

Transport intermodal ferroviaire: une partie intégrante du système logistique urbain du futur

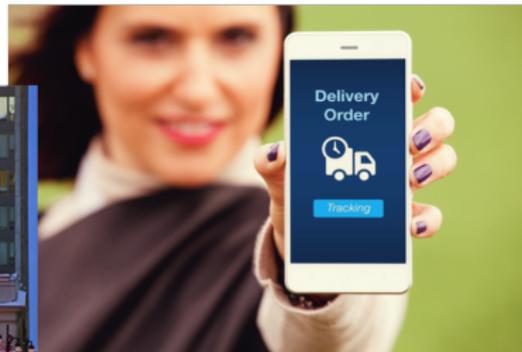
Colloque de l'AQTr: Le rail dans nos villes
22 novembre 2017

EMMA FREJINGER

Professeure agrégée, Université de Montréal
Titulaire de la Chaire CN en optimisation des opérations ferroviaires
Membre du CIRRELT

Contributions de **TEODOR GABRIEL CRAINIC** et **BERNARD GENDRON**

Les villes ne pourraient **survivre** ni se **développer** sans transport de marchandises !



Pourtant, le citoyen voit d'abord les **désavantages** du transport de marchandises : détérioration de la qualité de vie, insécurité, bruit, pollution, congestion, ...



Chronicle / Lance Eversen

INEFFICIENCES

Citation d'une présentation de Benoit Montreuil (CIRRELT) "L'internet physique et logistique interconnecté : Un impact transformationnel sur le transport multimodal"

- ▶ On expédie de l'air et de l'emballage : **chargement moyen au départ de 60%**
- ▶ 25% des déplacements sur la route sont des **déplacements à vide**
- ▶ Des installations de production et de distribution sont **peu ou mal utilisées**
- ▶ Tant de produits ne sont **jamais vendus, jamais utilisés**

DÉVELOPPEMENT DURABLE

- ▶ Assurer un développement économique, social, environnemental, équitable entre les générations
- ▶ Défis : soutenir le développement de l'économie tout en minimisant les impacts négatifs des transports
- ▶ Comment concilier le développement durable des villes et le transport de marchandises ?

En conciliant **les objectifs de multiples parties prenantes**

- ▶ **Parties prenantes** : les fournisseurs, les facilitateurs et les utilisateurs de services de logistique ainsi que les pouvoirs publics

DÉVELOPPEMENT DURABLE

- ▶ Exemples d'objectifs des parties prenantes
 - ▶ Réduction des coûts / augmentation des profits
 - ▶ Réduction des temps de transport
 - ▶ Réduction de la congestion
 - ▶ Réduction de la pollution
 - ▶ Amélioration de la sécurité
- ▶ **L'internet physique** et la **logistique urbaine** : transformations innovatrices pour concilier le développement durable et le transport de marchandises

INTERNET PHYSIQUE

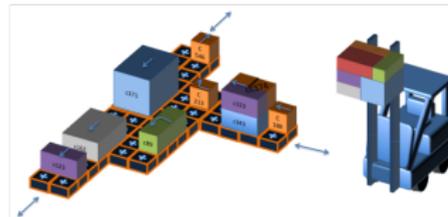
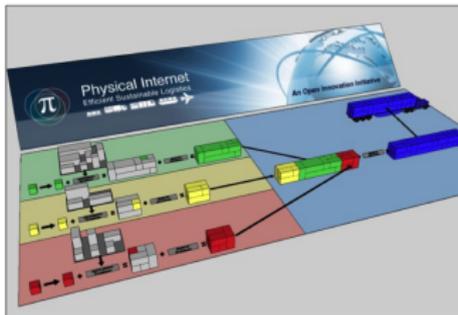
Exploiter la métaphore de l'Internet

Solution durable et progressivement déployable aux problèmes globaux liés à notre façon de déplacer, entreposer, réaliser, approvisionner et utiliser les objets physiques à travers la planète.



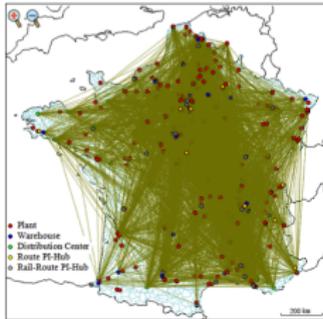
INTERNET PHYSIQUE

- ▶ Marché numérique ouvert de transport des biens
- ▶ Tous les biens sont déplacés dans des conteneurs modulaires de type “boîte noire”
- ▶ Réseaux de transport et de distribution ouverts et partagés

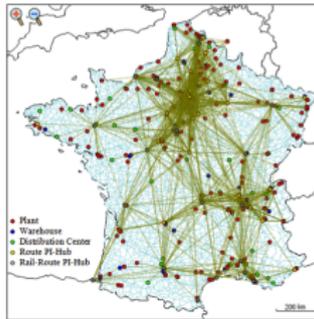


Monreuil et Thivierge (2011), Monreuil, Meller et Ballot (2010)

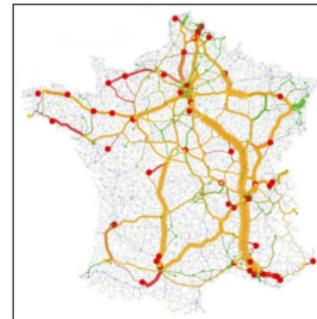
- ▶ Projet d'estimation du potentiel de l'Internet Physique en France pour Casio et Carrefour
- ▶ Utilisation de hubs unimodaux routiers et multimodaux rail-route fonctionnant avec efficacité et intégration
- ▶ Réductions : jusqu'à 26% des coûts et près de 60% des émissions de GES



Flux actuels



Flux Internet Physique



Trafic Internet Physique

Ballot, Montreuil et Glardon (2012)

LOGISTIQUE URBAINE

- ▶ Complémentarité avec Internet Physique “Hyperconnected City Logistics Systems” (Crainic and Montreuil, 2016)
- ▶ **Vision intégrée** du système logistique urbain et des parties prenantes
- ▶ Optimisation de la **consolidation** des charges de différents expéditeurs et transporteurs à bord des mêmes véhicules et **coordination** des activités et ressources
- ▶ Exemple : livraisons en dehors des heures de pointe ont eu beaucoup de succès dans la ville de New York (Holguín-Veras et al., 2011, 2014)

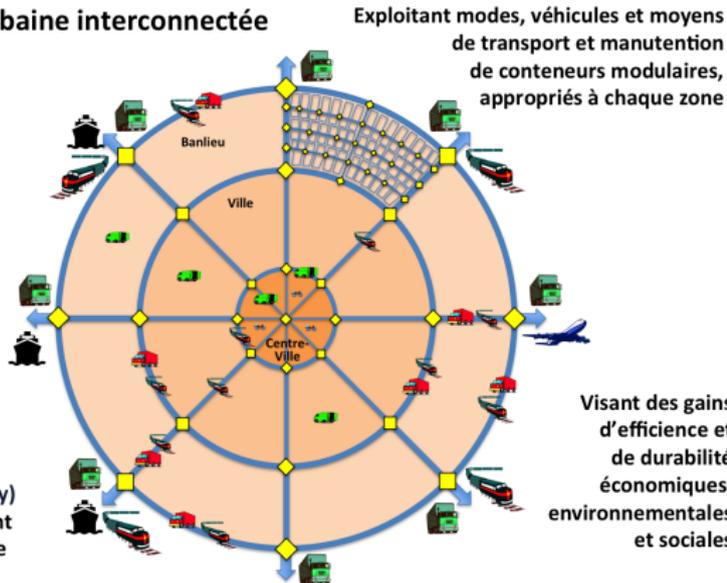
LOGISTIQUE URBAINE

Crainic et Montreuil (2016)

Logistique urbaine interconnectée

- Avion
- Camion urbain
- Navire
- Transporteur urbain
- Train
- Véhicules longue-distance
- Vélo, moto
- Hub urbain transbordement et/ou déploiement

Exploitant les infrastructures existantes (dont métro & tramway) et en développant graduellement de nouvelles

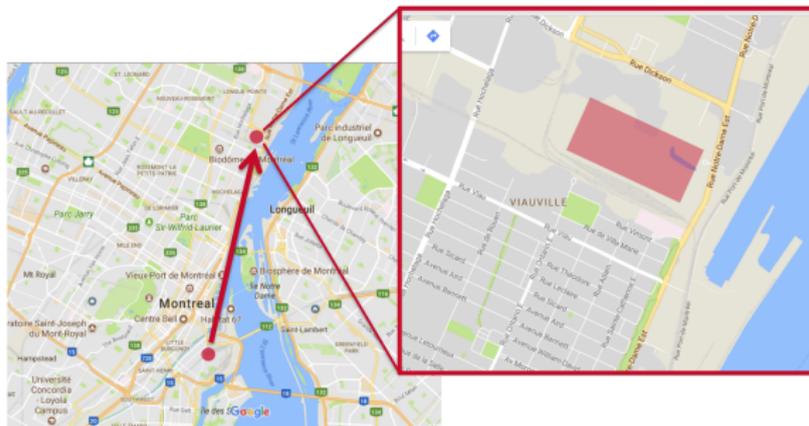


Exploitant modes, véhicules et moyens de transport et manutention de conteneurs modulaires, appropriés à chaque zone

Visant des gains d'efficacité et de durabilité économiques, environnementales et sociales

L'importance du transfert modal – routier vers rail – et l'emplacement des terminaux intermodaux

- ▶ Exemple d'étude : déménagement potentiel du terminal de Ray-Mont Logistiques
- ▶ **Réduction importante** des émissions et kilomètres parcourus sur le réseau routier, sans tenir compte de l'utilisation potentielle de camions électriques



TERMINAUX INTERMODAUX EN VILLE

- ▶ Rôle d'un terminal : gestion de véhicules et de trains, chargement, déchargement, transbordement, entreposage (courte durée), triage et consolidation
- ▶ Défis de planification et d'optimisation des opérations de terminaux intermodaux ferroviaires en ville
 - ▶ Surface de terminal limitée
 - ▶ Trafic élevé
 - ▶ Incertitudes liées au réseau routier (congestion)
 - ▶ Interconnexions avec d'autres terminaux : problème d'optimisation de réseau

RECHERCHE

- ▶ La planification optimale des réseaux de transport ferroviaires implique des problèmes de décision complexes qui peuvent avoir des millions de solutions possibles
- ▶ Deux ingrédients sont nécessaires pour prendre des décisions judicieuses :
 - ▶ Connaissance synthétique du monde : **apprentissage automatique**
 - ▶ Prendre des décisions optimales en utilisant cette connaissance : **optimisation**
- ▶ Nous développons des **outils d'aide à la décision** pour des problèmes complexes en combinant l'apprentissage automatique et l'optimisation

RECHERCHE

LE MOMENT PARFAIT

- ▶ Percées méthodologiques
- ▶ Performance de calcul
- ▶ Mégadonnées

- ▶ Problèmes d'optimisations combinatoires présents dans la planification des opérations de transports intermodal ferroviaire
 - ▶ Accélération algorithmique de 256,000x et accélération calculatoire de 1,000x (estimation très conservatrice) de 1991 à 2003
 - ▶ Problèmes qui auraient pris **7 ans à résoudre en 1991, prendraient désormais une seconde**



(Source : George Nemhauser, CPLEX and Gurobi solvers)

EXEMPLE DE PROJET DE RECHERCHE

- ▶ Chargement de trains intermodaux
- ▶ Conteneurs entreposés en piles dans le terminal ou arrivent durant le chargement par camion



EXEMPLE DE PROJET DE RECHERCHE

CONTENEURS INTERMODAUX

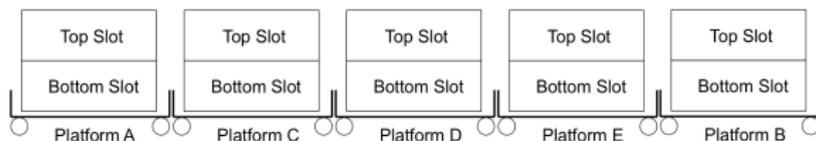
- ▶ Standard ISO partout :
20', 40' bas ou haut, 45'
- ▶ 48' et 53' aussi en Amérique du Nord
- ▶ Diversité de types
- ▶ Règles d'empilement suivant taille et type



EXEMPLE DE PROJET DE RECHERCHE

WAGONS INTERMODAUX À CHARGEMENT SUPERPOSÉ

- ▶ Diversité des types
- ▶ Nombre et longueur des plateformes variables
- ▶ Tare et capacité de charge
- ▶ Possibilités de chargement



EXEMPLE DE PROJET DE RECHERCHE

CHARGEMENT DE CONTENEURS SUR LES WAGONS

- ▶ Chargements réalisables dépendent des caractéristiques des wagons et conteneurs
 - ▶ Conteneurs ont des priorités différentes
- 
- ▶ Objectif : maximiser l'utilisation des emplacements et le chargement des conteneurs prioritaires, minimiser les coûts de déplacement dans le terminal (mouvements de grue)

EXEMPLE DE PROJET DE RECHERCHE

- ▶ Modélisation qui combine la programmation en nombres entiers et la programmation dynamique
- ▶ Le problème peut être résolu en un temps raisonnable, même pour des instances de grande taille
- ▶ Les solutions peuvent être utilisées dans les opérations
- ▶ Les solutions permettent d'analyser des scénarios de planification stratégique

CIRRELT ET CAMPUS MONTREAL

- ▶ Le **CIRRELT** : **C**entre **i**nteruniversitaire de **r**echerche sur les **r**éseaux d'**e**ntreprise, la **l**ogistique et le **t**ransport

Un des plus **grands centres de recherche universitaire au monde** dans le domaine des **réseaux logistiques et de transport**

- ▶ **Campus Montréal** : Premier au monde en termes d'impact de la recherche dans trois domaines :
 - ▶ Transport et logistique
 - ▶ Optimisation
 - ▶ Apprentissage profond
- ▶ Plus de 200 chercheurs et plus de 660 étudiants aux niveaux gradués dans ces domaines

POUR LES CURIEUX...

- ▶ Chaire CN en optimisation des opérations ferroviaires
intermodal.iro.umontreal.ca
- ▶ **CIRRELT**
www.cirrelt.ca
- ▶ Internet physique
Wikipedia : Physical Internet
Lien vers Webinar sur page de Benoit Montreuil, Georgia Tech
- ▶ Logistique urbaine et internet physique
Crainic, T.G. et Montreuil, B., Physical internet enabled Hyperconnected City Logistics, Transportation Research Procedia 12 :383–398, 2016.