensor Cortek a conçu et entraîné un logiciel d'intelligence artificielle pour détecter et signaler ces cas. Un tableau de bord a également été mis sur pied pour filtrer et trier les données recueillies et examiner les séquences vidéo associées à chaque incident signalé.

### Prochaines étapes, considérations et mise à l'échelle

À la lumière des résultats de recherches menées dans le cadre de ce projet, nous estimons que la détection en bordure de route des usagers vulnérables et la communication V2X ainsi que le freinage automatique pourraient sensiblement améliorer la sécurité des usagers aux intersections et aux passages pour piétons. Ainsi, les véhicules autonomes ou équipés de systèmes avancés d'aide à la conduite (ADAS) peuvent être freinés jusqu'à l'arrêt même s'ils ne perçoivent aucun usager, améliorant ainsi globalement la sécurité.

Toutefois, il convient de noter que ces recherches ont été effectuées à dessein dans des conditions optimales et bien définies. Elles démontrent la faisabilité d'une solution, sans pour autant tenir compte de l'ensemble des exigences nécessaires à un déploiement dans le monde réel. Il est nécessaire de poursuivre les recherches pour mettre au point un système fonctionnant de manière fiable et adéquate dans l'espace public et qui protège les usagers vulnérables dans une diversité de situations.

Les axes de recherche à explorer comprennent : la fusion de capteurs pour améliorer la détection constante des usagers dans toutes les situations; la réalisation d'essais publics à échelle limitée pour confirmer les avancées en matière de fiabilité et de sécurité dans des situations réelles; la réalisation de simulations pour mieux étoffer les cas limites; un rapprochement plus étroit avec l'industrie pour valider les avantages de la solution testée et évaluer son potentiel commercial; la réalisation d'essais et le renforcement en matière de cybersécurité; l'établissement de divers ensembles de données centrés sur les usagers vulnérables; et l'exploitation des données relatives aux intersections publiques pour enrichir ces ensembles de données.

## Sommaire

Nous espérons que les données, les résultats et les conclusions de ce projet aideront l'industrie de la mobilité intelligente, les urbanistes et les organismes de réglementation des transports à acquérir les connaissances et l'information dont ils ont besoin pour mettre en œuvre et déployer des solutions technologiques aux intersections pour les VCA, en vue de rehausser la protection des usagers vulnérables de la route. Veuillez noter que le présent livre blanc donne un aperçu du rapport complet soumis à Transports Canada. Pour obtenir de plus amples renseignements, nous vous invitons à communiquer avec Zone X.O, à l'adresse [info@areaxo.com](mailto:info@areaxo.com).

---

## À propos de Zone X.O

Zone X.O est un centre d'essai autonome qui accompagne les fournisseurs de technologies dans la commercialisation de leurs innovations en matière de mobilité intelligente. Seul complexe de recherche et développement quatre saisons doté d'un centre d'essai de communications V2X en contexte public et privé sur rue en Amérique du Nord, Zone X.O stimule la création, la commercialisation et l'adoption d'innovations majeures dont bénéficient la société, l'économie et l'environnement. Le centre aide les jeunes pousses, les PME, les multinationales et les gouvernements de la région, du pays et d'autres états en leur apportant le soutien essentiel de partenaires tels que Transports Canada, Accenture, BlackBerry QNX, Ericsson, Microsoft, Nokia et le gouvernement de l'Ontario. Pour en savoir plus, visitez : [areaxo.com/fr](http://areaxo.com/fr).