



CIRRELT

La science des réseaux
The Science of Networks

Comment ne pas modérer ses transports!

Bernard Gendron
Professeur titulaire, DIRO
Directeur, CIRRELT
Octobre 2013



De quoi parle-t-on?

- De **systèmes informatisés** d'aide à la décision en transport
- Le Québec est à l'avant-garde mondiale dans ce domaine et le **DIRO** y est pour quelque chose!
- **CIRRELT** : centre de réputation internationale dans le domaine des réseaux logistiques et de transport
- Une **industrie québécoise** qui compte des leaders mondiaux
- Fondement : optimisation de réseaux

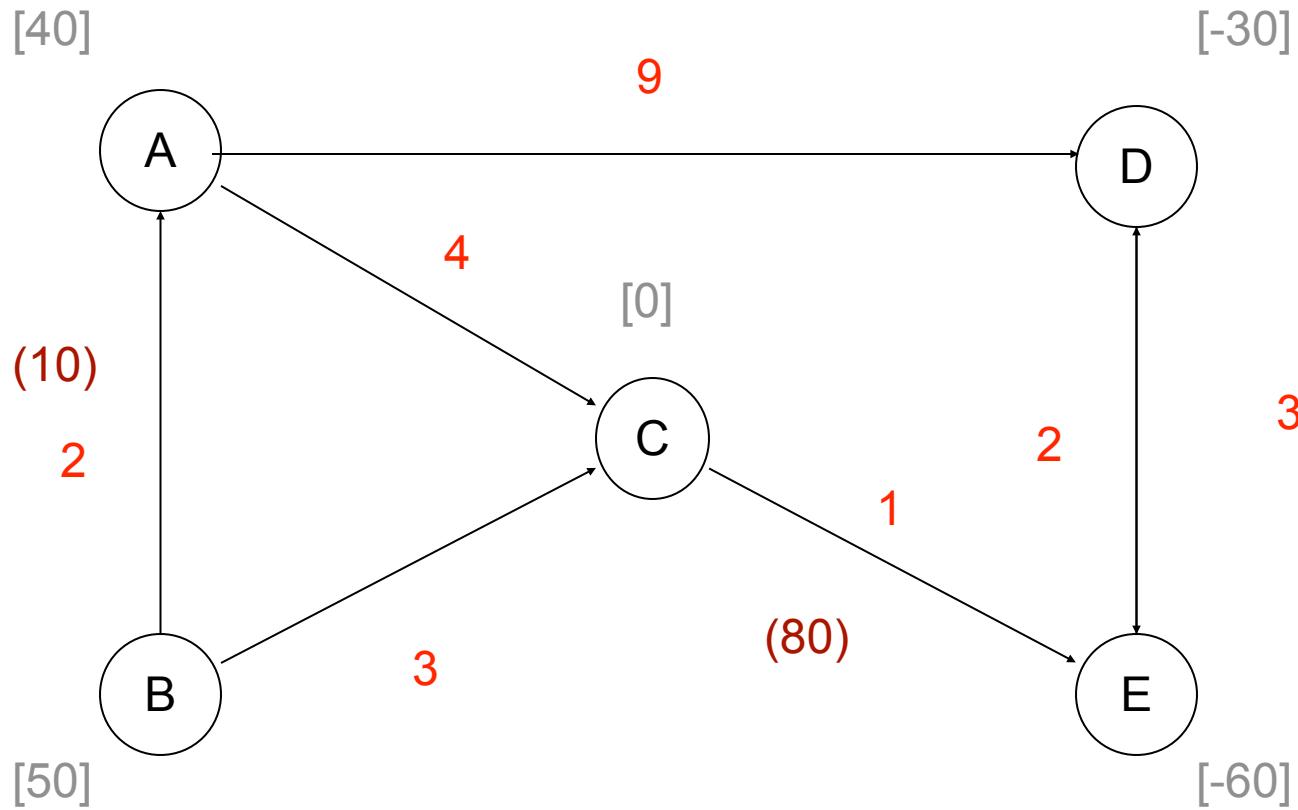
Graphes et réseaux

- **Graphe** :
 - Sommets (intersections de rues)
 - Arcs (rues avec leur orientation)
- **Chemins** et **circuits**
- **Réseau** : graphe avec des quantités aux sommets et aux arcs (temps de parcours, coûts, capacités, offres/demandes, ...)
- **Flots** : partition des sommets en origines, destinations et sommets de transfert + équations de conservation
- **Flots multi-produits multi-modes**



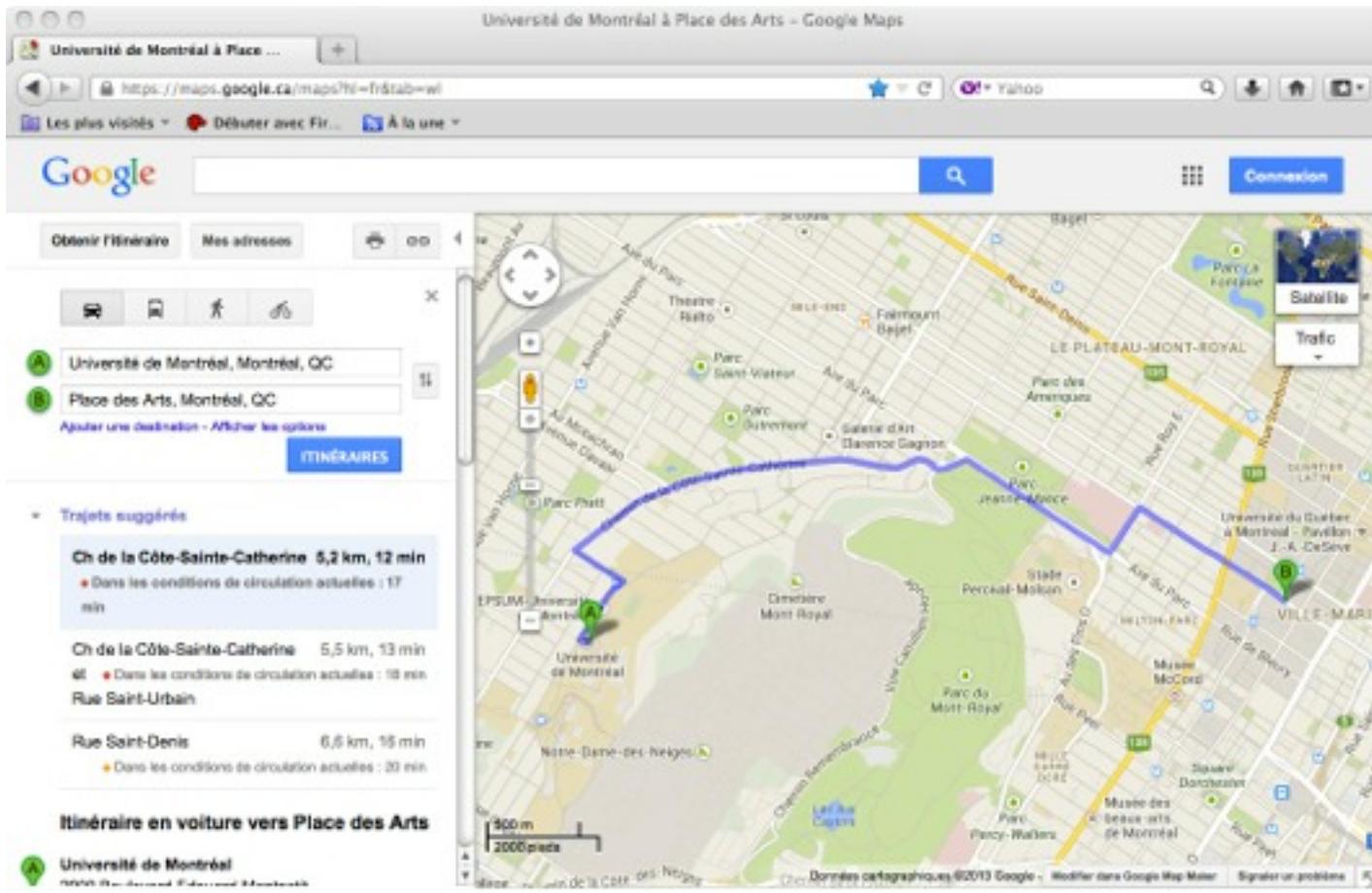
Un petit réseau...

Un petit réseau...



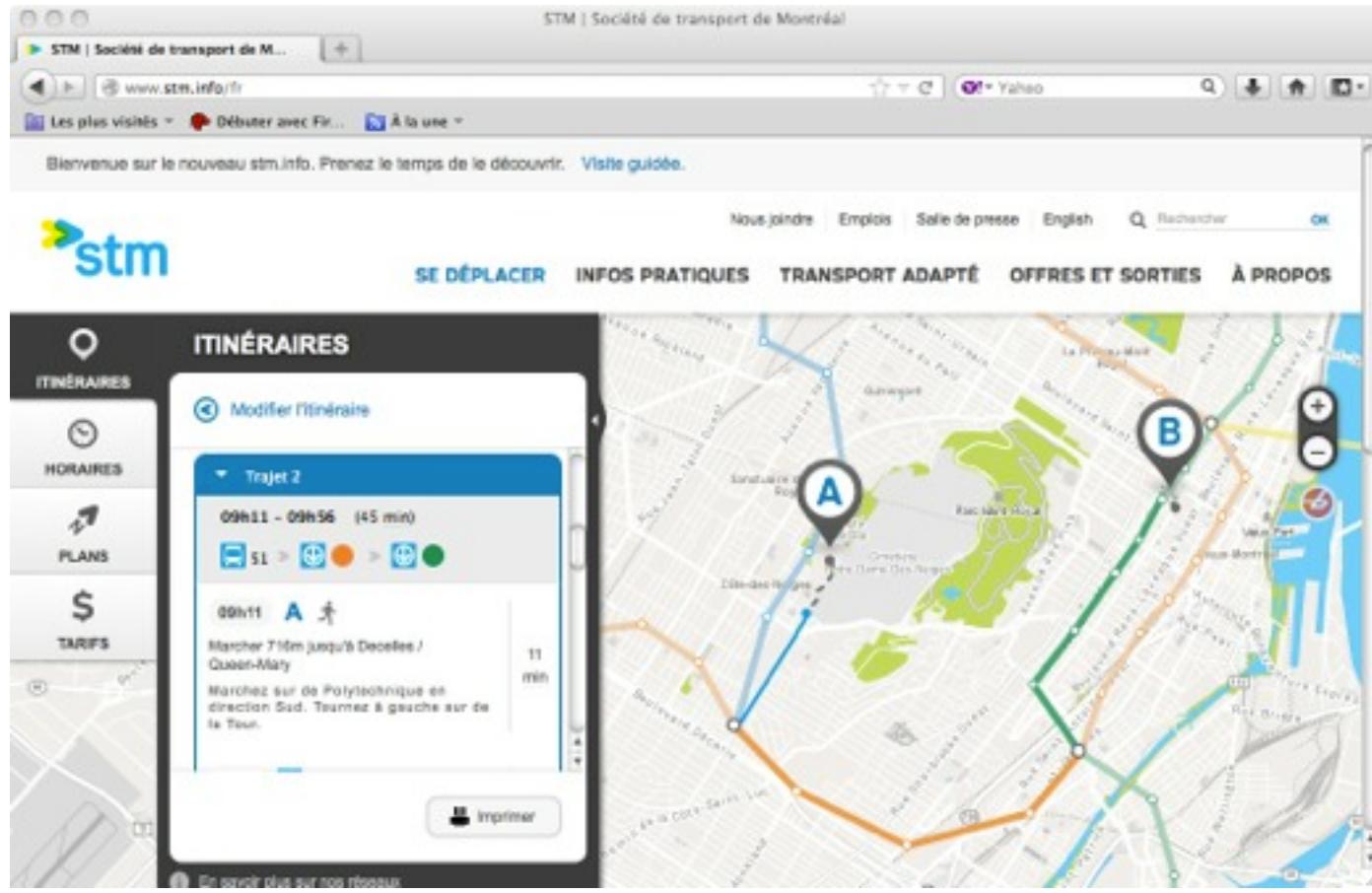
Comment ne pas modérer ses transports!

Plus courts chemins



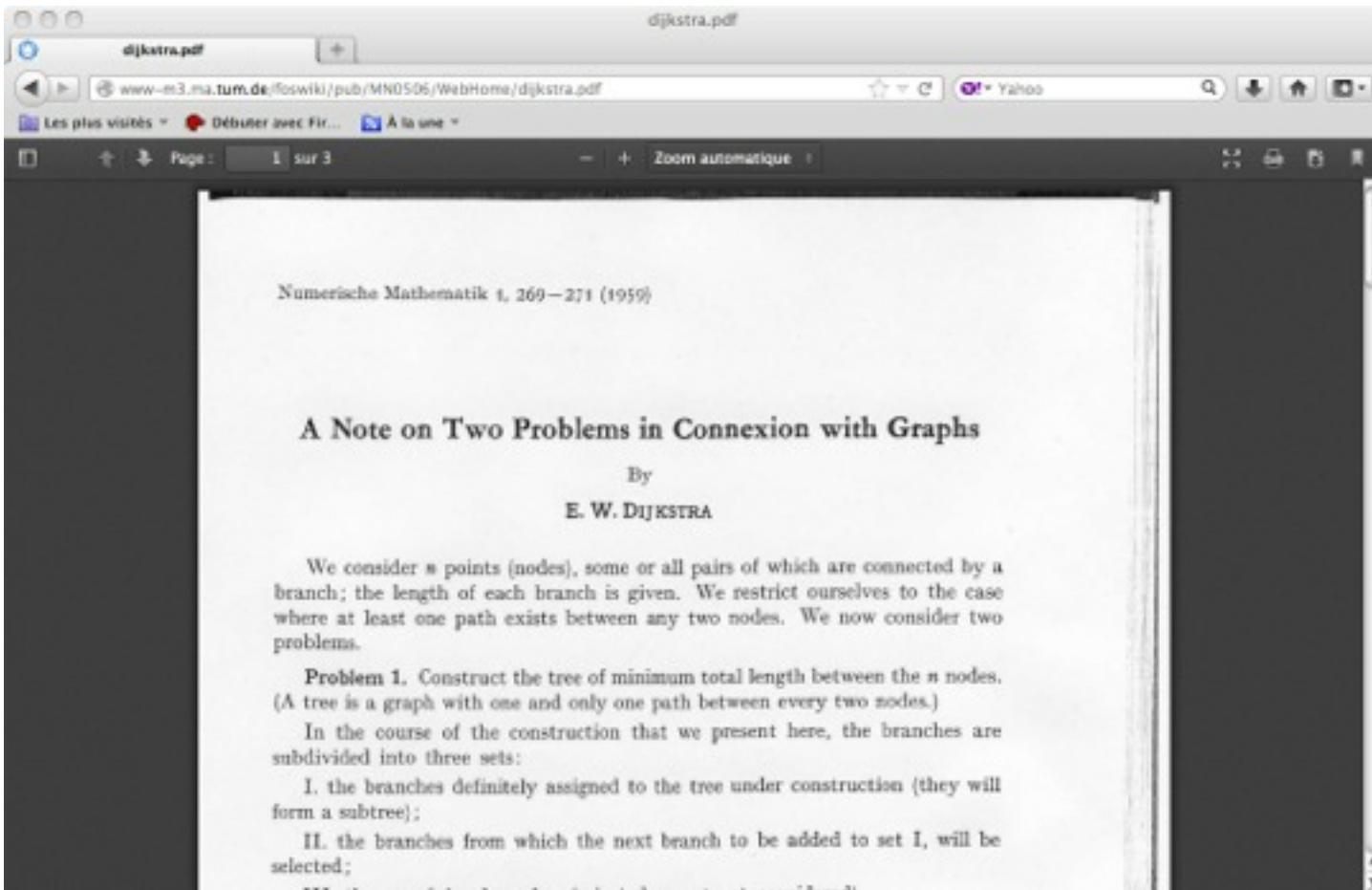
Comment ne pas modérer ses transports!

Plus courts chemins



Comment ne pas modérer ses transports!

Algorithme de Dijkstra



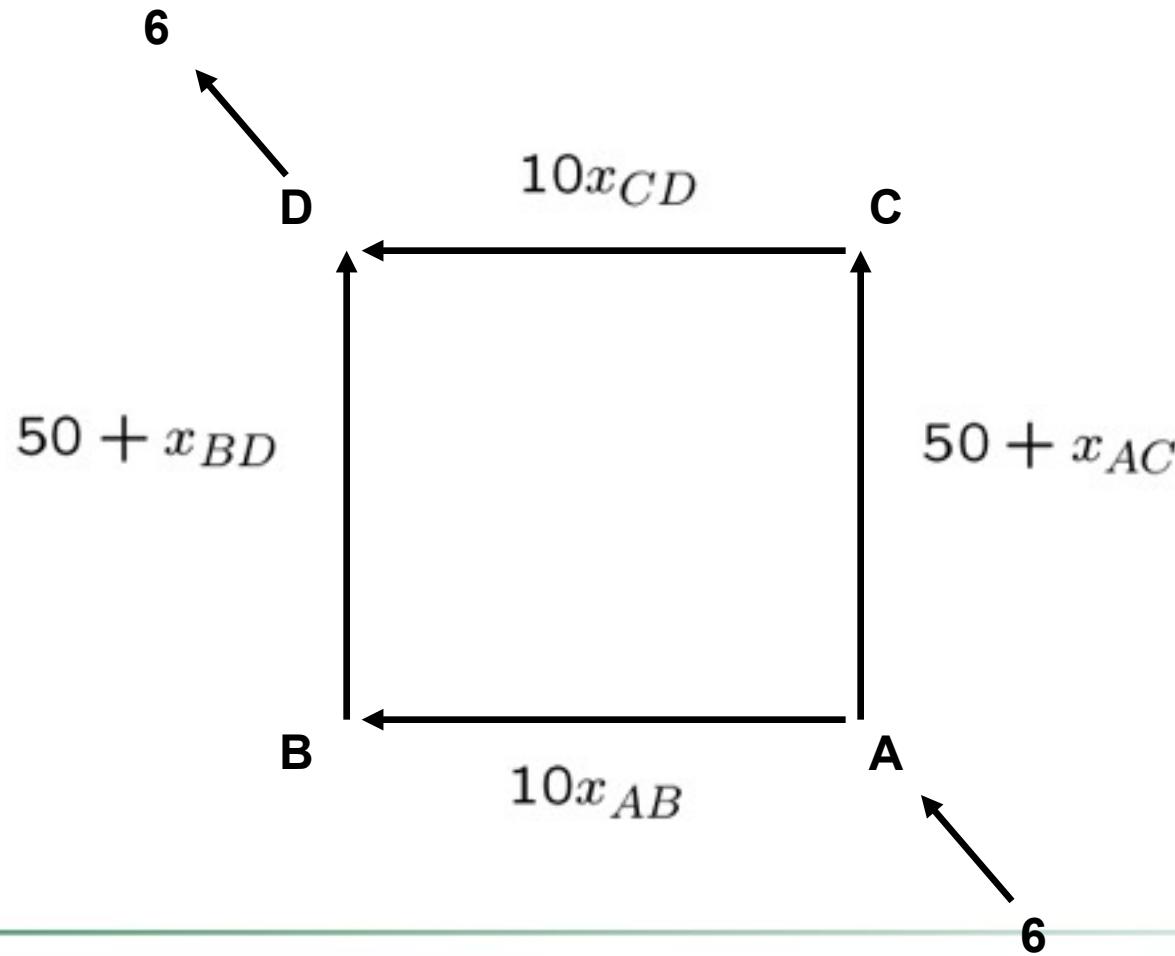
Comment ne pas modérer ses transports!

Plus courts chemins : facile ?

- Prise en compte en **temps réel** des facteurs d'**incertitude** : par exemple, tempête de neige (« Canadian Traveller Problem ») !
- Graphe de très grande taille : des **millions de sommets** !
- « Longueurs » négatives ?
- Attention aux circuits de longueur négative !
- Longueurs = temps de parcours
 - Limite sur la longueur totale
 - Fenêtres de temps
 - Congestion

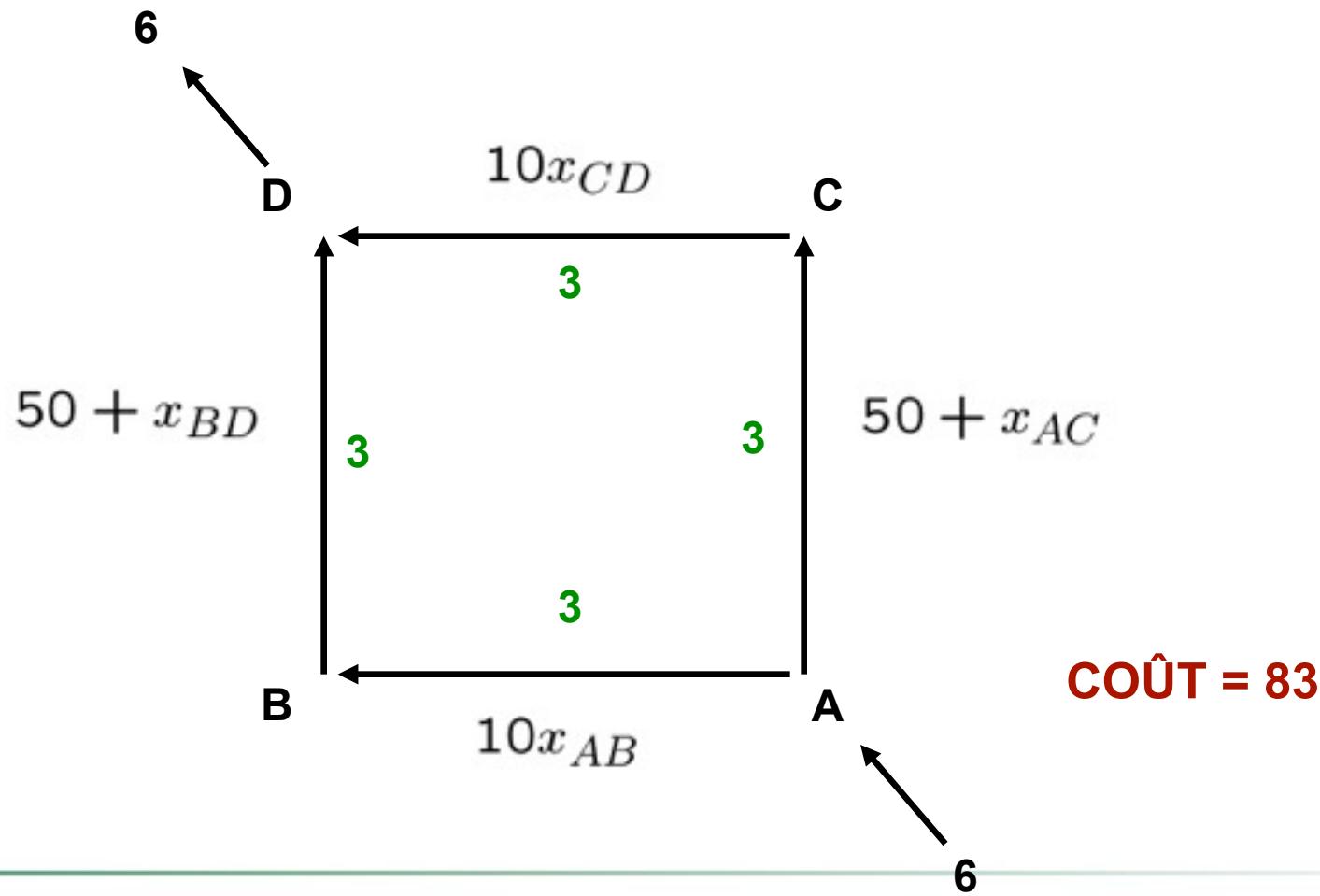


Équilibre de trafic



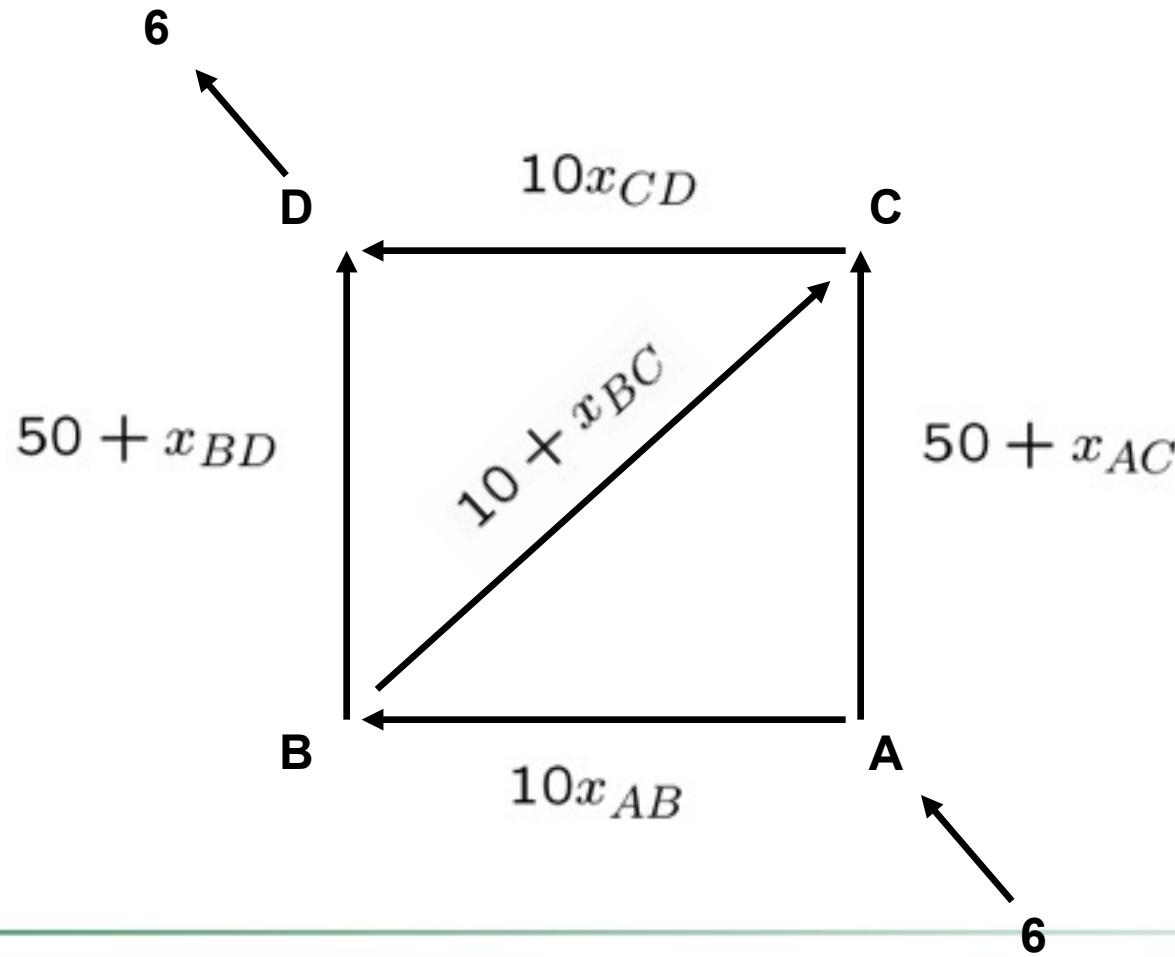
Comment ne pas modérer ses transports!

Équilibre de trafic



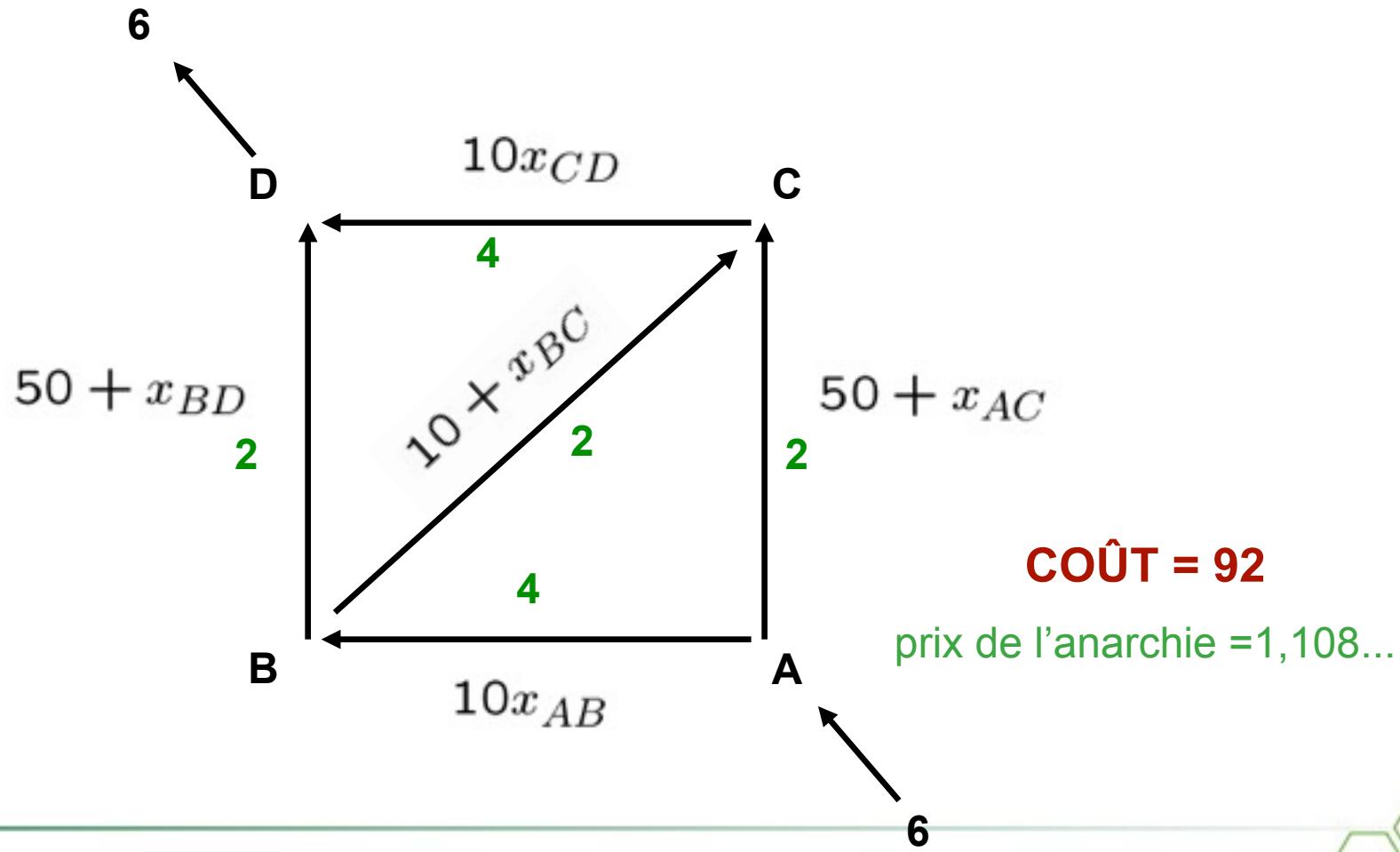
Comment ne pas modérer ses transports!

Équilibre de trafic



Comment ne pas modérer ses transports!

Équilibre de trafic



Comment ne pas modérer ses transports!

INRO



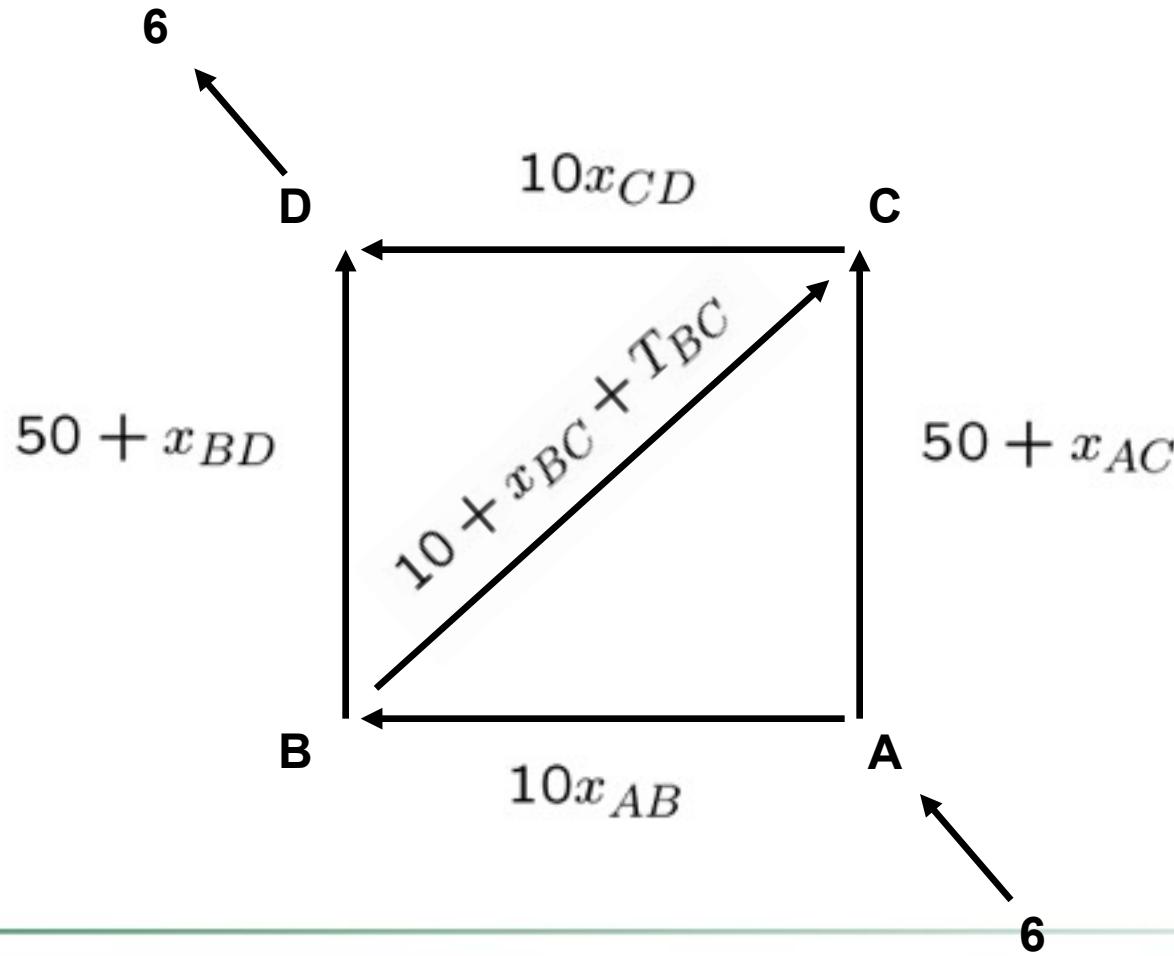
Comment ne pas modérer ses transports!

INRO

The screenshot shows a web browser displaying the INRO Dynamicq website. The URL in the address bar is www.inrosoftware.com/fr/products/dynamicq/index.php. The page features the INRO logo and navigation links for Products, Ventes, Formation, Assistance, Communauté, Télécharger, and Recherche. A large image of a 3D model of a road network with various colored blocks (brown, red) representing traffic flow is prominently displayed. Below this, there's a section titled "Plus d'info sur Dynamicq" with links for evaluation, brochure, and DTA Primer. A "Projets récents" section is also visible.

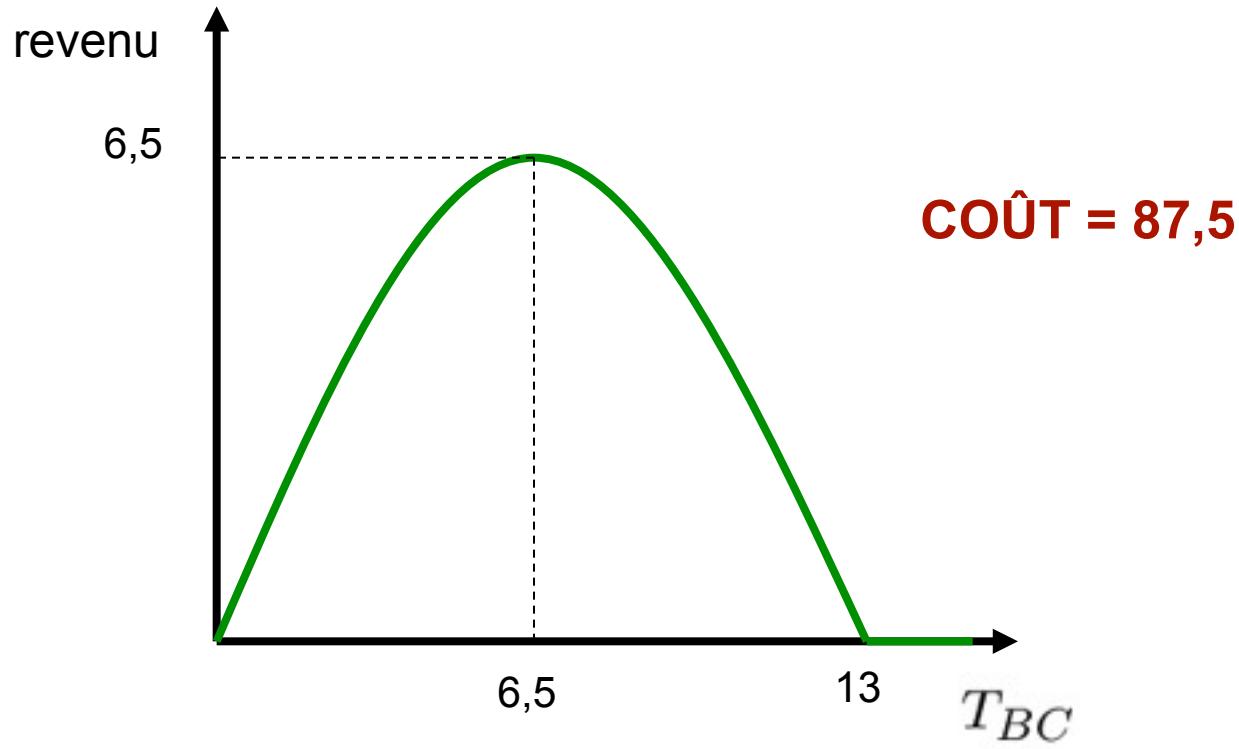
Comment ne pas modérer ses transports!

Tarification et gestion du revenu



Comment ne pas modérer ses transports!

Tarification et gestion du revenu



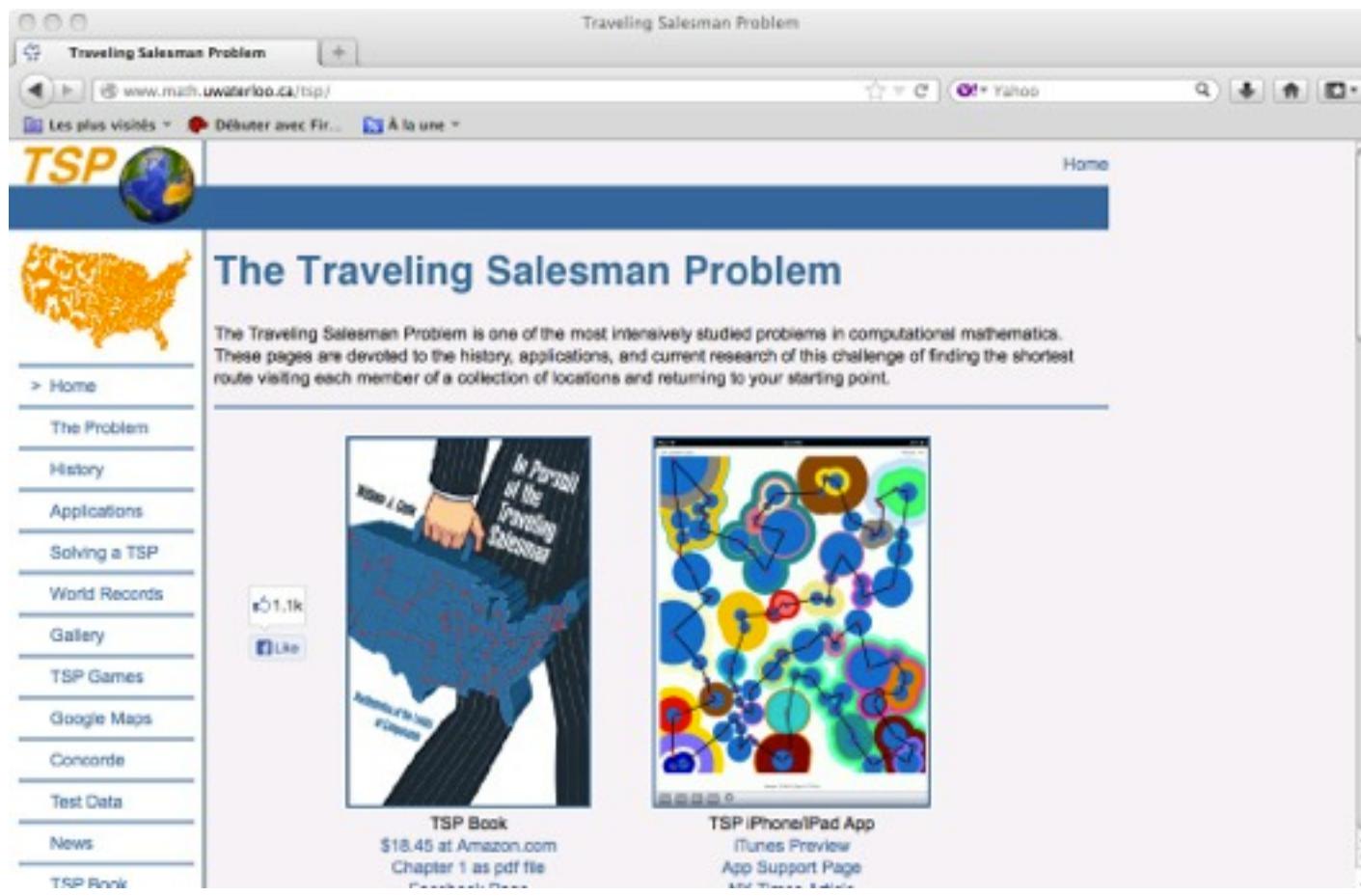
ExPretio

The screenshot shows a web browser window with the title bar "railway industry - optimal pricing - montreal, canada". The address bar displays "www.expretio.com". The page content includes the ExPretio logo, a brief description of their services, and a large image of three people standing near a train. Below the image is a red banner with the text "Revenue Optimization and Intelligence". The navigation menu at the top right includes links for "welcome", "services", "industries", "company", "news-events", "contact us", and "login". The main content area features three columns: "Services >>" (Pricing and revenue optimization solutions), "Industries >>" (Consulting expertise in the airline and railway industries), and "Company >>" (ExPretio: science, partners, clients, and employment opportunities). There are also links for "Newsroom >>" and "Contact Us >>".

Comment ne pas modérer ses transports!



Voyageur de commerce (TSP)



The screenshot shows a web browser window titled "Traveling Salesman Problem". The URL in the address bar is www.math.uwaterloo.ca/tsp/. The page content includes a sidebar with links like Home, The Problem, History, Applications, Solving a TSP, World Records, Gallery, TSP Games, Google Maps, Concorde, Test Data, News, and TSP Book. The main content area features a title "The Traveling Salesman Problem" and a brief description: "The Traveling Salesman Problem is one of the most intensively studied problems in computational mathematics. These pages are devoted to the history, applications, and current research of this challenge of finding the shortest route visiting each member of a collection of locations and returning to your starting point." Below the description are two images: one of a book cover for "A Portrait of the Traveling Salesman" by William J. Cook, David S. Johnson, and Christos H. Papadimitriou, and another showing a map of North America with a network of cities and routes. There are also links for the TSP Book (\$18.45 at Amazon.com, Chapter 1 as pdf file) and the TSP iPhone/iPad App (iTunes Preview, App Support Page).

Comment ne pas modérer ses transports!

Concorde

The screenshot shows a web browser window displaying the "Concorde Home" page. The URL in the address bar is www.math.uwaterloo.ca/tsp/concorde/index.html. The page features a red header with the text "Concorde Home". On the left, there is a sidebar with a "TSP" logo and a globe icon, followed by a vertical menu with links: Home, > Concorde Home, Windows GUI, Benchmarks, Documentation, Downloads, and Contact Info. The main content area is titled "Concorde TSP Solver". It contains several paragraphs of text and a screenshot of a Windows application window titled "Concorde pTSP.exe" showing a map of a tour route. To the right of the map is a bulleted list: • Concorde for Windows, • Benchmark Results, • User Documentation for Source Code, and • Downloading Concorde.

Concorde Home

Concorde Home

TSP

Concorde TSP Solver

Concorde is a computer code for the symmetric traveling salesman problem (TSP) and some related network optimization problems. The code is written in the ANSI C programming language and it is available for academic research use; for other uses, contact [William Cook](#) for licensing options.

Concorde's TSP solver has been used to obtain the optimal solutions to the full set of 110 [TSPLIB](#) instances, the largest having 85,900 cities.

The Concorde callable library includes over 700 functions permitting users to create specialized codes for TSP-like problems. All Concorde functions are thread-safe for programming in shared-memory parallel environments; the main TSP solver includes code for running over networks of UNIX workstations.

Concorde now supports the [QSopt](#) linear programming solver. Executable versions of concorde with qsopt for Linux and Solaris are available.

Hans Mittelmann has created a [NEOS Server](#) for Concorde, allowing users to solve TSP instances online.

Concorde pTSP.exe

- Concorde for Windows
- Benchmark Results
- User Documentation for Source Code
- Downloading Concorde

Comment ne pas modérer ses transports!

Tournées de véhicules (VRP)

- Généralisations du voyageur de commerce : **plusieurs véhicules** au lieu d'un seul !
- Nombreuses contraintes réelles :
 - Livraison et collecte
 - Capacité des véhicules
 - Plusieurs dépôts
 - Plusieurs types de véhicules
 - Fenêtres de temps
 - ...

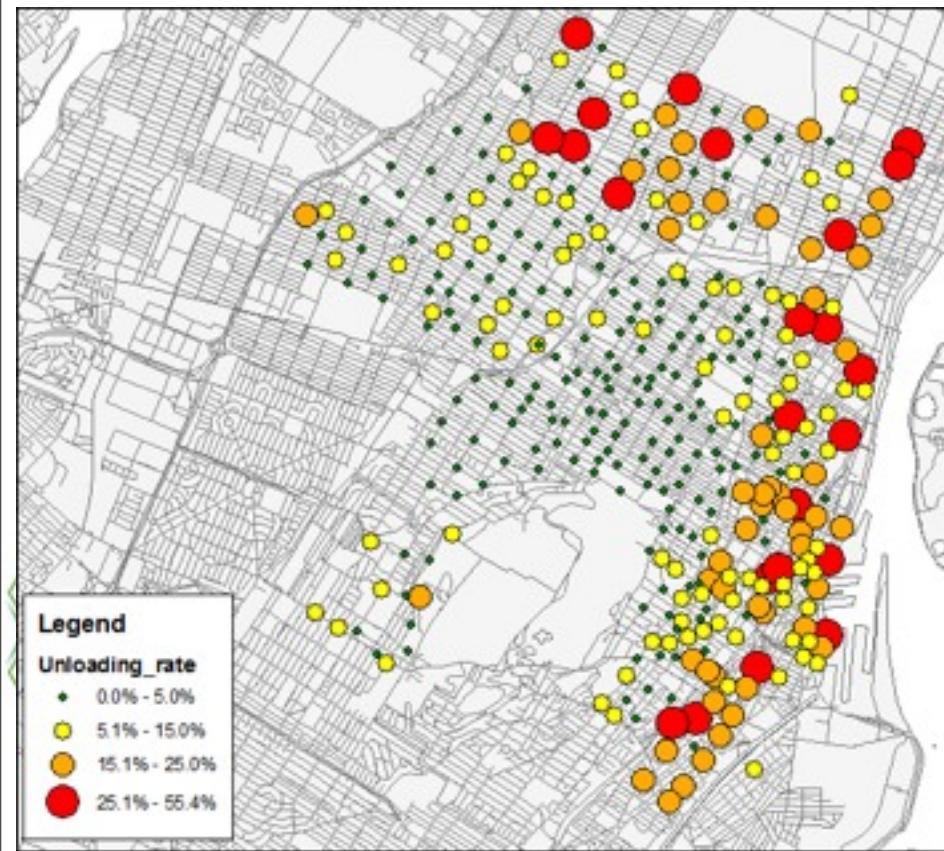
Vélos en libre-service (VLS) et VRP

- À la fin d'une journée, un grand nombre de stations de VLS sont vides et un grand nombre sont pleines !
- Durant la nuit, il faut rééquilibrer l'offre entre les stations de VLS
- Une flotte de camions doit donc être opérée à cette fin : problème de tournées de véhicules !

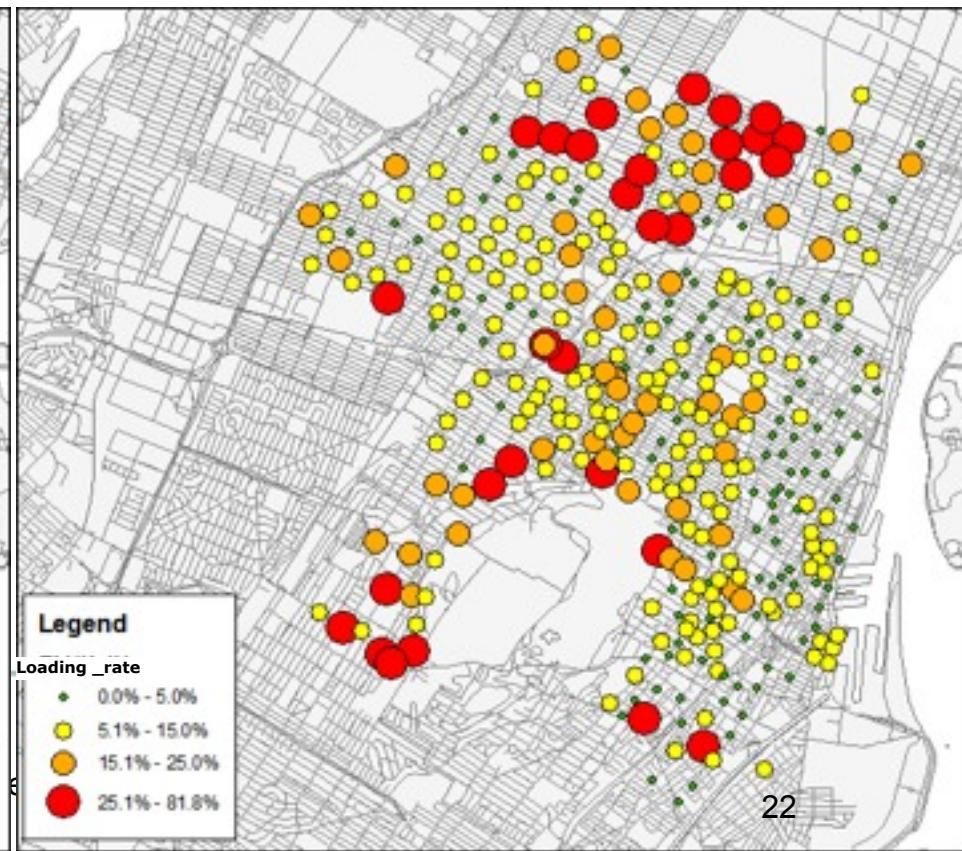
Vélos en libre-service (VLS) et VRP

- Transferts entre les stations (2009)

% collectes



% livraisons



Horaires et transports

- Deux niveaux de décisions complexes :
 - Déterminer des itinéraires permettant de satisfaire la clientèle
 - Affecter des employés à des tâches en respectant un grand nombre de règles
- Les entreprises de transports sont confrontées à ces deux niveaux de décisions **simultanément** !
- Transport par autobus
- Transport aérien

GIRO

GIRO – leader reconnu en logiciels pour le transport public et la livraison postale

www.giro.ca/fr/

Les plus visités • Démarrer avec Fir... • À la une

Accueil | Plan du site | Coordonnées | Assistance à la clientèle

Vous êtes ici : Accueil

GIRO, leader reconnu en logiciels pour le transport public et la distribution postale.

Quoi de neuf !

Keolis Bordeaux étend son utilisation d'HASTUS

Réunion des utilisateurs francophones européens d'HASTUS
18-20 novembre, Toulouse (France) -
Programme préliminaire et inscription

[Toutes les nouvelles...](#)

Événements

CTA – Conférence annuelle
15-18 octobre
Anaheim, CA, E.-U.

FPTA – Conférence annuelle
27-29 octobre
Clearwater, FL, E.-U.

[Tous les événements...](#)

HASTUS

GeoRoute

GIRO/ACCES

AAA A A A A

Tous droits réservés, ©GIRO Inc. 2013 www.giro.ca
Webmaster : webmaster@giro.ca
[Crédits](#) | [Informations légales](#)
[Conception et réalisation](#) : Espace Courtois

Microsoft Partner

Logiciel de logistique



Comment ne pas modérer ses transports!

Ad Opt

The screenshot shows a web browser window for the AD OPT - Airline Crew Planning Optimization website. The address bar displays "www.ad-opt.com/fr". The main header features the "AD OPT" logo and a banner image of a woman holding a large, colorful fabric against a blue sky. Below the banner is a navigation menu with links: "A propos", "Solutions de Planification", "Optimisation", "Services", "Centre des Médias", and "Contactez-nous". A search bar is also present. The central text on the page reads: "L'optimisation est la clé d'une planification optimale des équipages". A blue button labeled "Pourquoi c'est important" is visible. To the right, there is a magnifying glass icon. At the bottom, a footer bar includes a link to "Recentement : Conférences et événements - (English) AD OPT Crew Planning Optimization Conference Las Vegas, USA".



Comment ne pas modérer ses transports!

Réseaux logistiques

- Le transport compte pour une partie importante des coûts des entreprises dans de nombreuses industries
- Le transport ne peut être optimisé isolément :
 - Coûts d'installation et d'opération des infrastructures
 - Coûts d'inventaire
 - Coûts de production
 - ...
- L'optimisation des réseaux logistiques permet de prendre en compte tous ces coûts !



Conception de réseaux logistiques

- Flots multi-produits multi-modes
- But : **satisfaire les demandes « à long terme » de la clientèle**
- Quelles sont **les infrastructures** (usines, entrepôts, routes, ...) à construire et à opérer ?
- Quelles quantités de produits faut-il **extraire/transformer/transporter/stocker** et où dans le réseau ?
- Concepts fondamentaux :
 - **Consolidation**
 - **Collaboration**



STAN (INRO)

The screenshot shows a web browser window displaying the INRO STAN planning software. The title bar reads "INRO > STAN planification du transport de marchandises". The address bar shows the URL "www.inrosoftware.com/fr/products/stan/index.php". The page header features the INRO logo and navigation links for Accès, À propos d'INRO, Coordonnées, Carrrière, Plan du site, and English. The main content area is titled "STAN" and describes it as "La planification du transport national et régional de marchandises". It includes a large image of a ship and a puzzle piece graphic. Below the title, there's a brief description of STAN's purpose, followed by sections on its features: "STAN est un outil de planification interactif-graphique qui permet aux transporteurs d'évaluer avec précision l'effet de modifications à l'infrastructure, aux lois et règlements et à l'évaluation de la demande sur le coût, les délais, la fiabilité et toute autre mesure de rendement.", "STAN offre un cadre flexible pour la représentation de l'infrastructure et la modélisation du transport multimodal et des systèmes de distribution.", "STAN est un système d'aide à la décision qui, grâce à la validation de la cohérence des données à l'entrée, exploite l'information avec uniformité et efficacité. En raison de la structure de la base de données, plusieurs possibilités peuvent être étudiées à la fois.", and "Dans STAN, la banque de données est composée principalement de réseaux, de matrices Pour plus d'information". On the right side, there's a sidebar with links for "Pochette d'information", "Dépliant STAN", "Achetez une licence STAN", "Consultez le calendrier des cours", "Recherche dans les articles", and "Besoin d'aide?".

Comment ne pas modérer ses transports!

Contrôle routier Québec (CRQ)

- CRQ a pour mission d'assurer la surveillance du transport routier de personnes et de marchandises
- Pour la surveillance du transport de marchandises, deux types de ressources sont déployées sur l'ensemble du territoire québécois :
 - Des **infrastructures** (postes et aires de contrôle servant par exemple à la pesée des camions)
 - Des **véhicules de patrouille** (avec à leur bord des agents experts en ciblage des infractions à la sécurité routière)

Optimisation de la couverture

- CRQ vise à déployer ses ressources de façon à optimiser sa couverture du territoire « à long terme » : problème de conception de réseaux !
- Compromis entre les infrastructures et les véhicules de patrouille :
 - Le déploiement d'infrastructures est intéressant uniquement là où le flot des camions le justifie, mais le coût est élevé
 - Les véhicules de patrouille sont efficaces pour le ciblage, mais permettent de contrôler peu de véhicules/heure
- Les camions non conformes ont tendance à fuir les infrastructures de contrôle !



CIRRELT

- **Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport**
- Le seul centre de recherche universitaire au Québec consacré à l'étude des réseaux logistiques et de transport
- Le plus important au Canada dans ce domaine
- L'un des trois principaux au monde – avec MIT et Georgia Tech
- Un centre interuniversitaire et interdisciplinaire
- « Ancêtre » : Centre de recherche sur les transports (CRT)



Survol du CIRRELT

- **8** universités partenaires: UdeM, ULaval, Poly, UQÀM, HEC, McGill, Concordia, ÉTS
- **67** chercheurs et **44** chercheurs associés
- Environ **500 étudiants** (MSc, PhD) et **20** stagiaires postdoctoraux
- **40** professionnels de recherche, techniciens et membres du personnel administratif et de secrétariat
- **18** initiatives majeures: **6** Chaires de recherche du Canada, **5** chaires industrielles, **4** chaires universitaires, **1** consortium, **2** réseaux
- Budget de recherche annuel: plus de **14** millions de dollars

Professeurs du DIRO au CIRRELT

- Fabian Bastin
- Jacques Ferland
- Emma Frejinger (titulaire Chaire CN)
- Bernard Gendron
- Pierre L'Ecuyer
- Patrice Marcotte
- Jean-Yves Potvin
- **Abdelhakim Hafid**
- *Teodor Gabriel Crainic (professeur associé)*
- *Michel Gendreau (professeur associé)*
- *Michael Florian (professeur émérite, membre honoraire)*





CIRRELT



Comment ne pas modérer ses transports!



CIRRELT



Comment ne pas modérer ses transports!

Optimisation de réseaux de transport

- Un domaine fascinant qui combine :
 - Informatique
 - Recherche opérationnelle
 - Mathématiques
- Les défis sont énormes :
 - Modélisation de problèmes « réels »
 - Très grande taille des applications
 - Temps réel
 - Prise en compte de l'incertitude
 - Présence de nombreux acteurs aux objectifs conflictuels

