# Rapport annuel 2022

**Chaire** en **transformation** du **transport**

Montréal, 31 janvier 2023

Université de Montréal

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

Chaire en Transformation du Transport

# Mot du titulaire de la Chaire en 2023

En 2023, la Chaire en transformation du transport a subi un dur coup. En effet, le décès de notre collègue titulaire de la Chaire, le professeur Bernard Gendron, nous a attristé et a requis des ajustements, notamment au niveau de la gestion de la Chaire, ainsi que de la poursuite de son travail d'encadrement des étudiants. La pandémie a également établi de nouveaux paradigmes, en réorganisant la façon de mener les activités de recherche et d'interagir avec les collaborateurs et les partenaires. Ces nouvelles façons de travailler ont permis une coopération plus étroite avec des acteurs externes à Montréal. Dans le contexte de la pandémie, la Chaire s'est rapidement penchée sur de nouveaux défis en transport de personnes, tels que l'adoption massive du télétravail, le changement de comportement des citoyens à l'égard des transports publics, le transport intermodal et l'impact du volume croissant des achats en ligne sur les réseaux de transport. En ce qui concerne le transport de marchandises, les projets de recherche développés dans le cadre de la Chaire abordent différents sujets, tels que la complexité de la logistique du transport routier, notamment dans ce contexte de croissance du commerce électronique. Attentifs à cela, les membres et les chercheurs de la Chaire ont participé à l'Atelier scientifique sur la décarbonation du transport de marchandises, un événement co-organisé par le Comité consultatif sur les changements climatiques et le Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT), en octobre 2022. En 2023, ces efforts se poursuivront, par exemple avec l'organisation de la WCTR, qui contribuera au rayonnement des activités développées au Québec.

Adaptation, résilience et innovation sont les mots clés pour décrire le processus de transformation que la Chaire a vécu en 2022 et pour son orientation pour 2023. Nous sommes conscients qu'au Québec, 43 % des émissions de GES proviennent du secteur des transports, dont 80 % du transport routier. Nous comprenons que des solutions novatrices sont nécessaires pour atteindre les objectifs ambitieux du gouvernement de devenir un exemple en matière de réduction des GES grâce à sa Politique de mobilité durable (PMD) 2030 et son Plan d'économie verte 2030. En 2023, nous sommes également attentifs aux nouvelles orientations du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec, en particulier aux aspects de la transition énergétique. En effet, de grands efforts sont déployés dans le monde entier pour promouvoir l'électrification du système de transport, comme moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre. En effet, les nouvelles technologies, telles que les véhicules électriques et automatisés, ne pourront pas, à elles seules, de permettre l'atteinte des objectifs de réduction de GES de nos sociétés. Il faut envisager des changements significatifs aux habitudes profondément ancrées dans nos vies, tels que l'usage de la voiture individuelle et le fonctionnement en silo de nos systèmes logistiques. L'avenir doit laisser plus de place aux transports collectifs, actifs et partagés, ainsi qu'à la mutualisation des activités logistiques, tout en accompagnant l'électrification de ces systèmes. C'est ce que démontrent les travaux de la Chaire, qui portent sur des questions plurielles, telles que la mobilité de manière intégrée, ce qui peut conduire à l'optimisation de l'aménagement du territoire.  La Chaire est plus essentielle que jamais, car les défis liés aux changements climatiques restent présents.

**Martin Trépanier**

**Titulaire de la Chaire de recherche en transformation du transport**
**Professeur titulaire au département de mathématiques et génie industriel de Polytechnique Montréal**
**Directeur du Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT)**
**Professeur associé au département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal**
**Professeur associé au département opérations et systèmes de décision de l'Université Laval**
**Membre de la chaire de recherche Mobilité**

# Sommaire


## I. À propos de la Chaire en transformation du transport 4

**1. Mission** **4**
**2. Axes de recherche** **4**
**3. Objectifs de la Chaire** **4**
**4. Équipe de recherche en 2022** **5**
Titulaire et co-titulaires de la Chaire 5
Professionnels de recherche 5
Stagiaires postdoctoraux 5
Étudiants au doctorat 5
Étudiants à la maîtrise 5
Stagiaires au baccalauréat 5

## II. Rapport des activités de la dernière période financière 6

**1. Principales actions** **6**
1.1. Planification des projets et travaux de la Chaire 6
1.2. Événements (co-)organisés par la Chaire 6
1.3. Participation à d'autres événements 7
1.4. Recrutement d'étudiants et du personnel de recherche 8
1.5. Activités de recherche 8
Projets complétés en 2022 8
Projets en cours 9
1.6. Achat de matériel 12

**2. Principales activités de diffusion** **14**
2.1. Activités de communication 14
2.2. Publication d'articles dans des revues scientifiques (révision par des pairs) 14
2.3. Autres publications 20
2.4. Participations à des conférences 20
**3. Partenariats effectués** **21**

## III. Indicateurs de performance 23

## IV. Budget détaillé 24

# I. À propos de la Chaire en transformation du transport

## 1. Mission

La ***Chaire en transformation du transport***, financée par le ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie du Québec, propose de développer et de promouvoir des méthodes, des outils et des stratégies de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par une meilleure gestion de l'offre et de la demande en transport, tout en optimisant les dépenses publiques et privées et l'utilisation des réseaux et infrastructures de transport. Pour ce faire, la Chaire se concentre sur les nouvelles technologies, mais aussi sur l'aménagement du territoire et les changements de comportement.

## 2. Axes de recherche

La recherche scientifique de la Chaire s'organise autour de ces trois axes de recherche :

### Axes 1. Transport de personnes

*Le développement des technologies numériques permet de collecter un grand nombre de données relatives au transport de personnes (trajets, modes de transport, préférences, habitudes, etc.) lesquelles peuvent être utilisées pour mieux caractériser la demande et optimiser l'offre de services.*

- 1.1 Optimisation du transport de personnes
- 1.2 Analyse des scénarios de transformation du transport de personnes

### Axes 2. Transport de marchandises

*Le second axe de recherche vise à mieux comprendre les besoins associés au transport de marchandises en vue de proposer une offre de transport plus efficace, moins chère et moins polluante.*

- 2.1 Simulation et optimisation du transport de marchandises
- 2.2 Analyse de scénarios de logistique urbaine

### Axes 3. Projets intégrateurs : solutions globales pour l'ensemble du secteur des transports

*Le troisième axe de recherche vise à intégrer les travaux des autres axes dans des solutions innovatrices et globales pour le secteur du transport, autant pour les personnes que pour les marchandises.*

- 3.1 Outils et modèles pour la transformation du transport
- 3.2 Optimisation des systèmes d'activités
- 3.3 Analyse des scénarios prospectifs de transformation du transport et des activités

## 3. Objectifs de la Chaire

### Objectif 1

**Climat** : Soutenir les activités de réduction de GES. Par ex.: électrification des flottes de transport public.

### Objectif 2

**Santé** : Prévenir et limiter les maladies, les blessures, la mortalité et les impacts psychosociaux. Par ex.: pistes cyclables sécurisées.

### Objectif 3

**Équité sociale** : Atteindre une plus grande équité sociale dans la planification du transport. Par ex.: accessibilité au transport public pour les personnes à mobilité réduite.

### Objectif 4

**Qualité de l'air** : Soutenir l'innovation et les avancées technologiques visant à la réduction de la pollution. Par ex.: incitatifs à l'achat de véhicules électriques.

### Objectif 5

**Compétitivité** : Soutenir l'innovation en logistique, dans les infrastructures et les technologies visant l'efficacité économique du transport de marchandises et de personnes. Par ex.: casiers pour la livraison des colis.

# 4. Équipe de recherche 2022

## Titulaires de la Chaire

- Pr Martin Trépanier, titulaire, Polytechnique Montréal
- Pre Emma Frejinger, cotitulaire, Université de Montréal
- Pre Catherine Morency, cotitulaire, Polytechnique Montréal
- Pr Normand Mousseau, cotitulaire, Université de Montréal

## Professeur(e)s collaborateur(trice)s de la Chaire

- Pr Ivan Contreras, Concordia University
- Pr Jean-François Côté, Université du Québec à Montréal
- Pr Teodor Gabriel Crainic, Université du Québec à Montréal
- Pr Michel Gendreau, Polytechnique Montréal
- Pr Kostandinos G. Goulias, University of California Santa Barbara
- Pr Matthieu Gruson, Université du Québec à Montréal
- Pr Sanjay Dominik Jena, Université du Québec à Montréal
- Pre Nadia Lahrichi, Polytechnique Montréal
- Pr Antoine Legrain, Polytechnique Montréal
- Pr Walter Rei, Université du Québec à Montréal
- Pr Owen Waygood, Polytechnique Montréal

## Étudiant(e)s au doctorat

- Bahman Bornay, Polytechnique Montréal
- Sameh Grainia, Université de Montréal
- Gabriel Homsi, Université de Montréal
- Laura Kolcheva, Polytechnique Montréal
- Jérôme Laviolette, Polytechnique Montréal
- Ngoc Dai Nguyen, Université de Montréal
- Suzanne Pirie, Polytechnique Montréal
- Yuxuan Wang, Polytechnique Montréal
- Asad Yarahmadi, Polytechnique Montréal

## Étudiant(e)s à la maîtrise

- Frédérik Lavictoire, Université de Montréal
- Robin Legault, Université de Montréal
- Sobhan Mohammadpour, Université de Montréal
- Ikram Selmi, Polytechnique Montréal
- Raphaël Yzopt, Polytechnique Montréal

## Professionnel(le)s de recherche

- Danielle Maia de Souza, Université de Montréal, coordonnatrice scientifique de la Chaire
- Ammar Metnani, Université de Montréal
- Brigitte Milord, Polytechnique Montréal
- Amaury Philippe, Polytechnique Montréal
- Hubert Verreault, Polytechnique Montréal
- Florian Pedroli, Université de Montréal

## Stagiaires postdoctoraux

- Radhwane Boukelouha, Polytechnique Montréal
- François Sarrazin, Université de Montréal

## Stagiaires au baccalauréat

- Simon Brassard, Université de Montréal
- Vincent Dassibat, Polytechnique Montréal
- Victor St-Yves, Polytechnique Montréal
- Marc-André Trudeau-Perron, Polytechnique Montréal
- Mohammed Zahid, Polytechnique Montréal

# II. Rapport des activités de la dernière période financière

## 1. Principales actions

### 1.1. Planification des projets et travaux de la Chaire

- **Réunion avec la Ville de Laval (19 janvier 2022).** Réunion pour mettre en place la collaboration entre la Chaire et la Ville de Laval (Ian Dessureault).
- **Réunion des chercheurs à l'hiver (28 janvier 2022).** Réunion de suivi des deux ateliers sur les scénarios de transport en 2021, pour définir les priorités de recherche en 2022.
- **Réunion du Comité scientifique (24 février 2022).** Réunion du comité scientifique de la Chaire.
- **Réunion avec la Ville de Laval - Bureau de la mobilité durable (18 mars 2022).** Rencontre visant à expliquer le rôle et le fonctionnement de la Chaire et à comprendre le rôle et les mandats du Bureau de la mobilité durable de Laval.
- **Réunion des chercheurs au printemps (1er avril 2022).** Réunion pour discuter des stratégies de communication de la Chaire.
- **Réunion des chercheurs au printemps (29 avril 2022).** Réunion pour discuter des stratégies de communication de la Chaire (un article de presse).
- **Réunion des chercheurs au printemps (6 mai 2022).** Réunion pour discuter des stratégies de communication de la Chaire (un article de révision et un article de vulgarisation).
- **Réunion des chercheurs à l'été (août 2022).** Réunion pour organiser les activités du Symposium annuel de la Chaire 2022.
- **Réunion des chercheurs à l'automne (septembre 2022).** Réunion pour valider les activités du Symposium annuel de la Chaire 2022.
- **Réunions hebdomadaires avec la coordonnatrice de la Chaire** pour la planification des travaux de la Chaire.

### 1.2. Événements (co-)organisés par la Chaire

- **Séminaire des nouveaux arrivants à la Chaire (25 février 2022).** Cet événement a permis aux chercheurs et étudiants de la Chaire de prendre connaissance des travaux en cours à la Chaire sur les méthodes d'optimisation, présentés par les étudiants qui ont rejoint l'équipe fin 2021.
- **Rencontre avec les partenaires et collaborateurs de la Chaire (7 avril 2022).** Cette rencontre avait pour but de présenter l'état d'avancement des projets et de discuter de l'implication des partenaires dans les différents travaux de recherche de la Chaire.
- **Symposium annuel de la Chaire (21 novembre 2022).** Le symposium a attiré 60 participants, qui se sont réunis pour entendre des présentations des projets menés par les chercheurs et les étudiants de la Chaire, ainsi qu'un aperçu des discussions sur les scénarios prospectifs menant à un système de transport innovant et plus durable. Le programme du symposium et les présentations sont disponibles sur le site web de la Chaire.
    - **Scénarios prospectifs de transport** *(Danielle Maia de Souza et Martin Trépanier)*
    - **Évaluation des réductions de GES dans la région de Montréal pour différents scénarios** *(Hubert Verreault et Catherine Morency)*
    - **Impacts des GES liés au transport de marchandises** *(Yves Sagnières, CoopCarbone)*
    - **Generalized Dial-A-Ride Problem with Time-dependent travel times on Road Networks** *(Bahman Bournay et Michel Gendreau)*

- **Livraison de colis avec une flotte hybride de véhicules**
  *(Ammar Metnani et Emma Frejinger, en collaboration avec Purolator*
- **Évaluation du niveau de séquestration du carbone par les arbres urbains par rapport aux émissions de carbone dues à la conduite automobile** *(Radhwane Boukelouha et Catherine Morency)*
- **Analyse de la consommation des véhicules électriques de la flotte québécoise**
  *(Simon Brassard et Normand Mousseau, en collaboration avec l'IET)*

## 1.3. Participation à d'autres événements

- **Atelier "Machine learning for operations research" à la 26th AAAI conference on artificial intelligence (du 22 février au 1er mars 2022).** Événement en ligne, organisé par Emma Frejinger. **Visitez la page web.**
- **AMLD-EPFL – A global platform for artificial intelligence & mobility (du 26 au 29 mars 2022).** Discours liminaire "**Predictions for better decisions: toward integrated prediction and optimization**", par Emma Frejinger, dans lequel elle a donné un aperçu des défis et des cas d'utilisation réels, liés aux problèmes d'optimisation des transports. Lausanne, Suisse. **Visitez la page web.**
- **Colloque 2022 de la Chaire Mobilité** organisé par **Catherine Morency (19 mai 2022)** à Montréal, Canada. **Visitez la page web**. L'objectif du colloque était de présenter l'avancement des travaux de recherche la Chaire Mobilité. L'événement s'est déroulé en ligne et en présentiel et comptait avec les présentations de :
  - **Transition : état d'avancement du développement** (Pierre-Léo Bourbonnais et Geneviève Bastien)
  - **Analyse automatisée du stationnement sur rue** (Jean-Simon Bourdeau)
  - **Diagnostic de l'accessibilité piétonne aux stations de métro** (Eya Chekir)
  - **Choix modal et systèmes d'activités : forêts aléatoires** (Mohamad Dabboussi)
  - **Impacts de la COVID-19 sur les interactions entre les modes** (Élodie Deschaintres)
  - **Définition et analyse du fardeau du répondant** (Hedieh Keshvarz)
  - **Méthodedesynthèsespatialiséedelapopulation** (Mohamed Khachman)
  - **Attitudes et environnement bâti vs motorisation** (Jérôme Laviolette)
  - **Modélisation des comportements anticipés post-COVID** (Hamed Malekzadeh)
  - **Abordabilité intégrée transport-habitation** (Brigitte Milord)
  - **Vulnérabilité des systèmes de transport en commun** (Kaveh Rezvani)
  - **Scénarios de réduction de GES pour Montréal** (Hubert Verreault)
- **World Conference on Transport Research (WCTR) 2022 (du 24 au 28 juillet 2022).** Participation à des "Special Interest Groups" (SIG). Montréal, Canada.
- **Webinaire "Plan pour la carboneutralité au Québec : trajectoires 2050 et actions à court terme" (8 juin 2022).** Présentation par Simon Langlois-Bertrand et Normand Mousseau. Montréal, Canada. **Consultez la vidéo.**
- **Atelier de réflexion sur les métiers et les compétences de la transition verte et juste au Québec (21 juin 2022).** Événement organisé par la Commission des partenaires du marché du travail. Participation invitée de Normand Mousseau, Montréal, Canada.
- **Atelier scientifique sur la décarbonation du transport de marchandises (3 octobre 2022).** Événement co-organisé par le Comité consultatif sur les changements climatiques et le Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT) à l'Université de Montréal et à l'Université Laval. **Visitez la page web**.
- **15th International Conference on Advanced Systems in Public Transport and TransitData - CASPT2022 (du 1 au 10 novembre 2022).** Participation de Martin Trépanier. Tel Aviv, Israel. **Visitez la page web.**
- **Séminaire Data-driven combinatorial optimisation (du 23 au 28 octobre 2022).** Événement organisé par Emma Frejinger. Dagstuhl, Alemagne. **Visitez la page web.**
- **Forum national en modélisation énergétique,** organisé par Normand Mousseau **(automne 2022).** **Visitez la page web.**

## 1.4. Recrutement d'étudiants et du personnel de recherche

- **Amaury Philippe**, professionnel de recherche, à Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier.
- **Ikram Selmi**, étudiante à la maîtrise, à Polytechnique Montréal, dirigée par Martin Trépanier et Catherine Morency.
- **Laura Kolcheva**, étudiante au doctorat, à Polytechnique Montréal, dirigée par Martin Trépanier et Antoine Legrain.
- **Marc-André Trudeau-Perron**, stagiaire au baccalauréat, à Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier.
- **Mohammed Zahid**, stagiaire au baccalauréat, à Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.
- **Radhwane Boukelouha**, stagiaire postdoctoral, à Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.
- **Raphaël Yzopt**, étudiant à la maîtrise, à Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier.
- **Simon Brassard**, stagiaire au baccalauréat, à l'Université de Montréal, dirigé par Normand Mousseau.
- **Yuxuan Wang**, étudiante au doctorat, à Polytechnique Montréal, dirigée par Catherine Morency et Martin Trépanier.
- **Victor St-Yves**, stagiaire au baccalauréat, à Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.
- **Vincent Dassibat**, stagiaire au baccalauréat, à Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

## 1.5. Activités de recherche

**Au total, sept projets de recherche ont été complétés en 2022 et 23 sont en cours de réalisation.** Une brève description de chaque projet est fournie ci-dessous. La numérotation des projets est tirée de la *Programmation scientifique* de la Chaire. Un schéma illustrant l'organisation des projets suit la description des projets complétés et en cours.

### 1.5.1. Projets complétés en 2022

**Projet 1.1.3 : Mobilité intégrée et dépendances à l'automobile (complété).**

**Jérôme Laviolette**, étudiant au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency, Owen Waygood (Polytechnique Montréal) et Kostandinos G. Goulias (University of California Santa Barbara).

L'objectif de ce projet était de comprendre les différentes dépendances à l'automobile dans la région métropolitaine de Montréal et d'évaluer la contribution des offres de mobilité à leur réduction. Ceci a nécessité le développement d'algorithmes d'optimisation des déplacements intégrant tous les services disponibles (par exemple, transport en commun et modes partagés), les options personnelles (par exemple, marche, vélo, voiture personnelle) et permettant de comparer les différentes alternatives de trajet à l'aide d'indicateurs d'impacts sociaux, économiques et environnementaux (qualité/confort, temps de parcours, prix, émissions de gaz à effet de serre (GES), etc.).

**Projet 1.1.4 : Mobilité comme service (complété).**

**Renaud Gignac**, stagiaire au baccalauréat, et Florian Pedroli, professionnel de recherche, Université de Montréal, dirigés par Normand Mousseau.

L'objectif de ce projet était de documenter les services de mobilité au Québec. Renaud Gignac a réalisé une revue de la littérature sur les expériences de services de mobilité en région et Florian Pedroli a produit une synthèse des services de mobilité disponibles au Québec. Enfin, en partenariat avec l'Accélérateur de transition, une analyse des enjeux liés à la mobilité aux Îles de la Madeleine a également été produite et deux stratégies ont été proposées pour les surmonter.

**Projet 2.1.2 : Modèles de logistique urbaine pour la livraison de courrier rapide (complété).**

**Ammar Metnani**, Ph.D., professionnel de recherche, Université de Montréal, dirigé par Emma Frejinger.

Ce projet, réalisé en collaboration avec Purolator, visait à analyser, à l'aide de modèles mathématiques et des algorithmes de calcul de tournées de véhicules, les meilleures stratégies pour la livraison de courrier rapide en milieu urbain, combinant à la fois l'efficacité économique et la réduction des émissions de GES.

**Projet 2.2.8a: Véhicules autonomes en logistique urbaine : planification opérationnelle des réseaux de transport (complété)**

**Sameh Grainia**, étudiante au doctorat, dirigée par Teodor Gabriel Crainic.

L'objectif de ce projet était de développer une méthodologie pour la planification opérationnelle d'un système de transport public adaptatifs à la demande (DAS) opéré par une flotte de véhicules autonomes (VAs) hétérogènes à capacité limitée, en déterminant les itinéraires les plus économiques des VAs et leurs horaires, ainsi l'ensemble de demandes à desservir, leurs acheminements et horaires.

**Projet 3.1.1c : Analyse de la consommation des véhicules électriques de la flotte québécoise (complété).**

**Simon Brassard**, stagiaire au baccalauréat, Université de Montréal, dirigé par Normand Mousseau.

L'objectif de ce projet était d'évaluer la transformation de la flotte de véhicules au Québec et son impact sur la demande en électricité. Le projet a évalué l'impact du poids des véhicules sur la consommation de carburant et visait à comprendre l'impact de l'électrification des véhicules sur les émissions GES.

**Projet 3.1.4b : Optimisation des stationnements utilisés par les covoitureurs (complété).**

**Ngoc-Dai Nguyen,** étudiant au doctorat, Université de Montréal, dirigé par Nadia Lahrichi (Poytechnique Montréal).

L'objectif de ce projet était d'étudier comment encourager les navetteurs à participer à des programmes de covoiturage en utilisant des facteurs liés au stationnement comme incitations. Cela devrait permettre de maximiser les revenus de stationnement et les avantages non financiers (par exemple, la distance totale économisée) des trajets partagés.

**Projet 3.3.2a : Analyse prospective du cycle de vie de scénarios de parc de véhicules, pour le transport de personnes et des marchandises (complété).**

**Thomas Dandres**, professionnel de recherche, Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier.

Le secteur du transport est le principal émetteur de GES du Québec. L'évaluation des politiques pour ce secteur nécessite l'utilisation de méthodes et de données suffisamment robustes et précises pour permettre la comparaison de différentes politiques avec la situation actuelle. L'objectif de ce projet était de développer une méthode d'évaluation des flottes de véhicules.

### 1.5.2. Projets en cours

**Projet 1.1.5b: Indicateurs de fiabilité d'un réseau de transport en commun (en cours).**

**Yuxuan Wang**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigée par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet vise à une intégration de différentes sources de données disponibles pour le développement d'indicateurs de vitesse et de ponctualité du service: General Transit Feed Specification - Realtime (GTFS-RT), données de comptage, transactions de cartes à puce, etc.

**Projet 1.1.7b : Développement de cycles de conduite (en cours).**

**Asad Yarahmadi**, étudiant au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet valorisera la méthode automatisée par Frédérique Roy afin de soutenir l'identification d'ensembles optimaux de cycles de conduite pour représenter justement les émissions dans une région métropolitaine en tenant compte de la variabilité des types de segments routiers et des conditions de circulation.

**Projet 1.1.8 : *"Dial-A-Ride"* sur les réseaux routiers avec des temps de déplacement (en cours).**

**Bahman Madadkar Bornay**, étudiant au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigé par Michel Gendreau.

Le projet se concentre sur un "Dial-A-Ride Problem" (DARP) spécifique, en réponse à un problème auquel est confrontée une société de transport opérant dans la province de Québec.

**Projet 1.1.9 : Analyse des comportements d'intermodalité (choix du point de jonction) (en cours).**

**Vincent Dassibat**, stagiaire au baccalauréat, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

Ce projet s'intéresse à l'analyse du choix du point de jonction pour les déplacements intermodaux de type *"park-and-ride"*) en vue de bonifier la formulation de la fonction de coût généralisé utilisée dans le calcul de trajets.

**Projet 1.2.2 : Modules pour l'optimisation et l'évaluation des scénarios de transport en commun (en cours).**

**Danielle Maia de Souza**, professionnelle de recherche, Université de Montréal, dirigée par Martin Trépanier et **Radhwane Boukelouha**, stagiaire postdoctoral, dirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

Ce projet vise à développer des outils de simulation et d'évaluation des scénarios d'offre de transport de personnes multimodal (métro, train, autobus, tramway, funiculaire, téléphérique, voitures partagées, voitures taxis, etc.) afin de déterminer leurs émissions de GES et leurs coûts et bénéfices pour la société.

**Projet 1.2.3 : Algorithme de détermination des destinations des usagers du transport collectif (en cours).**

**Ikram Selmi**, étudiante à la maîtrise, Polytechnique Montréal, dirigée par Martin Trépanier et Catherine Morency.

A l'aide d'un algorithme, composé de deux parties (la séquence de montées et l'historique des transactions liées è une carte à puce), ce projet vise à mieux comprendre le comportement des usagers du transport collectif.

**Projet 1.2.4 : Optimisation du réseau de transport en commun pour diminuer le temps de correspondance des usagers (en cours).**

**Laura Kolcheva**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigée par Antoine Legrain et Martin Trépanier.

L'objectif de ce projet est d'appliquer une méthode d'optimisation à un outil de simulation, basé sur la construction de graphes décrivant les activités des lignes d'autobus, pour optimiser le temps de correspondance des usagers du réseau de transport en commun.

**Projet 2.1.1b : Modèle synthétique de déplacement des camions dans le Grand Montréal (en cours).**

**François Sarrazin**, stagiaire postdoctoral, Université de Montréal, dirigé par Martin Trépanier et Mathieu Gruson (Université du Québec à Montréal).

Le transport des marchandises est nécessaire au fonctionnement de bon nombre d'entreprises, mais contribue à différentes nuisances. L'objectif de ce projet est de développer un modèle de transport de marchandises par camions intégrant l'ensemble des livraisons d'un territoire afin de proposer des solutions plus efficientes. Il y a un partenariat en développement pour ce projet. Compte tenu de l'ampleur du projet, il est prévu qu'un autre stagiaire postdoctoral succédera à François Sarrazin.

**Projet 2.2.1b : Algorithme pour le traitement des traces GPS de camions (en cours).**

**Marc-André Trudeau- Perron**, stagiaire au baccalauréat, et Amaury Philippe, professionnel de recherche, Polytechnique Montréal, dirigés par Martin Trépanier.

L'objectif de ce projet est de développer un algorithme pour découper les traces GPS en déplacements successifs réalisés par des camions en milieu urbain. Les données proviennent de la compagnie ATRI (grâce à Transport Canada et Jalon) et du Port de Montréal.

**Projet 2.2.7 : Livraison par mode décarboné : vélo-cargo (en cours).**

**Suzanne Pirie**, étudiante au doctorat, dirigée par Martin Trépanier et Walter Rei (Université du Québec à Montréal), et **Amaury Philippe**, professionnel de recherche, Polytechnique Montréal, dirigé par Martin Trépanier..

Cette série de projets vise à explorer les potentiels de réduction d'émissions de GES de différents critères influençant l'utilisation des réseaux pour le transport de marchandises en milieu urbain :

- **Projet 2.2.7a : Localisation des centres de distribution et des satellites (en cours).** **François Sarrazin, Ph.D.**, stagiaire postdoctoral, Université de Montréal, dirigé par Martin Trépanier et Mathieu Gruson (Université du Québec à Montréal). Un modèle d'optimisation est utilisé pour déterminer les meilleures stratégies de livraison du dernier kilomètre, notamment en utilisant des petits camions et des vélo-cargos.

- **Projet 2.2.7b : Évaluation de la performance d'un système de livraison par vélo-cargo l'hiver (en cours).** **Suzanne Pirie**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigée par Martin Trépanier et Walter Rei (Université du Québec à Montréal). L'objectif de ce projet est de considérer un cas d'étude situé à Montréal, sur la période hivernale et de traiter des deux sous-objectifs identifiés :

  **i.** Mesurer la performance du système de livraison par vélo-cargo sur la saison hivernale, avec un comparatif avec les autres saisons;

  **ii.** Identifier les lieux où des micro-centres éphémères devraient être placés pour faciliter la livraison l'hiver par vélo-cargo.

- **Projet 2.2.7d : Méthode d'évaluation du potentiel d'implantation d'un système de livraison décarboné (en cours).** **Suzanne Pirie**, étudiante au doctorat, Polytechnique Montréal, dirigée par Martin Trépanier et Walter Rei (Université du Québec à Montréal). L'objectif de ce projet est de développer une méthode qui permet d'évaluer le potentiel d'implantation des méthodes de livraisons, décarbonées dans les villes (cyclologistique, casiers de livraisons par exemple). Ce projet est basé sur le même principe que l'indice de marchabilité (walkability index) développé pour les villes en partant des caractéristiques des quartiers, l'objectif serait de développer une méthode d'évaluation du potentiel de présence de livraisons faites avec des méthodes décarbonées.

**Projet 3.1.1b : Simulation stochastique et optimisation combinatoire appliquées aux réseaux de transport - capture de flux de transport (en cours).**

**Robin Legault,** étudiant à la maîtrise, Université de Montréal, dirigé par Emma Frejinger et Jean-François Côté (Université Laval).

Ce projet introduit une nouvelle approche de simulation Monte Carlo pouvant être appliquée à tout modèle de choix discret basé sur le principe de maximisation de l'utilité.

**Projet 3.1.1d : Evaluation des impacts d'incitatifs à l'acquisition et l'usage de véhicules électriques (en cours).**

**Brigitte Milord**, professionnelle de recherche, Polytechnique Montréal, dirigée par Catherine Morency.

Ce projet vise à évaluer les impacts de la présence de bornes de recharge et de privilège (absence de péages) sur l'acquisition et l'utilisation de véhicules électriques.

**Projet 3.1.2 : Evaluation des stratégies de gestion de stationnement (en démarrage).**

Plus de détails sur le recrutement et les spécifications du projet à venir.

**Projet 3.1.3b : Estimation du temps de déplacement du réseau (en cours).**

**Sobhan Mohammadpour**, étudiant à la maîtrise, Université de Montréal, dirigé par Emma Frejinger.

Ce projet propose une fonction de perte sur les données agrégées pour les modèles de choix et un algorithme itératif qui estime simultanément les temps de trajet et les paramètres d'un modèle de choix sur cette fonction de perte.

**Projet 3.1.3c : Évaluation des comportements de cybermagasinage à travers la COVID-19 (en cours).**

**Victor St-Yves**, stagiaire au baccalauréat, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

Ce projet vise à évaluer les comportements de cybermagasinage à travers la COVID-19 en vue de soutenir le développement de comportements post-COVID.

**Projet 3.1.3d : Modélisation des facteurs associés à l'occurrence d'accidents à l'aide d'approches de machine learning.**

**Mohammad Zahid**, stagiaire au baccalauréat, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

Ce projet vise à mieux comprendre les facteurs associés à l'occurrence d'accidents (notamment piétons et cyclistes) en vue de bonifier les impacts de scénarios sur la sécurité.

**Projet 3.1.4a : Optimisation de l'appariement des covoitureurs (en cours).**

**Gabriel Homsi**, étudiant au doctorat, Université de Montréal, dirigé par Sanjay Dominik Jena (Université du Québec à Montréal) et Ivan Contreras (Université Concordia).

L'objectif de ce projet est de réduire les émissions des véhicules en étudiant les problèmes de covoiturage avec des usagers stochastiques. Pour cela, des outils de recherche opérationnelle sont utilisés pour modéliser et optimiser les opérations dans les domaines du covoiturage et de la capture et séquestration du carbone.

**Projet 3.2.1b : Évaluation des impacts de scénarios - télétravail, composition du parc de véhicules, etc. - sur les émissions de GES (en cours).**

**Hubert Verreault,** professionnel de recherche, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

L'objectif de ce projet est d'évaluer les impacts des différents scénarios sur les émissions de GES notamment : télétravail, choix du lieu de résidence, allocation des enfants aux écoles, composition du parc de véhicules, etc.

**Projet 3.3.1b : Scénarios futurs d'évolution du parc de véhicules (en cours).**

**Amaury Philippe**, professionnel de recherche, et **Raphaël Yzopt**, étudiant à la maîtrise, Polytechnique Montréal, dirigés par Martin Trépanier.

Ce projet développe des scénarios d'évolution du parc de véhicules en réponse à différents critères : coûts d'achat et d'opération des véhicules, émissions de GES et de polluants, offre et demande en transport, etc.

**Projet 3.3.2c : Évaluation du débalancement entre les émissions de $CO_2$ (en cours).**

**Radhwane Boukelouha**, stagiaire postdoctoral, Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency et Martin Trépanier.

L'objectif de ce projet est d'évaluer le débalancement entre les émissions de $CO_2$ résultant des déplacements quotidiens (en automobile conducteur) et le taux de séquestration de $CO_2$ des arbres urbains.

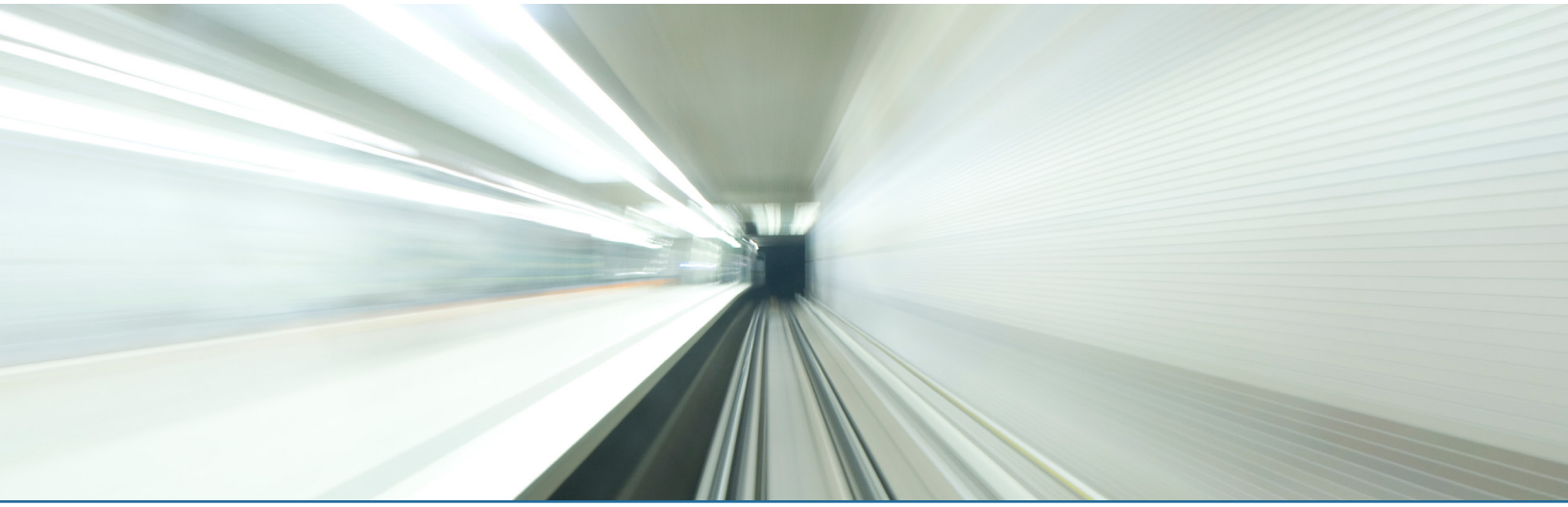
**Projet 3.3.2d : Développement d'une typologie du covoiturage familial et de scénarios de covoiturage (en cours).**

***Recrutement à venir,*** Polytechnique Montréal, dirigé par Catherine Morency.

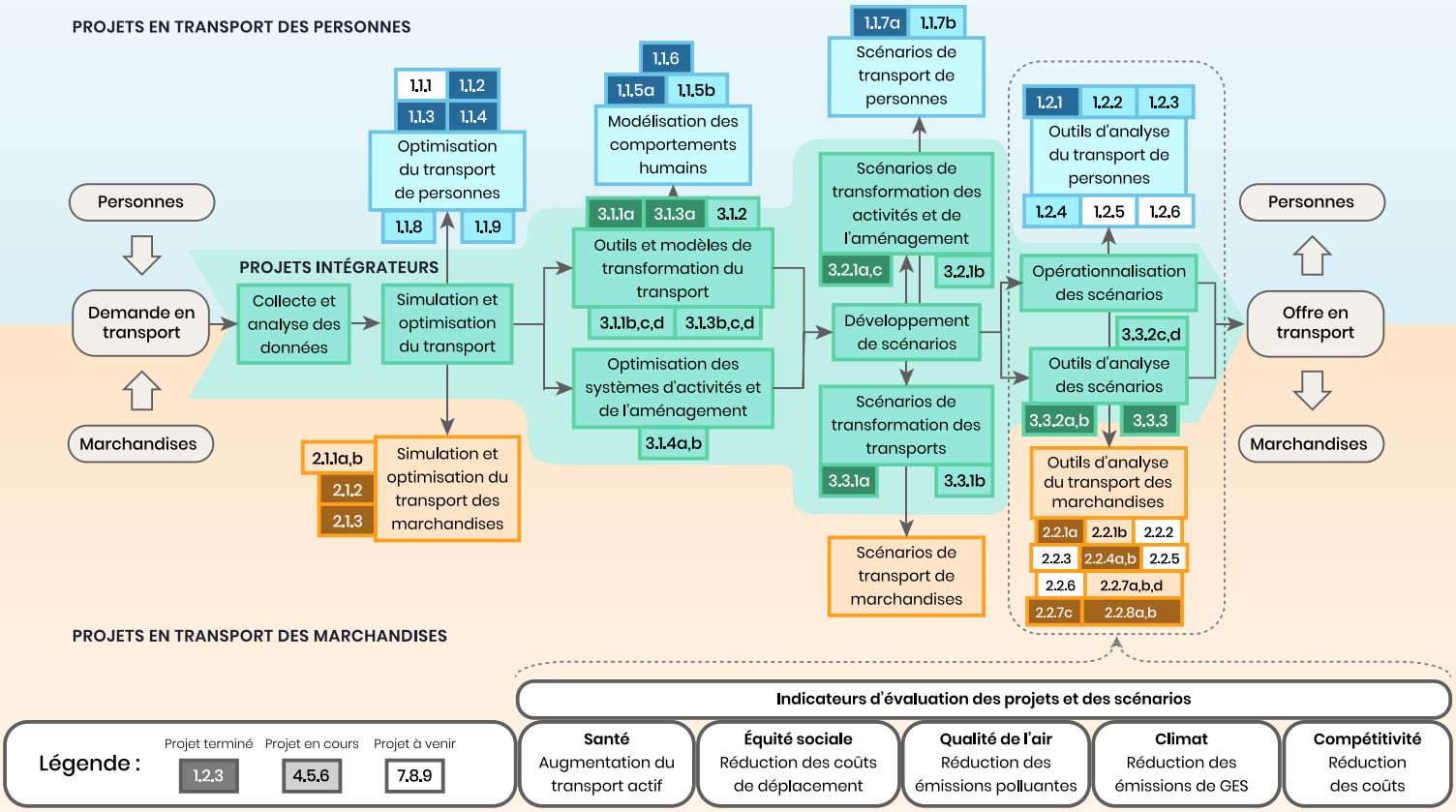
L'objectif du projet est de définir et de modéliser les différents types de covoiturage familial à l'aide des enquêtes origine-destination (OD) et formulation de scénarios.

## 1.6. Achat de matériel

En 2022, un montant de **$ 6 283,01** a été utilisé pour l'achat d'un ordinateur et deux tablettes. Plus de détails sur le budget sont disponibles dans la section **"5. Budget détaillé"** de ce rapport.



# Organisation des projets



# 2. Principales activités de diffusion

## 2.1. Activités de communication

Après sa création, le site web de la Chaire est constamment mis à jour, contenant toutes les informations sur les événements et les publications de l'équipe de recherche.

## 2.2. Publication d'articles dans des revues scientifiques (révision par des pairs)

**La Chaire a publié 13 articles dans des revues scientifiques avec comité de lecture.** Les références, les résumés des articles sont fournis ci-après.

**Alizadeh, H.; Morency, C.; Trépanier, M. (2022).**
Long-distance Travel Demand Modeling through Rare Event Modeling Approach. Transportation Research Part A: Policy and Practice.

***Abstract:*** Long-distance (LD) or intercity travel is getting less attention by researchers than usual daily trips. There is no specific definition for this kind of trip at the national, provincial, and inter-regional levels. At the same time, it has a high contribution to transportation in terms of distance travelled. This paper presents a model comparison method for (LD) trip generation model for LD trips performed by residents of Canada. The terms of "long-distance" trip based on Travel Survey for Residents in Canada (TSRC) survey is considered as non-frequent overnight and day trip. This study compared several machine learning methods for the trip generation model. Since LD trip is relatively rare, the data set of TSRC is considered imbalanced data, three different techniques on the data preparation level as part of rare event modelling (over, under, and synthetically oversampling) employed to handle the issue of imbalanced data. TSRC data from 2012 to 2017 was used for model estimation. Among the random forest, CART, CTree, and logit models, it was found that the random forest has the best performance in prediction, and decision tree models have the best overall accuracy. Also, Income level and educational level play an essential role in the occurrence of an intercity trip. The paper highlights the importance of improvement in intercity travel survey methods and other data collection methods.

**Cheng, Z.; Trépanier, M.; Sun, L. (2022).**
Real-time forecasting of metro origin-destination matrices with high-order weighted dynamic mode decomposition. *Transportation Science,* 56(4), 904-918.

***Abstract:*** Forecasting short-term ridership of different origin-destination pairs (i.e., OD matrix) is crucial to the real-time operation of a metro system. However, this problem is notoriously difficult due to the large-scale, high-dimensional, noisy, and highly skewed nature of OD matrices. In this paper, we address the short-term OD matrix forecasting problem by estimating a low-rank high-order vector autoregression (VAR) model. We reconstruct this problem as a data-driven reduced-order regression model and estimate it using dynamic mode decomposition (DMD). The VAR coefficients estimated by DMD are the best-fit (in terms of Frobenius norm) linear operator for the rank-reduced full-size data. To address the practical issue that metro OD matrices cannot be observed in real time, we use the boarding demand to replace the unavailable OD matrices. Moreover, we consider the time-evolving feature of metro systems and improve the forecast by exponentially reducing the weights for historical data. A tailored online update algorithm is then developed for the high-order weighted DMD model (HW-DMD) to update the model coefficients at a daily level, without storing historical data or retraining. Experiments on data from two large-scale metro systems show that the proposed HW-DMD is robust to noisy and sparse data, and significantly outperforms baseline models in forecasting both OD matrices and boarding flow. The online update algorithm also shows consistent accuracy over a long time, allowing us to maintain an HW-DMD model at much low costs.

**Cheng, Z.; Wang, X.; Chen, X.; Trépanier, M.; Sun, L. (2022).**
Bayesian calibration of traffic flow fundamental diagrams using Gaussian processes. IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems, 3, 763-771.

***Abstract:*** Modeling the relationship between vehicle speed and density on the road is a fundamental problem in traffic flow theory. Recent research found that using the least-squares (LS) method to calibrate single-regime speed-density models is biased because of the uneven distribution of samples. This paper explains the issue of the LS method from a statistical perspective: the biased calibration is caused by the correlations/dependencies in regression residuals. Based on this explanation, we propose a new calibration method for single-regime speed-density models by modeling the covariance of residuals via a zero-mean Gaussian Process (GP). Our approach can be viewed as a generalized least-squares (GLS) method with a specific covariance structure (i.e., kernel function) and is a generalization of the existing LS and the weighted least-squares (WLS) methods. Next, we use a sparse approximation to address the scalability issue of GPs and apply a Markov chain Monte Carlo (MCMC) sampling scheme to obtain the posterior distributions of the parameters for speed-density models and the hyperparameters (i.e., length scale and variance) of the GP kernel. Finally, we calibrate six well-known single-regime speed-density models with the proposed method. Results show that the proposed GP-based methods (1) significantly reduce the biases in the LS calibration, (2) achieve a similar effect as the WLS method, (3) can be used as a non-parametric speed-density model, and (4) provide a Bayesian solution to estimate posterior distributions of parameters and speed-density functions.

**Decouvalaere, R.; Trépanier, M.; Agard, B. (2022).**
Modulated spatiotemporal clustering of smart card users.
*Public Transport*, 88.

***Abstract:*** Smart card data offers an in-depth understanding of the travel behavior of public transport users. An efficient way to analyze public transport users is to group them into different clusters with

similar behaviors. However, this clustering process should take into account space and time because both of these dimensions characterize daily trips. Depending on the outcome, we might wish to give more importance to space or to time, or we might wish to balance the two. In this study, we present a spatiotemporal clustering tool that permits modulation regarding the importance of space versus time. We then test this tool with different values for the space–time balance parameter to evaluate the influence of this parameter on the results. The method has been applied to 769,614 smart card transactions of the Réseau de transport de la Capitale(Quebec City, Canada). Results show that the influence of space and time can indeed be controlled, and that the types of clusters obtained vary whether one or both of the dimensions are considered.

**Deschaintres, É.; Morency, C.; Trépanier, M. (2022).**
Assessing the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Subway Ridership and on the Interactions with other Transportation Modes. *Transportation.*

***Abstract:*** The COVID-19 pandemic has led governments to implement restrictive policies which have caused unprecedented effects on transportation systems. This paper assesses which measures had more impacts on subway daily ridership in Montreal (Quebec, Canada) and on the interactions between modes using time series approaches. Change point detection methods, based on regression structure and Bayesian posterior probabilities, are first applied to automatic fare collection (AFC) data available from January 2019 to December 2021. Nine breakpoints (or ten phases) are found and linked to the COVID-19 timeline of the city. The impacts are then quantified by phase, and their variability is analyzed by day type and period. The evolution of the daily and weekly patterns in subway usage is also examined using time-frequency wavelet analysis. Finally, changes in correlations between the subway ridership and the use of three other transportation modes (cycling, private car, and carsharing) are modeled using interrupted time series models with autoregressive errors. The results reveal that lockdown implementations had a negative, immediate but decreasing impact on subway use, while release measures combined with transit-specific policies (such as free distribution of masks) led to a gradual recovery. The impacts varied in time, but traditional 5-day-a-week peak hour travel declined the most. The use of the other modes, as well as their system-level interactions with the subway, were also affected. Potential modal shifts were highlighted. Such findings provide practitioners and planners with useful insights into the COVID-19 pandemic impacts on mobility.

**Deschaintres, É.; Morency, C.; Trépanier, M. (2022).**
Cross-analysis of the variability of travel behaviors using one-day trip diaries and longitudinal data. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 163, 228-246.

***Abstract:*** Many travel surveys used in transportation planning still collect information over a single weekday while mobility and activity patterns fluctuate from day to day. However, the emergence of new continuous data sources has led to the generation of large amounts of longitudinal data. Therefore, this paper aims to value these two data types to cross-analyze the temporal variability of aggregated travel behaviors. A weighting method based on large-scale single-day survey samples was first developed to extend the representativeness of the daily trip diaries available in the three most recent Origin-Destination household travel surveys of Montreal, Canada, to the entire data collection period (four months in the fall). This method was then validated using passive data streams (smart card and count data) for three modes: car, subway, and bicycle. The variations in the daily use of these modes measured independently by the surveys and passive data were compared over several months of the fall period and throughout an average week. Indicators were also proposed to evaluate whether the two data sources capture the same trend and seasonality, especially the weekly rhythms. The results show that it is possible to accurately infer day-to-day variability in travel behavior from a large-scale cross-sectional single-day survey.

Furthermore, this paper demonstrates the potential for complementarity between traditional surveys and emerging data (at least over the survey period), as well as the possibility to combine them since there are large similarities in the aggregated travel patterns they allow monitoring.

**Garnier, C.; Trépanier, M.; Morency, C. (2022).**
Criteria to prioritize opportunities to shift paratransit trips to regular transit network – Montreal case study. *Journal of Transport & Health*, 24, 101338.

***Abstract:*** Mobility is an important tool for the social inclusion of PWDs (people with disabilities). Unfortunately, the number of paratransit users, in most cities, is rapidly growing while resources remain limited. Paratransit is one of the rare public transport services that are adapted to the needs of users with disabilities. Still, it may be possible to shift some paratransit trips to the RTN (regular transit network). The aim of this paper is to develop and test criteria to identify paratransit trips that could be shifted to the RTN with the best potential of success. Four criteria are proposed to identify these trips. 1) The autonomy level of paratransit users: they must be able to use the RTN by themselves. 2) The universal design of each metro station, bus stop and vehicle. 3) The spatial location of both origin and destination of the trips and their proximity to the RTN, to avoid long walking/rolling distances. 4) The frequency of the trips: how many times over a year does a user performs a specific trip. We propose a method to evaluate these criteria. These four criteria allow prioritizing paratransit trips that could be shifted the RTN with the most potential of success. With these criteria, the safety and the satisfaction of users could be maintained while reducing operation costs of paratransit services. The method has been applied to the paratransit trips of the STM (Montreal Transit Authority) and 15% (400,000 trips) of them could be shifted to the RTN in short term. This research is a step forward to shift paratransit trips to RTN. Still, the proposed criteria need to be refined and more criteria could be added to improve the prioritization of most promising paratransit trips. Nevertheless, the application of this methodology can assist stakeholders in making choices about the mobility services for PWDs.

**Garnier, C.; Trépanier, M.; Morency, C. (2022).**
Mobility disparities between people with and without disabilities – Montreal Case Study. *Journal of Transport & Health*, 25, 101417.

***Abstract:*** *Background*: Some population groups have lower propensity to use public transportation than others. The reasons for this divergence in tendencies are difficult to assess namely since some of these vulnerable groups are typically less observed and analyzed. The aim of this research is to study mobility gaps between people with and without disabilities by comparing their mobility indicators (proportion of mobile people, average number of trips per day, and average number of modes per day). Methods: This research uses two datasets: the Montreal transit authority's paratransit operational data, and the 2018 Montreal origin-destination travel survey. These datasets are used to calculate the mobility indicators for the two groups. To analyze the gaps between these groups, an Oaxaca-Blinder decomposition method is used. This method establishes which proportion of the gap is due to characteristics of the groups (proportion of e elderly people, proportion of women, etc.), and to disparities between groups. Two Oaxaca-Blinder decompositions are performed in this study: one to compare the proportion of mobile people (who made at least made one trip during the study day) and a second one to compare the number of trips per day for the mobile population. Results: This research reveals that the proportion of mobile people in Montreal is 46% for people with disabilities compared to 83% for those without disabilities. There is also a small gap in the average number of trips per day in favor of people without disabilities. A portion of these gaps is explained by different characteristics of the groups. There are more elderly people in the group with disabilities, and elderly people are generally less mobile and travel less. Also, there are more workers and people with a driver's license in the group without disabilities and they typically travel more.

The gap is also explained by disparities between people with similar characteristics. Women or elderly people with disabilities are less mobile and make fewer trips than people with similar characteristics but without disabilities. Conversely, people with disabilities that work, own a driver's license, or live alone are more mobile than the non-disabled people that share the same characteristics. Conclusions: This research shows that mobility disparities lead to mobility gaps between people with and without disability. With more information about the origin of the gaps, decision-making can be steered in the right direction to better answer the needs of people living with disabilities.

**Mai, T.; Frejinger, E. (2022).**
Estimation of undiscounted recursive path choice models: convergence properties and algorithms. *Transportation Science*.

***Abstract:*** Traffic flow predictions are central to a wealth of problems in transportation. Path choice models can be used for this purpose, and in state-of-the-art models—so-called recursive path choice (RPC) models—the choice of a path is formulated as a sequential arc choice process using undiscounted Markov decision process (MDP) with an absorbing state. The MDP has a utility maximization objective with unknown parameters that are estimated based on data. The estimation and prediction using RPC models require repeatedly solving value functions that are solutions to the Bellman equation. Although there are several examples of successful applications of RPC models in the literature, the convergence of the value iteration method has not been studied. We aim to address this gap. For the two closed-form models in the literature—recursive logit (RL) and nested recursive logit (NRL)—we study the convergence properties of the value iteration method. In the case of the RL model, we show that the operator associated with the Bellman equation is a contraction under certain assumptions on the parameter values. On the contrary, the operator in the NRL case is not a contraction. Focusing on the latter, we study two algorithms designed to improve upon the basic value iteration method. Extensive numerical results based on two real data sets show that the least squares approach we propose outperforms two value iteration methods.

**Sani, S.A.; Maroufmashat, A.; Babonneau, F.; Bahn, O.; Delage, E.; Haurie, A.; Mousseau, N.; Vaillancourt, K. (2022).**
Energy Transition Pathways for Deep Decarbonization of the Greater Montreal Region: An Energy Optimization Framework. *Energies*, 15(10), 3760.

***Abstract:*** More than half of the world's population live in cities, and by 2050, it is expected that this proportion will reach almost 68%. These densely populated cities consume more than 75% of the world's primary energy and are responsible for the emission of around 70% of anthropogenic carbon. Providing sustainable energy for the growing demand in cities requires multifaceted planning approach. In this study, we modeled the energy system of the Greater Montreal region to evaluate the impact of different environmental mitigation policies on the energy system of this region over a long-term period (2020–2050). In doing so, we have used the open-source optimization-based model called the Energy–Technology–Environment Model (ETEM). The ETEM is a long-term bottom–up energy model that provides insight into the best options for cities to procure energy and satisfies useful demands while reducing carbon dioxide (CO2) emissions. Results show that, under a deep decarbonization scenario, the transportation, commercial, and residential sectors will contribute to emission reduction by 6.9-, 1.6-, and 1-million-ton CO2-eq in 2050, respectively, compared with their 2020 levels. This is mainly achieved by (i) replacing fossil fuel cars with electric-based vehicles in private and public transportation sectors; (ii) replacing fossil fuel furnaces with electric heat pumps to satisfy heating demand in buildings; and (iii) improving the efficiency of buildings by isolating walls and roofs.

**Zapolskyte, S.; Trépanier, M.; Burinskiene, M.; Survile, O. (2022).**
Smart urban mobility system evaluation model adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar cities. *Sustainability*, 14(2), 715, 2022.

***Abstract:*** To date, there is no developed and validated way to assess urban smartness. When evaluating smart city mobility systems, different authors distinguish different indicators. After analysing the evaluation indicators of the transport system presented in the scientific articles, the most relevant and influential indicators were selected. This article develops a hierarchical evaluation model for evaluating a smart city transportation system. The indicators are divided into five groups called "factors". Several indicators are assigned to each of the listed groups. A hybrid multi-criteria decision-making (MCDM) method was used to calculate the significance of the selected indicators and to compare urban mobility systems. The applied multi-criteria evaluation methods were simple additive weighting (SAW), complex proportional assessment (COPRAS), and technique for order preference by similiarity to ideal solution (TOPSIS). The significance of factors and indicators was determined by expert evaluation methods: the analytic hierarchy process (AHP), direct, when experts evaluate the criteria as a percentage (sum of evaluations of all criteria 100%) and ranking (prioritisation). The evaluation and comparison of mobility systems were performed in two stages: when the multi-criteria evaluation is performed according to the indicators of each factor separately and when performing a comprehensive assessment of the smart mobility system according to the integrated significance of the indicators. A leading city is identified and ranked according to the smartness level. The aim of this article is to create a hierarchical evaluation model of the smart mobility systems, to compare the smartness level of Vilnius, Montreal, and Weimar mobility systems, and to create a ranking.

**Zhang C.; Schmoecker, J-D.; Trépanier, M. (2022).**
Latent stage model for car sharing usage frequency estimation with Montreal case study.
*Transportation*, 49, 185-211.

***Abstract:*** In order to predict the monthly usage frequency of members of a car-sharing scheme by analysing the gradual change of behaviour over time, a new model is proposed based on the Markov Chains model with latent stages. The model accounts for changing patterns of frequency from soon after signing up to later stages by including five latent user ‘life stages’. In applying the model to panel data from Montreal’s free-floating carsharing service the authors calculate each user’s ’lifetime’ applied to ‘system operation time’, the time period since the start of the scheme. Three-fold validation reveals effective performance of the model for both lifetime and system operation time dimensions. The model is further applied to illustrate how previous carsharing experience and the extension of the scheme to a larger area can affect usage frequency changes. We conclude that this approach is effective for usage prediction for novel transport schemes.

**Yarahmadi, A.; Morency, C.; Trépanier, M. (2022).**
New data-driven approach to generate typologies of road segments.
Transportmetrica A: transport science.

***Abstract:*** The main objective of this study is to put forward a typology to describe better associations between road segments and driving patterns as reflected by driving speed. As the first step, a regression model is developed to examine the association between road segments and driving speed. Then, various unsupervised machine learning techniques, including k-means, AHC, and k-proto, are used to develop typologies of road segments. Speed data from a fleet of taxis operating in Montreal, Quebec, are used

to validate the discrimination power of the various typologies. Results demonstrate that combining k-means and Gower distance produces the most accurate road typology. Various statistical tests, including ANOVA, Leven, and post hoc analyses, confirmed that the speed values of the various road types are significantly different. Finally, R2 of regression models developed for various road types demonstrated that the generated road types better elucidate the variability of driving speed.

## 2.3. Autres publications

La Chaire a réalisé huit autres publications.

1. **Deschaintres, É.; Morency, C.; Trépanier, M.** (2022). Développement d'indicateurs de mesure de la variabilité d'utilisation du transport en commun à partir de données de cartes à puce. Cahiers scientifiques du transport. **Lire la publication**

2. **Lamontagne, S.; Carvalho, M.; Frejinger, E.; Gendron, B.; Anjos, M.F.; Atallah, R.** (2022). ptimising electric vehicle charging station placement using advanced discrete choice models. Soumis à *INFORMS Journal on Computing*. Disponible comme préprint sur arXiv : ArXiv:2206.11165v1. **Lire la publication**

3. **Langlois-Bertrand, S.; Mousseau, N.** (2022). Plan pour la carboneutralité au Québec – Trajectoires 2050 et propositions d'actions à court terme, *Institut de l'énergie Trottier*. **Lire la publication**

4. **Legault, R.; Frejinger, E.** (2022). A simulation approach for competitive facility location with random utility maximizing customers. arXiv:2203.11329. **Lire la publication**

5. **Mohammadpour, S.; Frejinger, E.** (2022). Arc travel time and path choice model estimation subsumed. arXiv:2210.14351. **Lire la publication**

6. **Trépanier, M.; Morency, C.; Francoeur, V.; Milord, B.; Levesque P.** (2022). Les carrefours intelligents de mobilité : État des connaissances scientifiques et études de cas, *CIRRELT*, CIRRELT-2022-04, 47p. **Lire la publication**

7. **Trépanier, M.; Morency, C.; Boukelouha, R.; Frejinger, E.; Mousseau, N.; Maia de Souza, D.** (2022). Une Chaire québécoise dédiée à la transformation des transports. *Routes et transports*, 51(2), 73-77.

8. **St-Cyr-Leroux, B.; Trépanier, M; Frejinger, E.** (2022). Réduire les émissions de GES en transformant le transport : annonce de la Chaire en transformation du transport. UDEM NOUVELLES, 18 juillet 2022.

## 2.4. Participations à des conférences

Les chercheurs et les étudiants de la Chaire ont effectué 14 présentations dans des conférences scientifiques.

1. **Alizadeh. H.; Morency, C.; Trépanier, M.** (2022). Modeling Long-Distance Travel Demand Using a Rare Event Modeling Approach. *101st Annual meeting of the Transportation Research Board*, 8-12 Janvier 2022, Washington, DC, United States. **Visitez la page web**

2. **Cheng, Z.; Trépanier, M.; Sun, L.** (2022). Real-time forecasting of metro origin-destination matrices with high-order weighted dynamic mode decomposition. *15th International Conference on Advanced Systems in Public Transport (CASPT2022)*. 7-10 November 2022, Tel Aviv, Israel.
**Visitez la page web**

3. **Decouverlaere, R.; Trépanier, M.; Agard, B.** (2021). Modulated spatiotemporal clustering of smart card users. *15th International Conference on Advanced Systems in Public Transport (CASPT2022)*. 7-10 November 2022, Tel Aviv, Israel. **Visitez la page web**

4. **Deschaintres, É.; Morency, C.; Trépanier, M.** (2022). Assessing the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Subway Ridership and on the Interactions with other Transportation Modes. *101st Annual meeting of the Transportation Research Board*, 8-12 Janvier 2022, Washington, DC, United States.
**Visitez la page web**

5. **Deschaintres, É.; Morency, C.; Trépanier, M.** (2022). Combining a regional household survey and passive data streams for longitudinal monitoring purposes. *Transportation Research Procedia.*

6. **Kolcheva, L.; Legrain A.; Trépanier, M.** (2022). Data Driven Synchronization Strategies of a Bus Line in a Transit Network. *2022 CORS/INFORMS International Conference*, 8 juin 2022, Vancouver, BC, Canada.
**Visitez la page web**

7. **Laviolette, J.; Waygood, E. O. D.; Morency, C.** (2022). Does the built environment at home and work locations affect the willingness to reduce car use for commuting? *57th Annual Conference of the Canadian Transportation Research Forum*, 12-15 June 2022, Montreal, Canada. **Visitez la page web**

8. **Laviolette, J.; Waygood, E. O. D.; Morency, C.** (2022). A kilometer or a mile? Does buffer size matter when it comes to car ownership? *101st Annual meeting of the Transportation Research Board*, 8-12 janvier 2022, Washington, DC, United States. **Visitez la page web**

9. **Pirie, S.; Trépanier, M.; Gendron, B.; Rei, W.** (2022). Revue sur la mesure de la performance des vélos-cargos pour le transport de marchandises et défis rencontrés à Montréal, *4èmes rencontres francophones transport mobilité (RFTM)*, 8-10 juin 2022, Esch-sur-Alzette, Luxembourg. **Visitez la page web**

10. **Trépanier, M.; Valat, L.; Philippe, A.** (2022). Impacts de la pandémie sur l'autopartage montréalais, 56e congrès de l'Association québécoise du transport. 6-8 juin 2022, Laval, QC, Canada.
**Visitez la page web**

11. **Trudeau-Perron, M-A.; Philippe, A., Trépanier, M.; Pirie, S.** (2022). Caractérisation des flux de marchandises passant par le port de Montréal. 4*èmes* rencontres francophones transport mobilité (RFTM). 8-10 juin 2022, Esch-sur-Alzette, Luxembourg. **Visitez la page web**

12. **Vaezi, Z.; Trépanier, M.** (2022). Comparing clustering methods in recognizing of temporal travel pattern of public transport users, *101st Annual meeting of the Transportation Research Board*, 8-12 janvier 2022, Washington, DC, United States. **Visitez la page web**

13. **Viallard, A.; Bourdeau, J.-S.; Morency, C.; Trépanier, M.; Vargas, E.; Benzamane, H.** (2022). Trip characterisation from massive smartphone data. *Transportation Research Procedia.*

14. **Wang, Y.; Morency, C.; Trépanier, M.** (2022). Une analyse longitudinale de la fiabilité du transport en commun. *56e congrès de l'Association québécoise du transport: Interconnectés : le transport, levier d'action pour les communautés*, 6-8 juin 2022, Laval, QC, Canada. **Visitez la page web**

## 3. Partenariats effectués

En 2022, la Chaire a continué et renforcé ses partenariats avec ARTM, CargoM, CIRRELT, CoopCarbone, Exo, Institut de l'énergie Trottier, IVADO, et Transports Québec.

Des démarches avec la SAAQ, en collaboration avec Transports Québec, ont permis l'accès à de nouvelles données sur les inventaires de véhicules, les transactions d'achat et les vérifications mécaniques. Les démarches avec Transport Canada, et le Port de Montréal ont permis le renouvellement de données sur les traces GPS des camions (ATRI) dans le cadre de l'étude sur le mouvement de camions au Port de Montréal. La Chaire tient à remercier CoopCarbone pour les données vélo-cargo.

**Partenaires de la Chaire :**

# III. Indicateurs de performance

| | |
|---|---|
| **1. Nombre de projets de recherche** | **30** |
| En cours | 23 |
| Terminés | 7 |
| Réalisés en collaboration avec : | |
| Les entreprises | 7 |
| Les université | 4 |
| Les collèges | 0 |
| D'autres secteurs d'activité | 6 |
| **2. Nombre de chercheur(euse)s participants à la Chaire** | **21** |
| Universitaire : | 21 |
| Polytechnique Montréal | 9 |
| Université de Montréal | 5 |
| Université du Québec à Montréal | 5 |
| Concordia University | 1 |
| University of California Santa Barbara | 1 |
| **3. Nombre d'étudiant(e)s participants à la chaire** | **21** |
| Stagiaire | 5 |
| Maîtrise | 5 |
| Doctorat | 9 |
| Post-doctorat | 2 |
| **4. Nombre d'étudiant(e)s financés par la chaire** | **21** |
| Stagiaire | 5 |
| Maîtrise | 5 |
| Doctorat | 9 |
| Post-doctorat | 2 |
| **5. Activités de transfert** | **16** |
| **Symposium annuel** (événement organisé par la Chaire) | 1 |
| Nombre de participant(e)s | 60 |
| **Ateliers thématiques** (événement organisé par la Chaire) | 1 |
| Nombre de participant(e)s | 50 |
| **Conférences** | 14 |
| **Conférences au Québec** (participation) | 2 |
| **6. Nombre de publications scientifiques** | **21** |
| Avec comité de lecture | 13 |
| Sans comité de lecture | 8 |
| **Autres** (thèses de doctorat et mémoires de maîtrise) | 0 |
| **7. Nombre de publications scientifiques avec un facteur d'impact >5** | **2** |
| **8. Nombre de communications scientifiques réalisées** | **14** |
| Par les chercheur(euse)s | N/A |
| Par les étudiant(e)s | N/A |

# IV. Budget détaillé

| Dépenses | 1er janvier au 31 décembre 2022 |
|---|---|
| **Salaires, traitements et avantages sociaux** | **321 784,90 $** |
| **Bourses étudiants** | **138 808,80 $** |
| **Matériel, consommables et fournitures** | **320,96 $** |
| **Location d'équipements** | **6 283,01 $** |
| **Frais d'exploitation de la propriété intellectuelle** | **- $** |
| **Frais de sous-traitance** (honoraires professionnels) | **3 047,69 $** |
| **Frais déplacement et séjour** | **646,34 $** |
| **Frais diffusion des connaissances** | **- $** |
| **Sous-total des coûts directs** | **470 887,70 $** |
| **Frais indirects (27%)** | **87 894,29 $** |
| - Polytechnique Montréal | 33 186,49 $ |
| - Université de Montréal | 54 707,80 $ |
| **Total des dépenses** | **558 781,99 $** |

Note : Les frais indirects (27%) sont calculés sur les salaires, traitements et avantages sociaux, bourses étudiants, matériel, consommables et fournitures et location d'équipements.