

# CIV6705 - Théorie de la circulation

## Plan de cours (Automne 2024)

### Responsable du cours:

Pr. Nicolas Saunier  
Local : B324.2  
Courriel : [nicolas.saunier@polymtl.ca](mailto:nicolas.saunier@polymtl.ca)  
Tél. : (514) 340-4711 poste 4962

### Enseignant:

Hamzeh Alizadeh, Ph.D.,  
Directeur – Recherches et valorisation des données  
ARTM  
Courriel : [halizadeh@artm.quebec](mailto:halizadeh@artm.quebec)

## 1. Objectifs du cours

Le cours vise à introduire l'étudiant à la théorie de la circulation routière, c'est-à-dire à la description de la circulation à l'aide des lois de la mathématique et de la physique.

À la fin du cours, l'étudiant devrait être en mesure d'appliquer à des cas pratiques les théories décrites dans le cours et vérifier ces théories par l'application des modèles de simulation. Il devrait pouvoir analyser rigoureusement des problèmes de la circulation sur les routes en milieu rural et urbain, tels que par exemple les files d'attente, les retards aux carrefours et la capacité des éléments routiers, etc.

## 2. Évaluation

L'évaluation des apprentissages repose sur les éléments suivants :

<u>Élément d'évaluation</u>	<u>Pondération</u>
Participation générale (présence, commentaires et questions)	5 %
Travaux dirigés (3)	3*10 = 30 %
Revue et critique de la littérature (présentation en cours)	15 %
Choix du sujet	-
Revue de littérature (rapport)	7.5%
Présentation	7.5%
Projet et article de recherche	30 %
Description du projet	5 %
Article de recherche	20 %
Présentation	15 %
Examen	20 %

Il est attendu que vous participiez activement aux discussions dans le cours.

### 3. Programme des cours

L'ordre indicatif des cours et leur sujet est le suivant :

Date	Contenu
27 août	Présentation du cours, discussion de l'évaluation, introduction à la théorie de la circulation
3 septembre	Méthodes de mesures de circulation
10 septembre	Caractéristiques des flux de circulation
17 septembre	Les diagrammes fondamentaux/(TD1)
24 septembre	Modèles macroscopiques, Revue de littérature
1 octobre	Modèles microscopiques
8 octobre	Les distributions statistiques/Projet de cours-Avancements/(TD2)
15 octobre	Semaine de relâche
22 octobre	Les files d'attente
29 octobre	Capacité des éléments routiers/Projet de cours-Avancements/(TD3)
5 novembre	Les modèles de choix d'itinéraire
12 novembre	Simulation de la circulation
19 novembre	Examen
26 novembre	Présentation des projets

Les sujets de cours peuvent changer en fonction du temps disponible. Trois travaux dirigés comprendront des exercices et de petites recherches de littérature sur des sujets précis. Les dates des travaux sont les suivantes:

Sujet	Date de distribution	Date de remise
TD1	17 septembre	3 octobre
TD2	8 octobre	31 octobre
TD3	29 octobre	14 novembre

### 4. Revue de littérature

Le but de la revue de littérature est de vous familiariser avec des travaux de recherche et d'amener une discussion pratique dans le cadre de chaque cours. Un cours document devra aussi être rendu : il doit être concis, entre trois et six pages de longueur (police 12 points, interligne simple, marge de 2.5 cm), ne pas simplement paraphraser les articles, mais se concentrer sur une revue exhaustive et une critique constructive (leçons, point forts et points faibles, gaps, pistes d'amélioration).

Voici une liste indicative et non-restrictive de sujets à évaluer (voir aussi les liens vers les pages de chercheurs et de congrès dans les ressources) :

- Transports et développement économique (au Canada, États-Unis, Europe, Asie)
  - L'importance économique du transport
  - Transport et opportunités économiques
  - Rendement économique des investissements dans les transports
  - Types d'impacts des transports sur l'économie
- Impacts du transport sur la qualité de l'air

- Impacts
- Modélisation des impacts
- Stratégies d'atténuation
- Psychologie de la circulation
  - Personnalité du conducteur
  - Émotions
  - Stress
  - Distraction et inattention
  - Usagers vulnérables de la route
  - Perception des dangers et risque
 Sullman, M. (2019). Advances in traffic psychology. CRC Press.
- Impacts de la congestion routière
- Modèles de flux piétons
  - Simulation microscopique
  - Simulation macroscopique
- Variables/modèles macroscopiques et méthodes de collecte de données de circulation
- Capacité et niveau de service
- Facteurs humains et statistiques
- Modèles microscopiques
- Théorie des ondes
- Acceptation des créneaux
- Simulation de la circulation
- Évaluation des impacts environnementaux de la circulation et modèles de simulation
- L'utilisation des méthodes d'Apprentissage Machine (Machine Learning) pour la collecte et le traitement des données et la modélisation des phénomènes de circulation
- Impacts de l'arrivée des véhicules autonomes sur la circulation
- Impact du camionnage sur les différents aspects de la circulation routière
- ITS and traffic flow applications and implications
- Méthodes de mesure de la congestion (spatiale, temporelle, OD, etc.)

C'est un travail individuel. J'attends que vous me communiquiez votre choix de sujet pour le **24 septembre**. Je me réserve le droit de refuser un sujet s'il ne convient pas au cours ou s'il y a déjà trop d'articles sur des sujets connexes (pour le même cours).

Je vous proposerai une date de présentation selon le sujet de votre article (en général, une présentation par cours). La présentation devra durer 20 min au maximum et sera faite avec le support visuel de votre choix (Powerpoint, etc.). Le document devra être rendu au plus tard le jour du cours, avant le cours.

## 5. Projet et article de recherche

Le but de ce travail est d'explorer et d'approfondir un sujet particulier vu en cours et de rédiger un rapport rigoureux sur le sujet. J'aimerais en particulier que le projet repose sur **le traitement et la visualisation de données de circulation**:

- Données d'observations : recueillies sur le terrain par vos soins, obtenues par des contacts avec des professionnels (Ville de Montréal, sociétés de génie-conseil, etc.), disponibles à l'École Polytechnique ou publiques sur Internet (PeMS, Portail STI de Portland, NGSIM, lien sur la page du comité du TRB sur la théorie de la circulation) ;
- Données de simulation (il faut noter qu'une simulation nécessite aussi des données réelles pour sa calibration et sa validation) : vous pouvez soit programmer votre propre modèle (en utilisant un langage de programmation comme Matlab, Python, etc.), soit utiliser un logiciel existant sous license libre (Applet de Martin Treiber, SUMO, TRANSIMS, MATSIM), soit un logiciel commercial (des licences de VISSIM pour étudiants sont disponibles pour la session).

Voici une liste non-restrictive de sujets possibles que vous pourriez aborder pour votre article de recherche :

- Impact des durées d'agrégation des variables macroscopiques de la circulation
- Description des phénomènes qui se déroulent dans un goulot, lors de la formation d'un embouteillage, et exploration de la baisse de la capacité en mode congestionné ("capacity drop")
- Étude d'un modèle de simulation microscopique du conducteur, e.g. le "Intelligent Driver Model"
- Étude de la circulation par voie sur des routes à plusieurs voies (homogénéité, comportements différents, propagation des états de circulation)
- Modélisation et impact des péages "urbains" ou d'un paiement proportionnel à l'usage des routes ("pay as you drive")
- Explorer la forme du diagramme fondamental macroscopique (à l'échelle d'une ville)
- Calibration d'un modèle de simulation microscopique avec des données microscopiques (individuelles), e.g. les temps inter-véhiculaires, les vitesses individuelles, les changements de voie.
- Application des modèles de choix discrets : Modèle de poursuite, comportement des piétons, acceptation de créneaux, comportements de changement de voie
- Classification des comportements de poursuite / changements de voies à l'aide des méthodes d'apprentissage machine.
- Prévion de l'état de la circulation à l'aide des méthodes d'apprentissage machine.
- Comparaison des formules analytiques/empiriques de la capacité d'un carrefour (traditionnel avec ou sans feu, ou giratoire) avec des observations dans un modèle de simulation microscopique

- Modélisation de la sécurité dans les modèles de la circulation
- Méthodes de traitement et fusion des données de circulation à partir de différents capteurs
- Modélisation de l'impact d'un système d'aide à la conduite (régulateur de vitesse, suivi automatique de peloton sur autoroute, information trafic temps réel, etc.) sur la circulation
- Modéliser / mesurer les facteurs d'équivalence de différents types de véhicules, de différents types de mouvements

Une façon de trouver un sujet précis est de chercher un article intéressant et de chercher à en reproduire certains résultats. Le travail peut être accompli seul ou par groupe de deux (le volume de travail attendu pour un groupe de deux étudiants devra être plus important que pour un étudiant seul). Les échéances sont les suivantes:

Date	Remise
24 septembre	Choix du sujet (il faut m'envoyer un courriel indiquant le sujet et votre groupe le cas échéant)
1 octobre	Rédaction d'une courte description du projet (1 pages maximum) : le document devra inclure un titre ; un à trois paragraphes décrivant le contexte de la recherche, le sujet précis qui va être traité, les références de la littérature citées dans le texte (au moins cinq articles doivent être inclus dans les références) et les données à analyser (le cas échéant)
26 novembre	Présentation du projet de recherche
3 décembre	Rendu de l'article de recherche

Le format de votre article devra suivre [les recommandations du congrès du TRB](#) J'attends un travail rigoureux et scientifique, ce qui inclut une discussion argumentée, des figures de qualité (correctement étiquetées, dans format vectoriel si vous les avez créées), des légendes pour les tableaux et les figures, des conclusions justifiées par le raisonnement et les données (le cas échéant), et les références de toutes les sources. Le document contiendra aussi un résumé et une bibliographie. Les acronymes doivent être tous définis. Il vous est recommandé d'écrire dans un style simple, à la voie directe avec des phrases courtes.

Votre présentation devra durer entre 15 et 20 minutes selon le nombre de présentations. Vous pouvez utiliser des acétates, mais il est recommandé d'éviter de préparer trop de matériel (il faut compter entre 1 et 2 minutes par acétate): concentrez-vous sur votre message et les idées que vous voulez communiquer, et répétez votre présentation pour respecter le temps qui vous est alloué.

L'article sera évalué avec une note sur 20, se répartissant en 15 pour le contenu (contexte, méthodologie, résultats, discussion) et 5 pour la forme (clarté de la présentation, qualité des illustrations, de l'écriture).

## 6. Règles

Le règlement des études supérieures de l'École Polytechnique s'applique à ce cours (en particulier concernant la fraude, le plagiat, les absences). Veuillez le consulter sur le [site du secrétariat général](#).

En outre, j'aimerais insister sur la rédaction de vos travaux dans une langue de bonne qualité, ainsi que des illustrations soignées et bien présentées. Les retards dans le rendu des travaux entraîneront automatiquement des pertes de points.

## 7. Anglais

Le cours est donné en français et les documents du cours (notes, exercices, examens) sont rédigés en français (la majorité) et anglais (la totalité). Il est autorisé de rédiger les rapports (TD, article de recherche, etc.) en anglais si vous le désirez. Par ailleurs, l'essentiel des ressources est, comme l'essentiel de la recherche internationale, écrit en anglais : une bonne maîtrise de l'anglais est donc nécessaire pour approfondir le cours et réaliser les travaux demandés.

## 8. Horaires

Le cours est donné le mardi de 16h30 à 19h15 en mode virtuel (à distance). Le lien Teams sera disponible sur Moodle (fichier : CIV6705-LienTeam) pour se connecter au cours. Vous recevrez l'invitation sur votre agenda de Polytechnique après votre inscription au cours. Je suis disponible tous les jours par courriel pour répondre à vos questions.

Veuillez noter que l'examen (19 novembre) se tiendra en **mode présentiel** (local B-429). À priori, le reste du cours se tiendra en **mode virtuel**.

## 9. Ressources

### 9.1. Théorie de la circulation

- Notes du cours CIV6705 (site moodle)
- Notes de cours du Pr. Karsten Baass (site moodle)
- Gartner, N. ; Messer, C. J. & Rathi, A. K. (Eds.) [Revised Monograph on Traffic Flow Theory](#). Transportation Research Board, 2001 (certains chapitres de la version précédente de 1997 sont toujours valables et contiennent d'autres informations : toutes les versions, y compris de 1964 et 1975 sont disponible sur le site du comité du TRB sur la théorie de la circulation (AHB45))
- Buisson, C. & Lesort, J. [Comprendre le trafic routier: méthodes et outils](#). CERTU, 2009
- Notes du cours de Circulation (CIV4740) (site moodle)

— Cours de Robert Bertini “Transportation Operations” de Portland State University, en particulier avec les documents Methods of Analysis for Transportation Operations de Daganzo et Newell, et Traffic Flow and Capacity de Cassidy

— [Wikibook](#) gratuit en anglais sur les bases du transport routier

— [Handbook of Simplified Practice for Traffic Studies](#), Iowa State University

— [Transportation Engineering. Online Lab Manual](#) : des éléments de cours et des exercices corrigés

— Roess, R. ; Prassas, E. & McShane, W. Traffic Engineering Prentice Hall, 2004

— Papacostas, C. & Prevedouros, P. Transportation Engineering and Planning Prentice Hall, 2000

— Highway Capacity Manual (HCM 2000 et 2010) Transportation Research Board, 2000 et 2010

— May, A. D. Traffic Flow Fundamentals Prentice Hall, 1990

De nombreux chercheurs et autres organisations du domaine tiennent une liste de leurs articles à jour sur leur site : [Jorge Laval](#), [Robert Bertini](#)/Portland State University, [Carlos Daganzo](#), [Christine Buisson](#), [Dirk Helbing](#), [Martin Treiber](#), Documents et articles historiques du site du comité du TRB sur la théorie de la circulation (AHB45). Les actes des congrès et ateliers suivants sont disponibles sur Internet :

— [Does traffic data support traffic models](#), Traffic Flow Theory and Characteristics Committee (AHB45), 2010 Summer Meeting of the Transportation Research Board.

— Symposium on The Fundamental Diagram: 75 Years (Greenshields 75 Symposium), Traffic Flow Theory and Characteristics Committee (AHB45), 2008 Summer Meeting.

Une liste d’outils logiciels est disponible sur le [wiki Transport](#).

## 9.2. Autres

Il y a plusieurs associations professionnelles et organismes gouvernementaux dans le domaine du transport qui publient des manuels, recommandations, font de la formation :

- AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials
- AQTR : Association Québécoise du Transport et des Routes
- ATC : Association du Transport du Canada
- FHWA : Federal Highway Administration
- IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ITE : Institute of Transportation Engineers (gratuit pour les étudiants)
- MTQ : Ministère des Transports du Québec
- NHTSA : National Highway Traffic Safety Administration
- TRB : Transportation Research Board

Parmi les institutions universitaires dans le domaine du transport, on peut noter:

- CIRRELT : Centre Interuniversitaire de Recherche sur les Réseaux d'Entreprise, la Logistique et le Transport
- HEC-Montréal : École des hautes études commerciales de Montréal
- INRS : Institut National de la Recherche Scientifique
- IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (anciennement Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité, INRETS)
- LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées à Paris
- UBC : University of British Columbia

Parmi les revues avec comité de lecture dans le domaine des transports, on peut noter :

- Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board
- Transportation Research Part A, B, C, D, E, F
- Accident Analysis and Prevention
- Journal of Intelligent Transportation Systems
- Journal of Advanced Transportation
- Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering
- IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems
- IEEE Transactions on Vehicular Technology
- ITE Journal
- Recherche Transports Sécurité
- Routes et transports, AQTR

Je vous recommande les moteurs de recherche suivants pour trouver des articles et constituer une bibliographie :

— Google Web et Scholar

— Les sites des éditeurs (dont le contenu est accessible lorsque vous vous connectez à Internet de l'École) : Elsevier, Springer, IEEE explore, Scopus, Taylor and Francis, [Public Library of Science \(PLoS\)](#), etc

— Les dépôts publics comme [ArXiv](#)

— Transportation Research Information Services ([TRIS](#)) database.