

La marche vers la mobilité intelligente :

Quelques perspectives sur les planificateurs de trajets

Jocelyn Grondines, ing. M. Ing.
Directeur d'Études
Service de la Planification et développement des réseaux
STM
jocelyn.grondines@stm.info
présentateur

Exposé préparé pour la séance

Congrès de 2014
De l'Association des transports du Canada
à Montréal (Québec)

Nous désirons remercier l'équipe de chercheurs du groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal, qui par leur étroite collaboration, ont assuré le succès de ce projet.

Résumé

Le développement accéléré des Systèmes d'Aide à l'Exploitation et l'Information aux Voyageurs SAEIV chez les exploitants de transport collectif, de même que le développement fulgurant des plateformes mobiles oblige à revoir les systèmes d'informations à la clientèle. L'agence américaine « Federal Transit Administration Intelligent System Program »¹ a identifié qu'il s'agissait de la prochaine révolution majeure dans les systèmes d'informations avancés aux voyageurs. La clientèle désire disposer d'outil d'informations qui connectent les différents réseaux et les différents modes, suivant le contexte et ses préférences de déplacement. Ces nouvelles applications multimodales devront aussi être capables de s'adapter aux besoins particuliers de la clientèle, tout en s'adaptant aux nouvelles modalités du temps réel.

Cette communication énonce les acquis en terme de données découlant de la modélisation désagrégée des déplacements depuis l'introduction du premier planificateur de trajets monomodal de la STM « Tous Azimuts » en 1997, de même que les nouvelles potentialités de développements associées aux outils multimodaux, tels que Open Trip Planner et QGIS/pg Routing. On couvrira à la fois les référentiels de données, la modélisation des réseaux, mais aussi les fonctionnalités requises par ces outils monomodal ou multimodal.

On mettra l'accent sur l'apport de la normalisation des données de transport de type STI, tant pour favoriser l'interopérabilité, que leur intégration, que ce soit en temps planifié ou en temps réel. On examinera aussi diverses méthodes de collecte des données, que ce soit les données ouvertes ou les véhicules traceurs munis des GPS , permettant de prendre en considération le caractère dynamique de la circulation (retard et perturbation) et la circulation automobile (vitesse et congestion). Quelques exemples serviront à illustrer la performance des calculateurs de trajets.

Puis on tracera quelques perspectives sur ce qui attend la clientèle pour se déplacer de manière intelligente.

1 "FTAISP: Multimodal Trip Planner System Final Evaluation Report", 2010

Introduction

La mobilité est en expansion et nos réseaux de transport collectifs et privés souvent sont saturés aux heures d'affluence. On veut améliorer de l'usage du TC et diminuer les impacts environnementaux, mais un défi majeur consiste à mieux communiquer l'offre de transport public. D'autant plus que des modes complémentaires comme l'autopartage et le vélo en libre-service rendent plus complexe l'organisation des déplacements. Sans compter l'essor fulgurant de l'utilisation du vélo dans nos villes et la promotion de la marche pour notre santé individuelle et collective. Développer des outils d'information qui rejoignent tous ces utilisateurs peut facilement devenir très coûteux. Toutefois, le « big data », les outils logiciels libres et le temps réel offre de nouvelles perspectives permettant de répondre à ces besoins. En facilitant entre autres le développement d'applications afin de simplifier l'utilisation des réseaux.

Le contexte STM

La STM utilise le planificateur de trajets Tous Azimuts TAZ depuis 1997. Cet outil développé par l'équipe de chercheurs du groupe MADITUC de l'École Polytechnique de Montréal est également utilisé chez les autres transporteurs de la région métropolitaine, dont la STL et le RTL.

D'abord conçu comme un outil de planification et d'analyse des réseaux de transports, le planificateur de trajets existe dans une version web sous forme d'un API et en version « desktop » pour le centre de renseignements. Ainsi, on dénombre pour l'année 2013 plus de 17 M d'utilisation pour le site web et 6 M pour le centre de renseignements. Le planificateur de trajets comprend 2 principales composantes :

Dictionnaire de recherche géographique du territoire afin de spécifier les lieux de départ et d'arrivée :

- Adresses
- Intersections
- Points d'intérêt et places d'affaires
(station de métro, gare ferroviaire, terminus)

Interface GUI:

- Arrêts et horaires
- Cartographie
- Marche à pied
- Tracé des parcours de TC (bus, métro et train)
- Les préférences de l'utilisateur

Ce dernier permet de répondre à la question : **À quelle heure passe mon bus à mon arrêt et à quelle heure me déposera-t-il à destination ?** Les méthodes de calcul

permettent d'estimer les trajets les plus rapides, comportant le moins de marche à pied, le moins de correspondances ou en excluant certains modes. Notons que le service de transport collectif lui-même se caractérise de différentes façons, dépendant du moment où il est consommé.

- Services planifiés :
 - 220 lignes de bus plus de 100 dessertes spécifiques (scolaires et industries)
 - 20 500 voyages et 4 500 voyages en interlignes haut-le-pied
 - Plus de 9 500 arrêts
 - 5 calendriers-horaires par année et plusieurs types d'horaires pour la semaine, les samedis, les dimanches et les jours fériés
- Services amendés :
 - Ce sont les horaires et les parcours avec les déviations occasionnées par les travaux et les événements culturels et sportifs tels qu'établis 24 heures à l'avance
- Services livrés :
 - C'est ce qui se passe en temps réel

Chaque service comporte des formats qui lui sont propres et un flux de données associé. À titre d'exemple, on dénombre plus de 1 500 déviations occasionnées par les travaux routiers (500) et les événements (1 000) à Montréal. Des applications telles qu'info-RTU et Québec 511/Mobilité Montréal ² en font la recension dans la région de Montréal.

Le projet iBUS actuellement en cours d'implantation va transformer les moyens de production de l'information à la clientèle, voir la figure 1. Les horaires, les temps de parcours connus à un instant « t » et correspondant à la réalité de la situation.

Le système comprend :

- Composantes embarquées
 - 1 900 bus (12 m. et 18 m.) et 86 minibus au transport adapté
 - Console pour le chauffeur
 - GPS et antennes
 - Système de radiocommunication pour la voix
 - Système WIFI de communications des données
 - Transmission via cellulaire
 - Priorité aux feux de circulation pour les bus
- Logiciels
 - Outils de localisation « CAD/AVL »

² Info-RTU: site de la ville de Montréal sur les entraves routières
Québec 511/Mobilité Montréal : site du MTQ/ Québec

- Interfaces avec les systèmes administratifs (Hastus, SAP, Opus/vente et perception)
 - Interfaces avec des serveurs SMS, RVI, tél. cellulaires, les applications mobiles et internet
- Afficheurs à bord et en station (90 afficheurs ou PMV)
- Affichage du prochain arrêt et de l'estimé du temps de passage
 - Correspondances aux stations métro et aux gares de train avec l'accessibilité universelle AU
 - Perturbations: arrêt non accessible à cause de travaux, délais/retard sur une ligne de bus ou panne de service dans le métro

La nouvelle donne en informations aux voyageurs

Les attentes de la clientèle évoluent aussi, c'est ce que l'on appelle en langage marketing: l'expérience client, voir la figure 2, où il faut savoir et informer au moment où cela se passe ! Et dans ce contexte, le planificateur de trajets doit pouvoir offrir une assistance pour trouver le meilleur moyen de déplacement selon les préférences de la clientèle et proposer les meilleures solutions avec les modes de déplacements appropriés, ce qui signifie les connexions adéquates sur le réseau.

En parallèle, on assiste avec la révolution Google et le développement des logiciels libres, à un foisonnement de nouveaux planificateurs de trajets:

- Planificateurs d'itinéraires intégrés/multimodaux: Google, 511 SF Bay Area, SYTADIN (Paris), iMOVE (Vancouver) GOROO (Chicago), Trafiken (Suède), Transport Direct (Grande-Bretagne), et Journey On (Londres) en sont quelques manifestations.
- Et l'émergence de planificateurs qui fournissent des renseignements en temps réel, afin que le voyageur prenne des décisions éclairées avant et durant son déplacement.

Mais d'abord, qu'est-ce qu'un trajet multimodal ?

Définition Wikipedia :

« À l'échelle de l'utilisateur, un comportement multimodal désigne un usage différencié dans l'espace et dans le temps de plusieurs modes de transport. Il qualifie une offre de transport. L'intermodalité correspond à l'enchaînement de plusieurs modes entre une origine et une destination. », voir la figure 3. Les déplacements multimodaux ne représentent que 3% du total des déplacements quotidiens à Montréal selon l'enquête Origine-Destination 2008 de Montréal. Toutefois, ces déplacements sont en constante augmentation depuis 1998. Ces déplacements sont principalement réalisés avec le métro (45%) et les trains de banlieue (35%) et à 80% réalisés par des résidents des banlieues et

des couronnes. Conséquemment, les distances parcourues en auto, à titre de conducteur ou comme passager sont importantes, en moyennes de 10 km et autant en transport collectif.

La majorité des planificateurs de trajets ont pour objectif d'effectuer un guidage pas-à-pas, de l'origine à la destination, dans l'espace et dans le temps, de la séquence des services de transport à utiliser avec les lignes de bus, de métro ou de train à emprunter. Le premier défi est de disposer des données et des logiciels pouvant répondre aux besoins monomodal et ensuite multimodal.

Ainsi s'ajoute de nouvelles questions : « **Si je veux prendre mon vélo et le bus, comment puis-je m'y rendre de façon sécuritaire et y aura-t-il des facilités pour garer mon vélo ? Si j'ai des limitations fonctionnelles, est-ce qu'il y a un trajet plus adapté à ma condition ? Si je dois prendre la voiture à partir de la garderie, où est le stationnement incitatif le plus adapté à mon déplacement ?** ».

Cela pose un premier défi de réalisation, qui concerne à la fois les données et le planificateur de trajet : Doit-on utiliser des solutions existantes ou bien faire un développement personnalisé ? Où prendre les données, comment représenter adéquatement la marche pour l'accès en origine, à la destination ou aux correspondances ? Comment tenir compte des obstacles aux déplacements, tant pour la clientèle régulière, des personnes âgées ou pour les personnes ayant des limitations fonctionnelles PMR (personne à mobilité réduite) ?

Le second défi consiste à mettre en place un environnement évolutif, qui pourra intégrer de nouveaux territoires ou de nouveaux modes de transport. Généralement les planificateurs de trajets viennent s'adapter aux offres de transport qui évoluent avec le temps sur le territoire : introduction des services Bixi, développement du réseau cyclable et introduction de l'autopartage. Lorsqu'il est question de plusieurs modes en compétition parle-t-on d'une simple juxtaposition des modes de transport pris individuellement ou de solutions qui optimisent les déplacements au moment où ils sont effectués, de manière multi objective? La réponse à cette question a un impact sur le choix des algorithmes à employer.

Finalement, le dernier défi associé au temps réel consistera à adapter le planificateur de trajets aux différents contextes lorsque la chaîne de déplacement est brisée par un retard ou une perturbation, et qu'une nouvelle solution devra être proposée à la clientèle. Les clients de la nouvelle génération (Y millenium) à titre d'exemple, pensent plutôt de cette façon: « **Quelle est à ce moment-ci la meilleure solution pour mon déplacement ?** »

Les planificateurs de trajets

Les composantes et les formats

Le référentiel de données est la clé de voûte d'un système d'information sur la mobilité. Des données erronées ou incomplètes entraîneront des solutions de trajets qui ne seront pas pertinentes pour l'utilisateur ou omettront de proposer les meilleures solutions. Il faut donc mettre en place des systèmes qui assurent l'importation des données détaillées de(s) l'opérateur(s) de transport, tant au niveau de l'offre, que des horaires qui évoluent plusieurs fois par année comme on l'a vu.

Pour un planificateur de trajets monomodal en temps planifié, les composantes fondamentales requises sont, voir la figure 4:

- Géographique: géobase des rues avec les adresses, les points d'intérêts et les intersections
- Réseaux TC
- Horaires et les temps de parcours (en niveau de service moyen ou détaillé)
- Paramètres du planificateur

A cela s'ajoute l'interface graphique GUI. Le planificateur de trajet multimodal devra être enrichi au niveau des données de l'offre de transport associé : les stationnements, les aires d'attente de covoiturage, les stations Bixi et d'autopartage COMMUNauto, les équipements associés à la pratique du vélo : support et abris pour vélo. Ces informations sont maintenant disponibles en données ouvertes sur des sites tel qu'Open Street Map.

Au niveau des formats d'échange de ces données, voir la figure 5, il existe plusieurs possibilités dépendant des interfaces entre les systèmes et des types d'information à transmettre.

- GTFS: General Transit Feed Specification est le standard pour les données planifiées d'offre de service présent chez plus de 728 transporteurs publics;
- GTFS – RT: GTFS real time: sous forme de flux de données pour la transmission des horaires en temps réel;
- TCIP: Transit Communication Interface Profiles, norme américaine supportée par l'APTA;
- SIRI: Service Interface for Real time Information, norme européenne.

Comme les tables du GTFS sont normalisées, les transporteurs peuvent aussi s'en servir pour personnaliser d'autres attributs pour leurs besoins spécifiques. C'est ce que la STM a fait en autres pour la géolocalisation des édicules des stations de métro ou les portes d'entrée ainsi que la position des quais-directions de ces mêmes stations.

Le TCIP possède l'avantage de pouvoir communiquer les informations de centre à centre, et ce, sur une base de publication ou inscription sous forme d'abonnement, en format XML tous les types d'informations. Des dialogues normalisés permettent d'échanger les différentes thématiques de données pour générer un flux de données en temps réel et ajuster les paramètres du trajet TC: cela peut être la liste des parcours, les arrêts et les horaires en temps réel, voir la figure no 6.

La modélisation des réseaux et le contrôle de la qualité

Le planificateur de trajets pour fonctionner requiert essentiellement un lieu de départ « A » et d'arrivée « B ». Ce lieu peut être spécifié par une adresse, une intersection ou encore, une place d'affaires. Les arrêts de bus sont alors projetés sur le réseau de voirie, permettant à un algorithme de voisinage de déterminer le(s) arrêt(s) le(s) plus proche(s) du lieu de départ demandé. Le réseau de voirie utilisé doit alors permettre un cheminement piéton réaliste afin de ne pas le perdre en route, voir la figure no 7.

Supposons que l'arrêt choisi est un terminus de bus à proximité d'une station de métro, souvent des rues privées qui ne sont pas disponibles sur Google. Il devient nécessaire de codifier ces tronçons privés. Une autre situation consiste au franchissement d'obstacles par le piéton. Cela peut-être le cas pour traverser une voie ferrée ou une autoroute, des passerelles ou des tunnels. Ces liens doivent faire partie du réseau piétonnier d'accès. D'autres situations sont représentées par des rues en impasse, nécessitant de codifier des liens associés aux sentiers piétonniers.

Dans tous les cas de figure, une définition détaillée des liaisons est préférable à un accès à vol d'oiseau. Par ailleurs, le calcul de l'accès impliquant les stations de métro et les gares de train de banlieue nécessite lui aussi un traitement piétonnier. Les stations de métro possèdent au moins un édicule si ce n'est pas deux ou plus particulièrement au centre-ville. Il devient donc impératif dans la modélisation, de projeter ces lieux de connexion sur le réseau routier, lequel définira le chemin qu'utilisera le piéton. Il en est de même avec les gares de train qui seront définies au niveau des quais-directions avec les emplacements des différents accès, voir la figure 8.

En définitive, le réseau routier constitue l'ossature qui sera employée par les voitures, les vélos et les piétons. Des attributs spécifiques en assureront l'utilisation spécifique pour chaque mode. Ainsi pour l'auto, on tiendra compte des sens uniques, des vitesses légales et en situation de congestion pour des temps de trajets réalistes et des interdictions de virage. Chaque tronçon de rue du réseau routier comporte un identifiant unique et une topologie arc-nœud détaillée afin de faciliter la mise à jour. La STM a développé son propre réseau routier utilisé à la fois dans un contexte de soutien à l'exploitation du réseau des bus et de l'information à la clientèle afin de pallier aux insuffisances des données commerciales, que ce soit NAVTEK ou Télé Atlas conçue avant tout pour l'auto. On a également réalisé un contrôle de qualité serré concernant le positionnement

de ces 9 600 arrêts de bus par rapport à la voirie. Un inventaire des géoréférences réalisées avec des équipements GPS et les orthophotographies aériennes, combinées avec une analyse de la localisation des nuages d'immobilisation des bus aux arrêts permet de maintenir une précision élevée des positions des arrêts, soit moins de 1 mètre, voir la figure 9.

Les fonctionnalités monomodales et multimodales

Du point de vue de l'ergonomie, voir la figure 10, le planificateur de trajets comporte généralement deux sections, soit le formulaire de recherche d'itinéraire et la feuille de route avec les résultats. Cette feuille de route énonce les différentes solutions proposées qui tiennent compte des préférences exprimées par l'utilisateur, ce que l'on appelle les circonstances du déplacement :

- Jour du déplacement
C'est une dimension d'autant plus importante que les horaires, mêmes planifiés, peuvent être amendées pour tenir compte des changements aux horaires.
- Heure de départ ou d'arrivée
- Le choix des modes et des préférences sur la marche et les correspondances

La feuille de route comprend :

- La distance de marche à l'origine et à la destination avec le guidage le long des rues
- Les lieux de montée et descente aux arrêts et aux stations de métro

La cartographie du territoire est intégrée au formulaire permettant de visualiser les solutions proposées. La prise en compte des déplacements à vélo et des besoins spécifiques des personnes à mobilité réduite PMR va obliger l'ajout de certaines fonctionnalités au planificateur de trajets.

Pour les déplacements effectués à vélo, il faudra prendre en considération les équipements supports à vélo et les abris pour le vélo comme point d'interconnexion modal. De même la définition du réseau de voirie vélo constitué du réseau cyclable et des rues jugées sécuritaires pour la pratique du vélo. Le vélo pouvant de plus faire partie intégrante du déplacement avec le bus ou le métro, tel que cela est souvent la préférence exprimée par les utilisateurs³. Cela exigera une interface spécifique et un traitement particulier au niveau des algorithmes, les vitesses de déplacements et les temps de manoeuvre (voir les figures 11 et 12). À cet égard, le site Cyclopath⁴ développé à

3 « Making the link : A Summary of the Results of the 2010 Bicycle-transit Integration Survey », Université Mc Gill, J. Bachand-Marleau, J. Larsen, A. El-Geneidy, 2011

4

Bike, Bus, and Beyond: Extending Cyclopath to Enable Multi-Modal Routing, Université du Minnesota, 2013

l'université du Minnesota suggère des vitesses de l'ordre de 18 à 20 km/h, ce qui correspond à des vitesses de croisière en milieu urbain. Il faut toutefois tester les solutions de parcours proposées et faire des choix au niveau de la réglementation que devrait suivre un cycliste, tel que les sens uniques et les virages à gauche.

Pour les déplacements des PMR, la topographie en terme de pentes aux arrêts de montée et de descente de même que les obstacles représentent des éléments importants à considérer. Plus important encore pour le transporteur, c'est de définir l'offre de transport accessible : les arrêts accessibles physiquement, les différents types de rampes qui équipent le parc de bus, les stations de métro munies d'ascenseurs. Il faudra également prendre en considération la vitesse de déplacement en fauteuil et les seuils limites de distance d'accès.

Notre analyse des déplacements bimodaux pour la région de Montréal révèle que pour les déplacements auto-conducteurs, la longueur moyenne des déplacements en auto est très variable et dépend de la connexion modale : 7 km vers une gare de train , 8 km vers un terminus de bus et 14 km vers une station de métro. Néanmoins on peut dériver quelques éléments qui vont nous guider sur un choix préférentiel de stationnements, voir la figure 13.

Les déviations et les perturbations sur le réseau peuvent être prises en compte au niveau de l'affichage des résultats dans la feuille de route. Si ces informations ont été bien renseignées, la solution préconisée pourra s'ajuster au nouvel horaire en prenant en compte dynamiquement les nouveaux horaires et parcours, que ce soit avec un flux GTFS-RT ou une interface TCIP de ces données.

À titre d'exemple, supposons que le meilleur trajet entre A et B pour une arrivée à cet endroit à 8h20 soit le trajet suivant :

-Départ à 7h53 et prendre L197 dir. est puis correspondre à l'arrêt C pour prendre le bus L467 dir. sud à 8h06 afin d'arriver à destination B à 8h14 et marchez 2 minutes.

-Un retard de 10 min. est observé sur la ligne 467 sud, ce qui fait que le bus va passer à 8h16. Le client aurait raté sa correspondance à 8h06 et serait arrivé en retard à 8h26.

-Si ce retard est communiqué avant le départ du client de la maison, le planificateur de trajets proposerait plutôt de prendre L45 dir. sud à 7h49 et L1 Verte dir. est pour arriver à 8h20, ce qui correspond aux attentes du client.

-Si le retard est communiqué au moment de la réalisation du trajet et de l'utilisation de la première ligne de bus, le planificateur de trajet proposerait de prendre la L67 sud ce qui permettrait également d'arriver à 8h20.

La mesure de la performance d'un bon planificateur de trajets n'est pas facile à établir. Au-delà des critères de temps-réponse adéquats, on se rabat rapidement sur des questions de vraisemblance de la solution proposée avec la réalité.

- Est-ce que les préférences tiennent compte des besoins différenciés selon l'âge et le genre ?
- Est-ce que la marche et le guidage étaient adéquats ?
- Si une correspondance était impliquée, est-ce que je disposais d'assez de temps pour la faire entre le bus et le métro ou entre les bus au terminus ?
- Est-ce que le choix des lignes de bus comportait le moins d'attentes ?
- Dans le cas d'un déplacement impliquant ou l'auto ou le vélo, est-ce que le temps requis pour stationner mon véhicule était adéquat ?

Au total, les solutions préconisées en terme de durée de déplacement, du nombre de ligne de bus ou métro et de distance de marche devront être réalisables pour l'utilisateur. À cet égard, une démarche de calibration des paramètres du planificateur de trajets, c'est-à-dire, les temps de marche T_{acc} , d'attente T_{att} , de voyage T_{depl} et de correspondance T_{corr} est essentielle pour assurer la qualité des solutions de trajets.

Le planificateur de trajets Open Trip Planner

L'initiative OTP résulte de l'effort concerté en 2008 de Trimet de Portland avec Open Plans, une organisation portée sur le développement du code libre et des données ouvertes. L'objectif étant de développer un planificateur de trajets multimodal de type « open source ». Ce planificateur est multilingue et développé en langage Java2. Il est principalement fondé sur l'usage des données GTFS, OSM ainsi qu'un modèle d'élévation numérique. Rappelons qu'OSM Open Street Map est une base de données géographique communautaire, analogue à Wikipedia. Il existe une communauté active de développeurs. Comme il s'agit de codes libres, on a la flexibilité d'intervenir à la fois sur le code source et les données. La figure 14 illustre les sources de données.

OTP comporte des outils de développement, avec le logiciel Go_Sync pour l'intégration des données et Graphbuilders pour la modélisation des réseaux. Plusieurs utilitaires ont été développés pour intégrer les données géographiques dans l'environnement ESRI/Arc Gis. Plusieurs villes après Portland ont expérimenté ce produit : Oregon, New York, Tel-Aviv et Ottawa. Le produit est développé en 7 langues et la performance de calcul est de 100 ms pour chaque trajet. Il peut également être personnalisé selon l'image de marque de l'entreprise.

Ainsi, le groupe MADITUC de l'école Polytechnique a développé pour la STM en intranet une version compilée d'OTP qui fonctionne avec le réseau routier détaillé, ainsi que le GUI déjà existant. On pourra ainsi bénéficier des fonctionnalités multimodales déjà très riches.

Les préférences multimodales exprimées sont les suivantes:

- Auto: proximité des stationnements, et prises en compte des places disponibles, « péages, type de route, sans travaux »
- TC: rapide, correspondances, marche et préférence de mode
- Vélo: distance seuil, rue sécuritaire, équipements de garage et transport
- À pied: distance seuil, aménagement (passerelle), vitesse selon groupe d'âge
- Autres modes: covoiturage, ...
- PMR: pente limite et obstacle
- GES évités

On constate qu'OTP, tout comme les autres applications ouvertes, agissent comme un levier d'innovation auprès des autres planificateurs de trajets.

Conclusions

Les planificateurs de trajets assurent aux planificateurs une meilleure connaissance du réseau TC sur le territoire :

- Analyse fine de l'accessibilité du réseau TC et diagnostic de certaines insuffisances dans certains cas;
- Meilleure compréhension de la dynamique du réseau TC durant la journée et la semaine, afin d'optimiser les horaires, la synchronisation des services;
- Meilleure compréhension des besoins en intermodalité;
- Amélioration des bases de données des lieux géographiques desservis.

Par ailleurs, si le planificateur propose également une tarification adaptée au patron de déplacement, tout en fournissant la trace carbone ainsi que l'effet appréhendé sur la santé, alors on parlera de personnalisation.

L'introduction des SAEIV va changer le rôle des planificateurs de trajets qui vont assister le client durant la réalisation de son déplacement. Il va permettre aux autres organismes de transport de développer de véritables centrales de mobilité tel que Québec 511 à l'échelle de la région. Du point de vue des développeurs, la diffusion des renseignements en données ouvertes permettra aux développeurs d'élaborer des assistants personnels de navigation multimodal et en temps réel.

Ces nouveaux planificateurs de trajets exigent un investissement dans la structuration et l'entretien des données et surtout une collaboration étroite entre les principaux acteurs du domaine du transport et des villes concernées. Ces développements vont permettre d'améliorer les services d'informations aux voyageurs par une meilleure communication de l'offre de transport, une diminution des incertitudes et une information plus fiable sur l'état du réseau. Et en bout de piste, ces améliorations favoriseront une plus grande satisfaction et à terme, un transfert modal en faveur du transport collectif.

Références

1. « Les systèmes d'information à l'usager de transport collectif: des outils d'aide à la planification », TRÉPANIÉ, Martin, CHAPLEAU, Robert, ALLARD, Bruno, (2003).
2. “Multimodal Trip Planner System Final Evaluation Report”, USDOT, 2011
3. “Enabling Cost Effective Multimodal Trip Planners through Open Transit Data”, NCTR, Edward Hillsman, Sean J. Barbeau et coll., 2011
4. “The OpenTripPlanner Project”, Bibiana McHugh, TriMet 2011
5. « Optimod Lyon : Optimiser la mobilité durable en ville »
<http://www.optimodlyon.com/>
6. “On the adaptation of a label-setting shortest path algorithm for one-way and two-way routing in multimodal urban transport networks”, Aurélie Bousquet et al., 2013
7. “TCIP Transit Standards, Status and Applications”, 2010
<http://gsi.nist.gov/global/docs/sit/2010/its/PollyThursAM.pdf>
8. pgRouting Documents <http://www.pgrouting.org/docs/>
9. ArcGIS Editor for OSM plugin: <http://esri.com/arcgis/arcgiseditor/arcgiseditorpluginforosm/releases/view/52158>
10. “Bike, Bus, and Beyond: Extending Cyclopath to Enable Multi-Modal Routing”, Université du Minnesota, 2013
11. “Algorithm for finding optimal paths in a public transit network with real-time data”, Jerald Jariyasunant et coll., TRR 2011.

Figures :

Figure 1 : Le projet de SAEIV iBUS

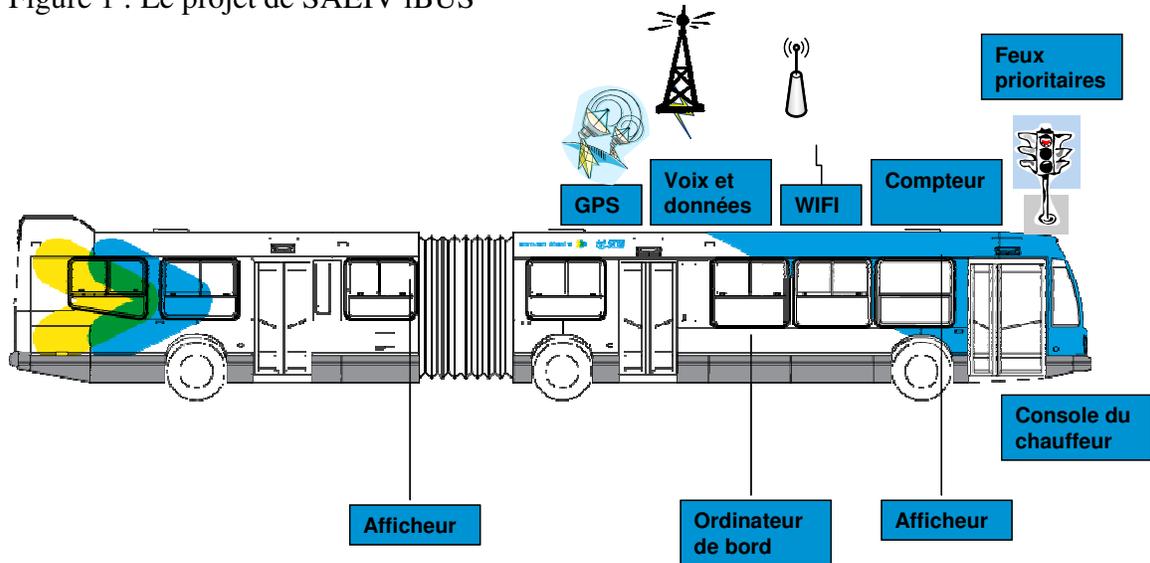


Figure 2 : L'expérience client à la STM

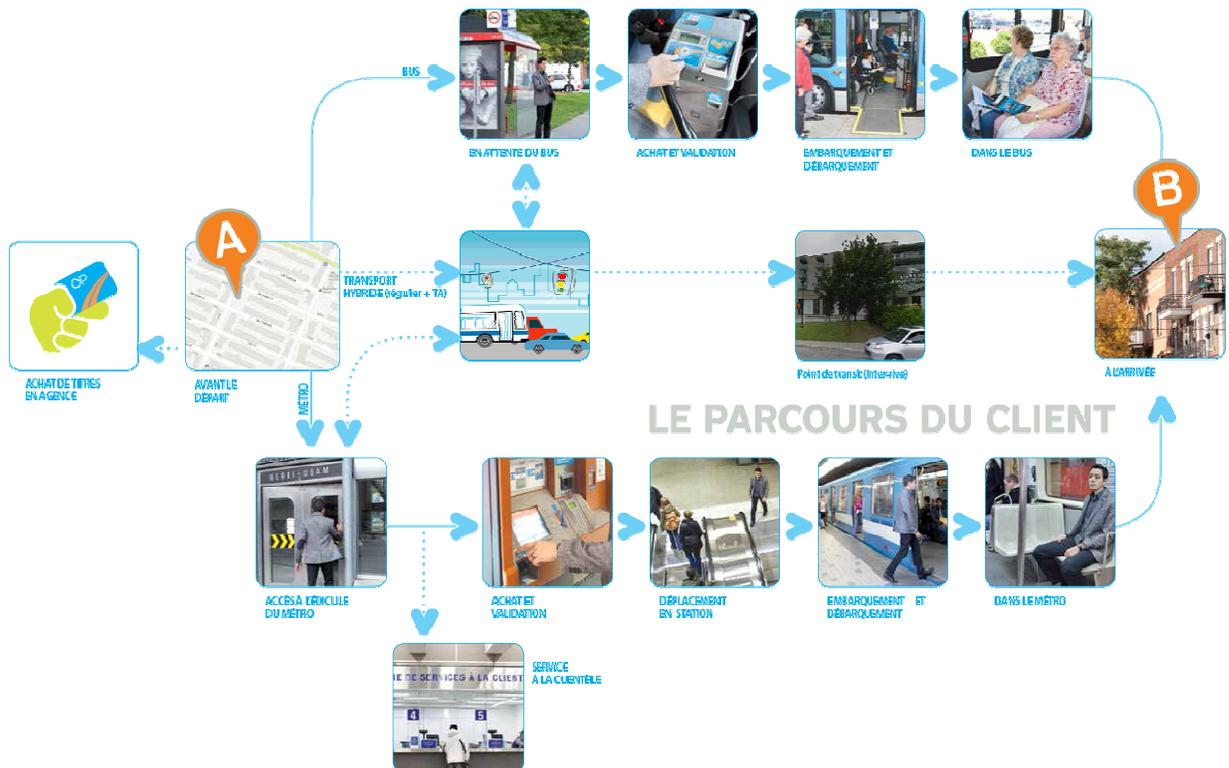


Figure 3 : Les déplacements multimodaux à Montréal

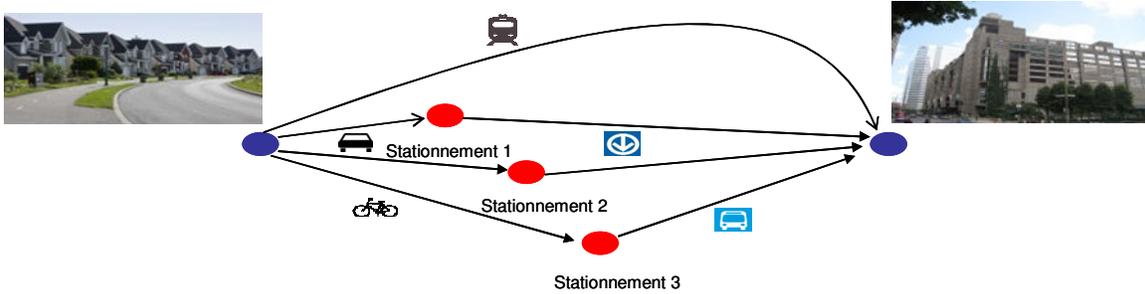


Figure 4 : Schéma générique d'un planificateur de trajets

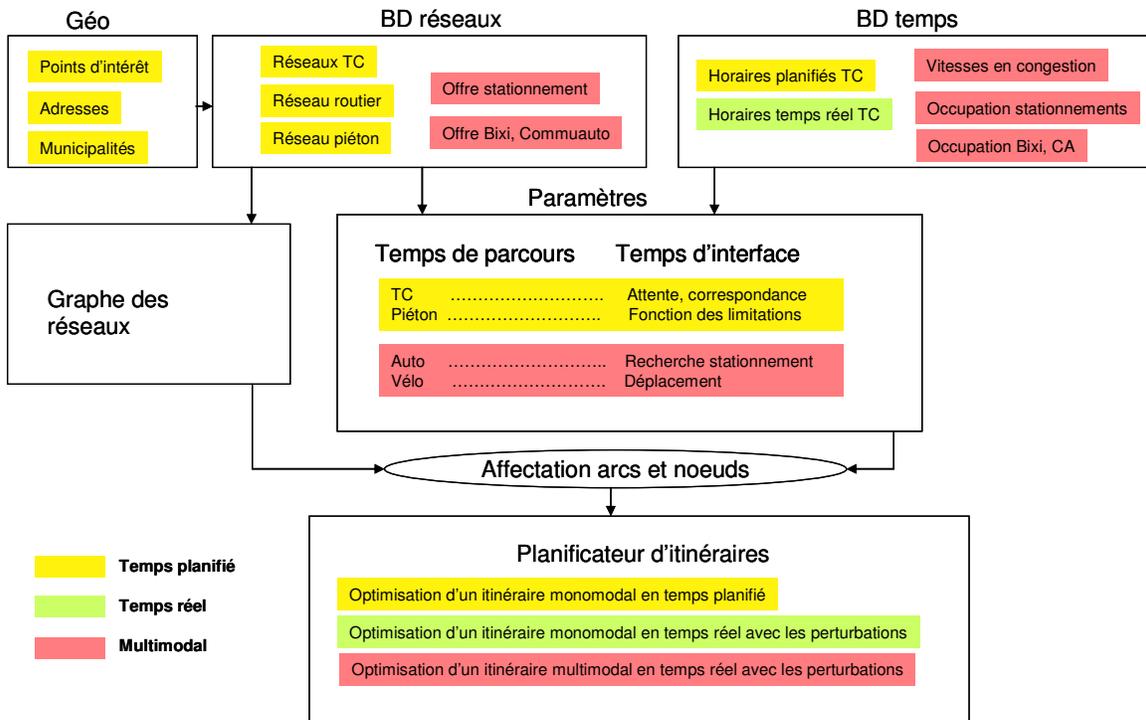


Figure 5 : Les formats des données

	GTFS/ GTFS RT	TCIP	SIRI
Format	Texte/ binaire	XML KML	XML KML
Offre de service	√	√	√
Temps réel	√	√	√
Alertes/ Messages	√	√	√
Autres		√	

Figure 6 : Les données en format TCIP/ Horaires révisés

```

<xs:complexType name="SchTripDetailList">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="subscriptionInfo" type="CPTSubscriptionHeader"/>
    <xs:element name="beginDate" type="CPT-Date"/>
    <xs:element name="beginTime" type="CPT-Time"/>
    <xs:element name="endDate" type="CPT-Date"/>
    <xs:element name="endTime" type="CPT-Time"/>
    <xs:element name="trips" minOccurs="0">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="100000">
          <xs:element name="trip" type="SCHTriplden"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="timepoints" minOccurs="0">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="500">
          <xs:element name="timepoint" type="SCHTimepointIden"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="stoppoints" minOccurs="0">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="25000">
          <xs:element name="stoppoint" type="CPTStoppointIden"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="routes" minOccurs="0">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="100">
          <xs:element name="route" type="SCHRoutelden"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="trip-details">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence maxOccurs="500">
          <xs:element name="trip-detail" type="SCHTripDetailInfo"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>

```

Figure 7 : La modélisation des données

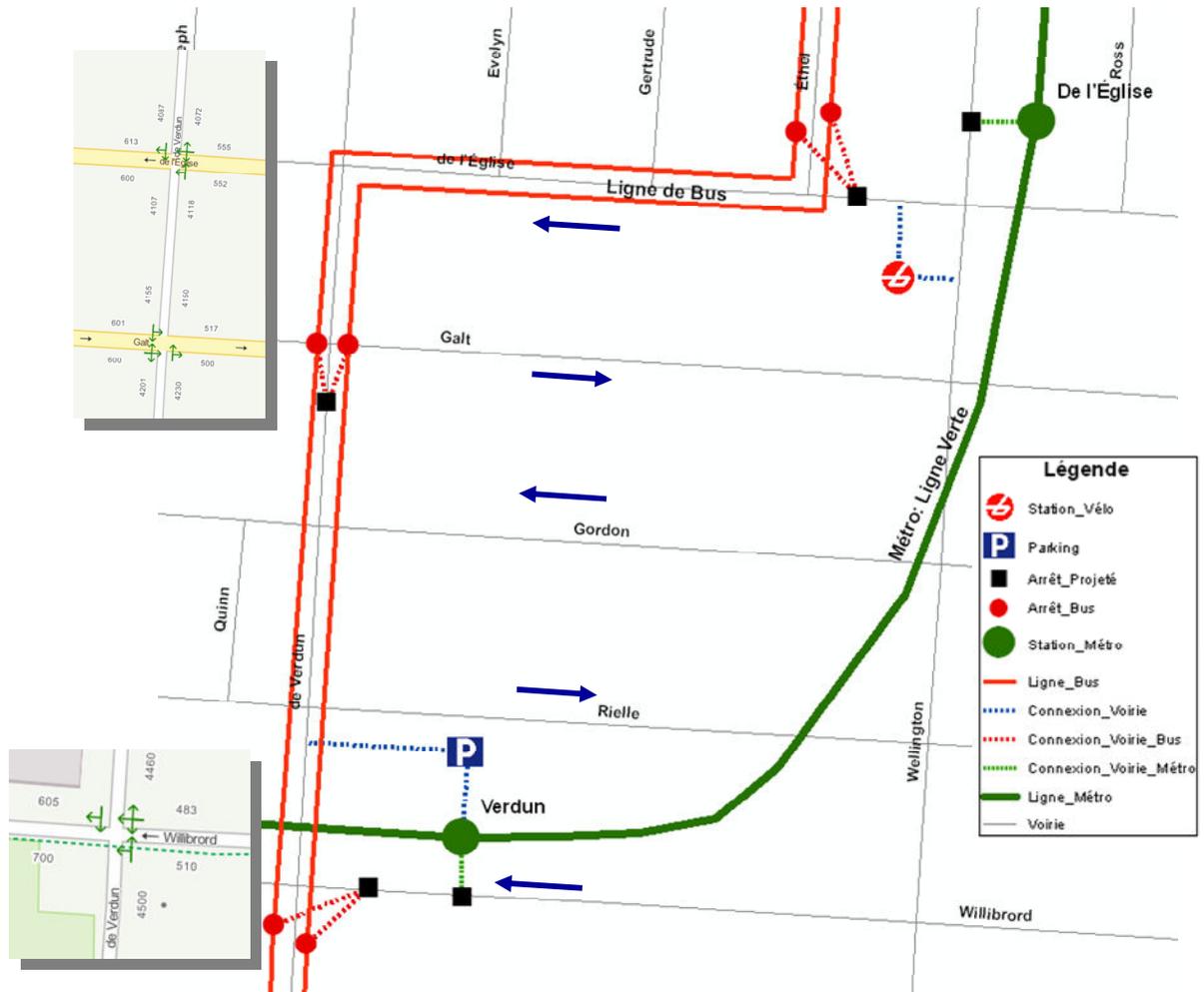


Figure 8 : Les connexions entre les modes de transport

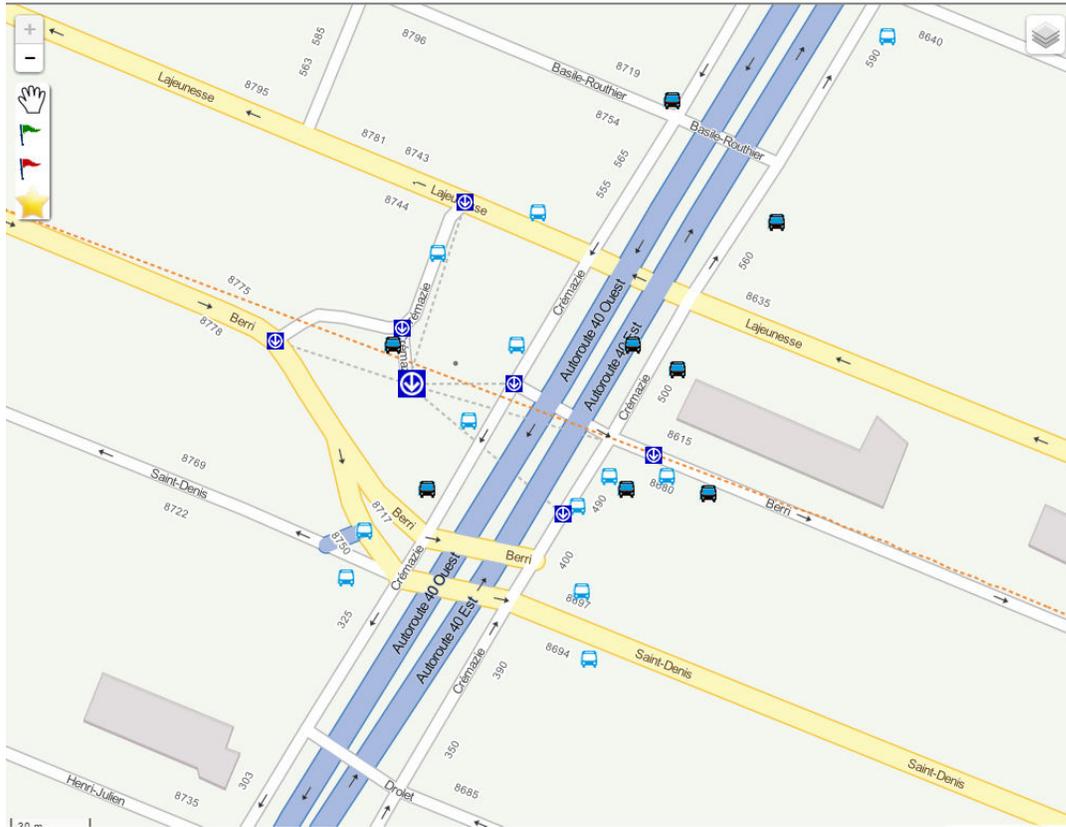


Figure 9 : La géolocalisation des arrêts

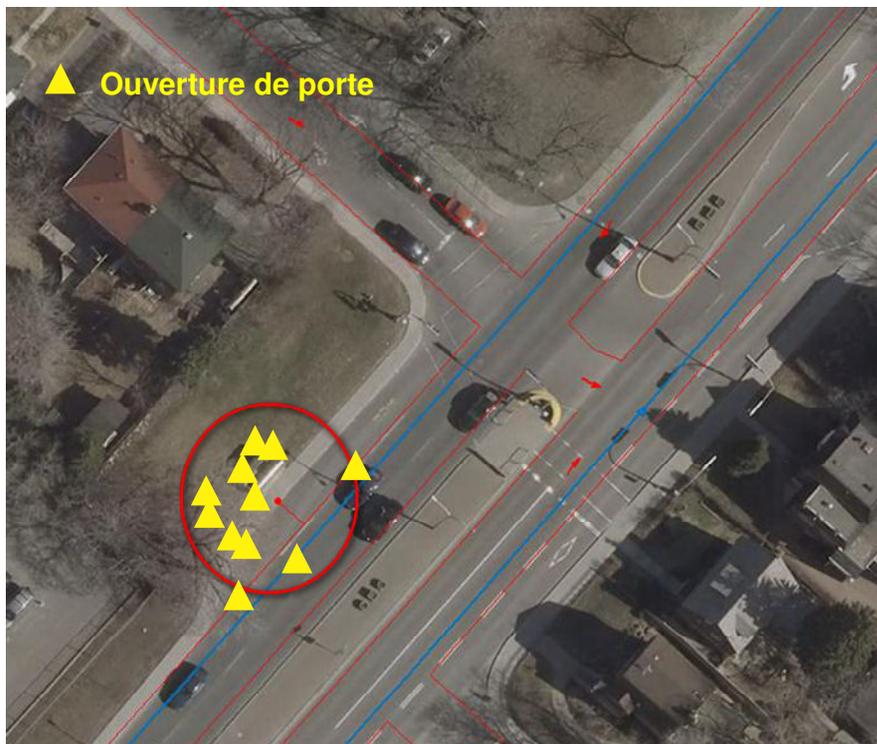
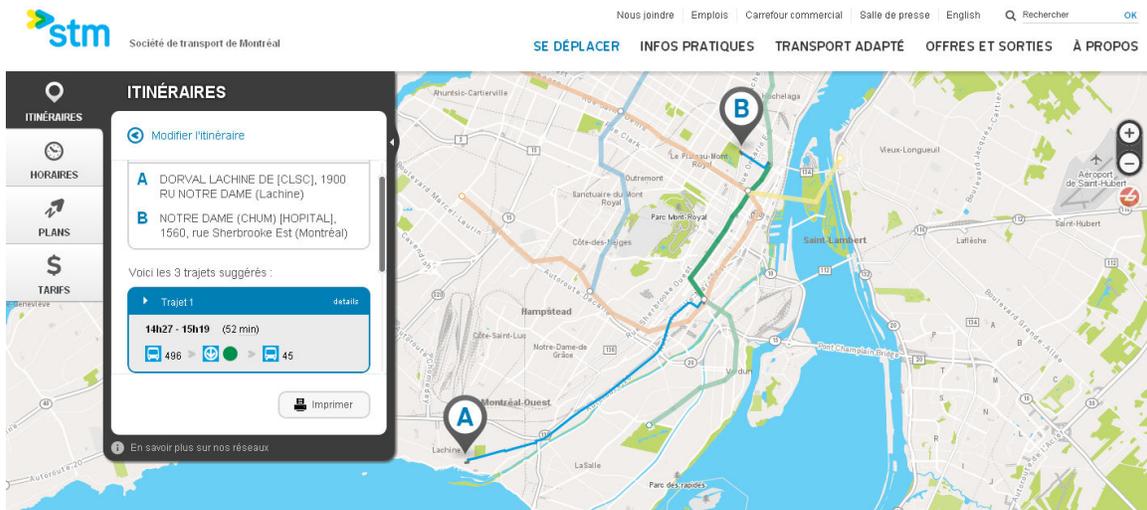


Figure 10 : L'ergonomie du planificateur de trajets



Feuille de route :

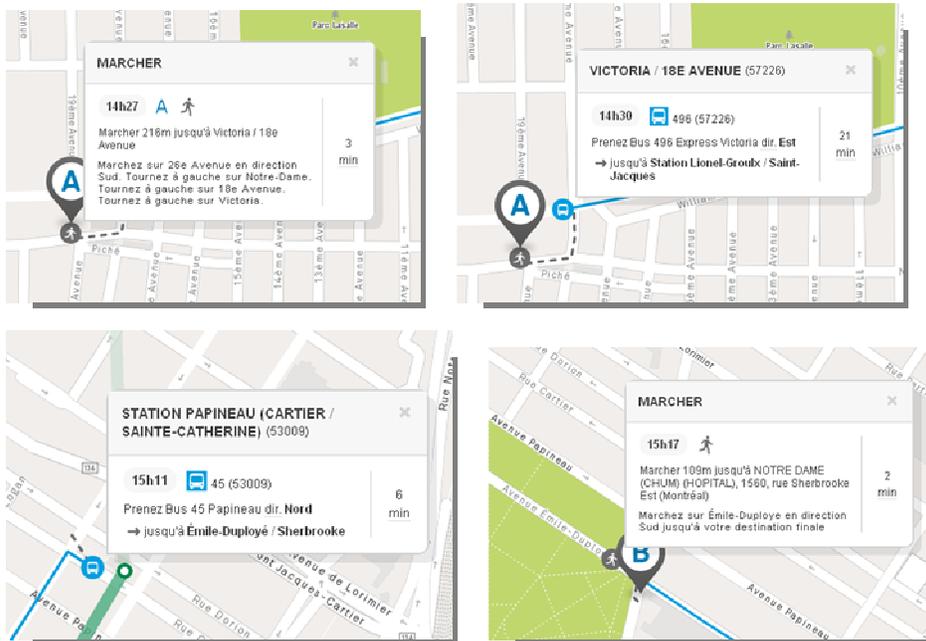


Figure 11 : Le traitement multimodal

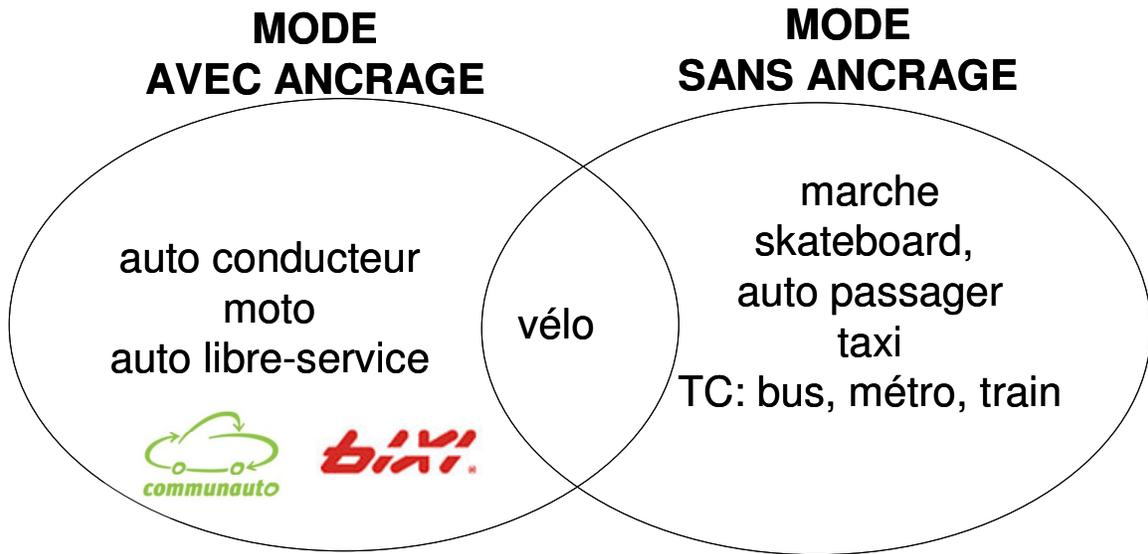


Figure 12 : Le traitement pour les vélos

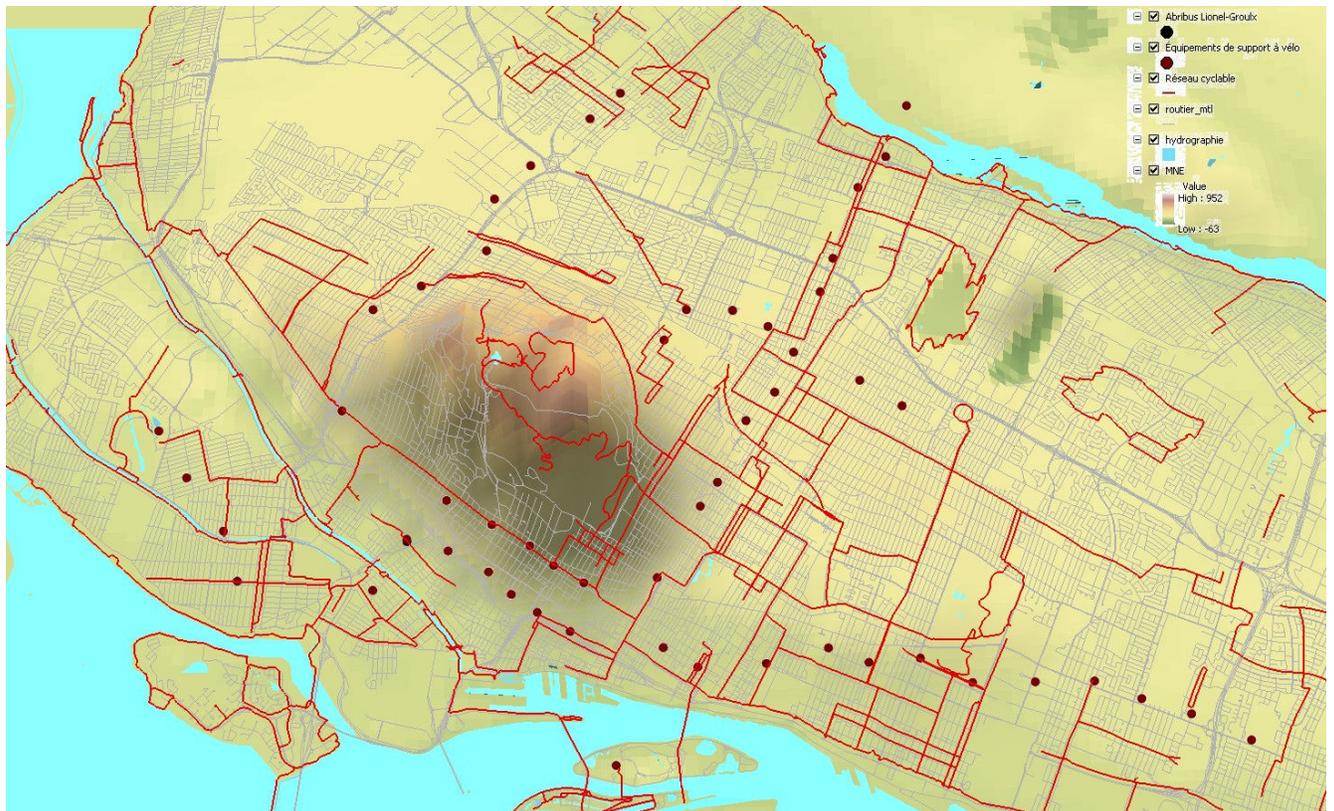


Figure 13 : Déplacements bimodaux par les automobilistes conducteurs

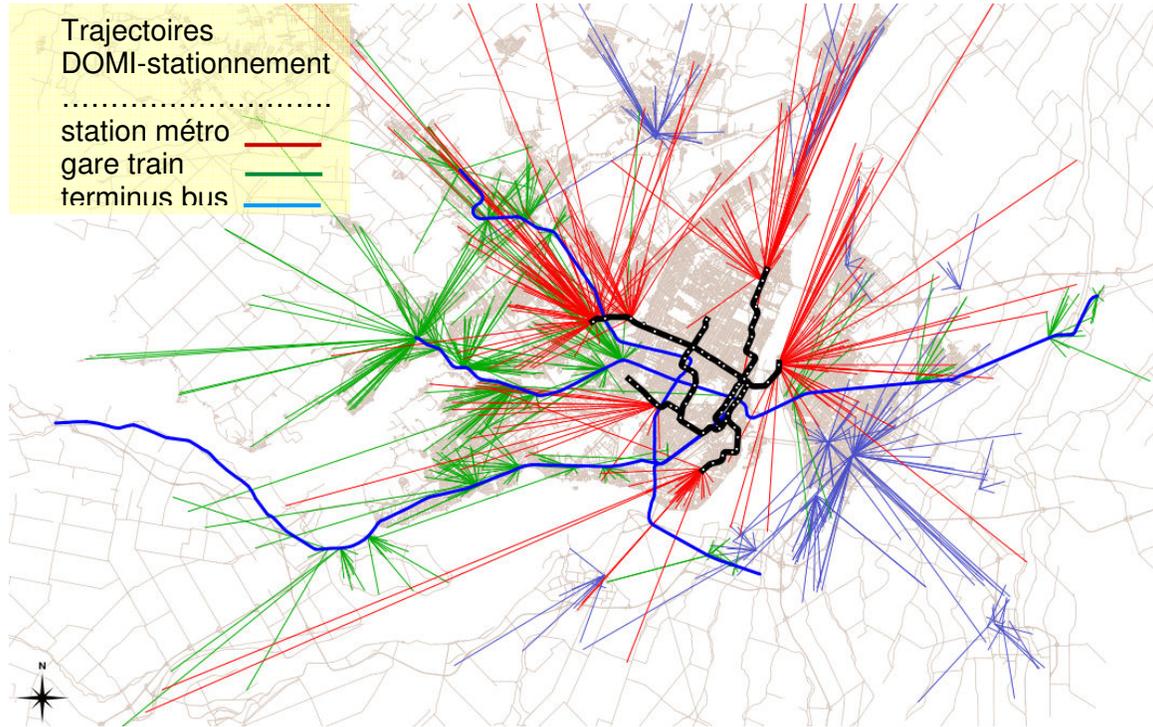


Figure 14 : Tableau sur les données de références OTP

Type de données	Rôle Planificateur trajets	GTFS	OSM
Réseau routier	Requis	Non	Oui
Points d'intérêt	Requis	Non	Oui
Adresses	Requis	Non	Oui
Réseau vélo	Multimodal vélo	Non	Partie
Réseau piéton	Guidage piéton	Non	Partie
Feux signalisation	Guidage piéton	Non	Oui
Interdictions de virage	Requis	Non	Partie
Horaires	Requis	Oui	Non
Limites de vitesse	Multimodal auto	Non	Oui
Vitesses en congestion	Multimodal auto	Non	Non
Tarifcation	TC régional	Partie	Non
Types de véhicule TC	Préférences	Oui	Non
Support à vélo sur bus	Multimodal vélo	Non	Non
Accès au fauteuil	PMR	Non	Non
Banc	PMR	Non	Non
Abribus	PMR	Non	Non
Stationnement incitatif	Multimodal auto	Non	Non
Topographie	PMR, vélo	Non	Non
Accidents	Préférences	Non	Non

Lexique :

API : Application programming interface

APTA : American Public Transit Association

AU : Accessibilité Universelle

CAD/AVL : Computer-Aid Dispatch / Automatic Vehicle Location

GTFS: General Transit Feed Specification

GTFS – RT: GTFS real time

GUI : Graphic User Interface

OSM : Open Street Map

OTP : Open Trip Planner

PMV : Panneau a Message Variable

PMR : Personne Mobilité Réduite

RVI : Réponse Vocale Interactive

SAEIV : Système d'Aide à l'Exploitation et l'Information aux Voyageurs

SIRI: Service Interface for Real time Information

TAZ : Tous Azimuts

TCIP: Transit Communication Interface Profiles

XML : eXtensible Markup Language