

**Proposition de communication pour les 2e Rencontres Francophones Transport Mobilité
(RFTM) Montréal, 11-13 juin 2019**

Titre :

Apport de la géomatique à l'optimisation des tournées de livraison à domicile

Auteur(s) :

Khaled BELHASSINE, professionnel de recherche, Centre d'innovation en logistique et chaîne d'approvisionnement durable (CILCAD), Département d'opérations et systèmes de décision, FSA Université Laval, khaled.belhassine.1@ulaval.ca

Jacques RENAUD, Professeur titulaire, Directeur du Centre d'innovation en logistique et chaîne d'approvisionnement durable (CILCAD), Département d'opérations et systèmes de décision, FSA Université Laval, Jacques.Renaud@fsa.ulaval.ca

Leandro COELHO, Professeur agrégé - Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en logistique intégrée, Université Laval, Département d'opérations et systèmes de décision, FSA Université Laval, leandro.coelho@cirrelt.ca

Jean-Philippe GAGLIARDI, Directeur, Logix Opérations, j-philippe.gagliardi@logixoperations.com

Mots-clés :

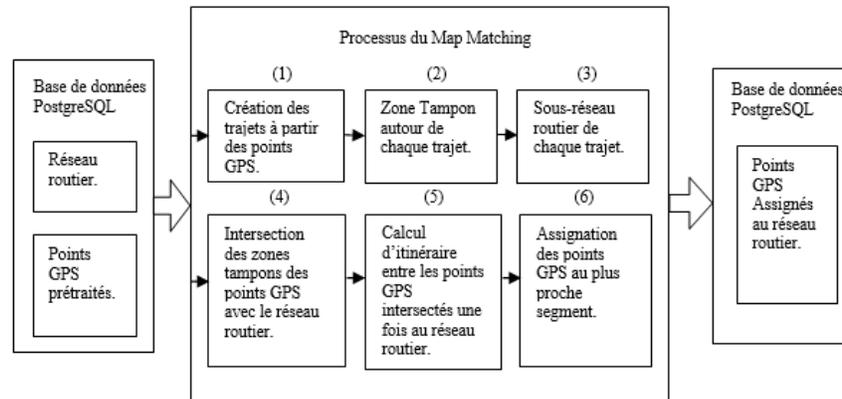
Géomatique, système d'information géographique, GPS, congestion routière, logistique, transport routier.

Résumé :

La congestion routière est devenue un facteur important d'émissions des GES dans le secteur du transport routier. Elle est devenue le problème le plus récurrent et le plus crucial des grandes villes et métropoles. Différents coûts économiques, sociaux et environnementaux sont associés à la congestion routière. Les entreprises de transports, plus particulièrement celles de livraison de courrier et de livraison à domicile, sont très touchées par la congestion routière qui occasionne une variation importante des temps de trajet, de la consommation de carburant et des retards de livraisons. Dans cette étude, nous présentons l'apport de la géomatique à l'amélioration de la performance logistique d'une flotte de véhicules pour la livraison à domicile. Plusieurs millions d'observations de géolocalisation GPS issues de tournées de livraison sont collectées, traitées et assignées au réseau routier. À la suite de ces analyses géomatiques, nous développons des calendriers quotidiens d'indice de congestion en fonction de l'heure. Des ratios de congestion sectoriels sont calculés afin de déterminer les meilleures heures de départ de livraison tout en évitant la congestion routière. La réduction de la durée des trajets a été quantifiée en comparant les meilleures heures de départs par rapport aux heures habituelles. À partir des données de notre partenaire, les analyses démontrent une réduction potentielle de 22 % de la durée des routes de livraison.

Ce projet est réalisé en étroite collaboration avec l'un des plus grands détaillants dans le domaine de l'électronique et des électroménagers au Québec. Chaque véhicule de la flotte de notre partenaire est doté d'équipements permettant d'enregistrer sa localisation GPS toutes les 15 secondes. Ces données GPS sont envoyées automatiquement chaque nuit vers notre serveur. Une

fois les données importées, plusieurs traitements sont effectués afin d'en améliorer la qualité, à savoir la suppression des points GPS avec des vitesses aberrantes, tout comme les points localisés en dehors du réseau routier (bâtiments, stationnement, fleuve, etc.) et les agrégats de points enregistrés durant un long temps d'arrêt (livraison chez un client, approvisionnement en carburant dans une station-service, chargement de marchandise dans un dépôt, etc.). Dans un deuxième temps, un processus d'affectation des points GPS est lancé. Cette approche permet la correction de la localisation des points. L'algorithme proposé dans cette étude permet d'assigner les points GPS aux plus proches segments et de déterminer avec précision les segments réellement parcourus lors de chaque déplacement. La figure suivante présente les étapes de cet algorithme.



Processus d'affectation des points GPS sur le réseau routier (map matching)

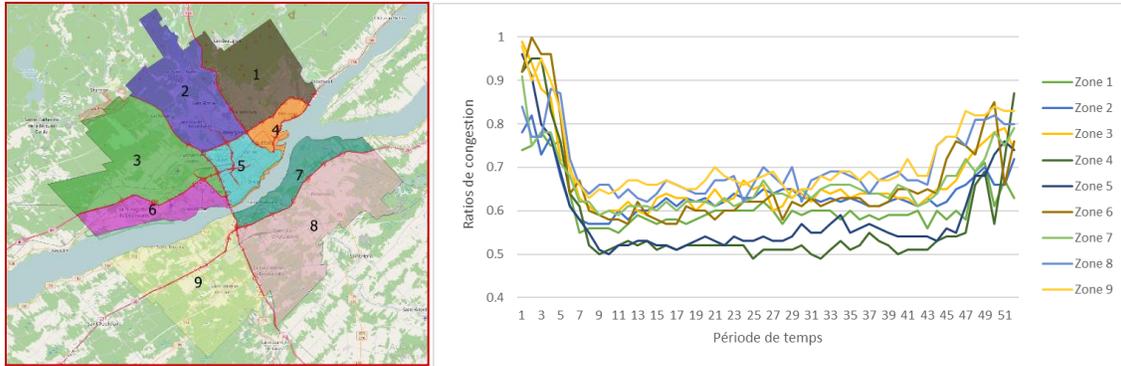
Après avoir assigné les points GPS sur les segments routiers, nous avons déterminé la direction de circulation de chaque déplacement à l'aide des attributs du réseau routier définis lors de la création de la topologie.

A partir de l'heure et la date d'enregistrement des points GPS, la vitesse moyenne a été calculée sur chaque segment dans chaque direction par période de 15 minutes. Un coefficient de congestion est défini en divisant la vitesse moyenne calculée par la vitesse permise. Le système développé est couplé à une carte de congestion routière interactive qui permet, comme dans l'exemple ci-dessous, de montrer l'état du trafic routier entre 16h30 et 16h45 à partir des coefficients de congestion calculés.



Exemple de carte de congestion routière entre 16h30 et 16h45

Afin de déterminer les secteurs les plus vulnérables au trafic routier, nous avons découpé la région de la ville de Québec en neuf secteurs. Pour chaque secteur, nous avons analysé tous les segments routiers pour lesquels nous avons de l'information. Pour chaque tranche horaire de 15 minutes et pour chaque secteur nous avons calculé le ratio moyen de congestion comme étant la moyenne des ratios de congestion des segments pour lesquels nous détenons au moins une observation.



Évolution des ratios de congestion dans les neuf secteurs

La figure précédente illustre l'évolution des ratios de congestion moyens sur 52 intervalles de 15 minutes débutant à 6h00 et se terminant à 19h00. Bien que les neuf secteurs partagent des tendances similaires, les secteurs 1, 4, 5 et 6 sont les plus congestionnés. C'est le secteur 4 enregistre la pire congestion routière. Il s'agit du centre-ville de Québec qui regroupe le secteur touristique ainsi que la colline parlementaire où sont situés les principaux ministères du Gouvernement du Québec.

A partir des données de congestions, nous avons également analysé 27 routes de livraison de notre partenaire. Nos analyses ont considéré le temps d'installation chez les clients ainsi que le temps de conduite. Les analyses montrent une tendance à surestimer les temps d'installation alors que le temps planifié pour les 27 routes est de 162h01 et que le temps réel fut de 146h17, une surestimation de 944 minutes (en moyenne 35 minutes par route). Pour comparer les temps de conduite réalisés par les véhicules versus les temps planifiés par le logiciel de notre partenaire, nous avons utilisé exactement les mêmes segments et déterminé les temps de parcours en fonction des ratios de congestion associés à l'intervalle de temps où les segments ont effectivement été parcourus. Les résultats démontrent que les temps de conduite observés sont systématiquement plus élevés que les temps planifiés avec un temps observé de 44h30 contre un planifié de 26h17. Les temps estimés à partir de notre base de données en fonction de la congestion sont beaucoup plus près des temps observés avec un total estimé à 44h32 ce qui est au total à 2 minutes d'écart du réel pour les 27 routes réunies.

Etant donné que la durée d'une route de livraison est influencée par la congestion, nous avons donc recalculé les temps de conduite pour l'heure de départ qui a été choisi par la compagnie ainsi que pour des départs potentiels entre 6h00 et 13h00, par tranches de 15 minutes. Les analyses démontrent que l'heure de départ optimale permettrait de réduire la durée des routes de 44h32 à 32h27 soit une réduction de temps de conduite de 12 heures et 5 minutes, ce qui correspond à 27%.

Il est cependant facile d'observer que certaines de ces routes ne sont pas acceptables à cause des heures de retours associées tardives. En effet, le retour d'une route à 21h12 n'est pas réaliste. En choisissant des heures de départ après 07h00 et un retour à l'entrepôt avant 19h00, nous avons observé une réduction du temps de parcours de 9h50, soit 22%.

En conclusion, la majorité des algorithmes actuels permettant de résoudre les problèmes de tournées de véhicules considèrent une vitesse constante. Dans la réalité, celle-ci est influencée par plusieurs variables dont, entre autres, l'état du trafic routier aux différents moments de la journée. Dans cet article, nous avons démontré que l'exploitation des données GPS et l'utilisation des outils géomatiques permettent d'établir des cartes de congestion routières. Nous avons également démontré la précision de la méthodologie développée en comparant nos estimations avec les routes réalisées par notre partenaire. Ces informations peuvent être utilisées afin d'optimiser l'heure de départ des véhicules en fonction de la congestion et ainsi réduire les temps de parcours et coûts associés (carburant, salaire, etc). Cette gestion dynamique des heures de départ permet des réductions de l'ordre de 22% des temps de parcours.