

Mobilité quotidienne et résilience en contexte de changements climatiques :
tentative de lecture par la syntaxe spatiale

10e Colloque de la Relève VRM

INRS-UCS, Montréal

21-22 mai 2013

Martin Laliberté

Maîtrise en aménagement du territoire et développement régional

École supérieure d'aménagement et de développement

Université Laval

Sous la direction de Marie-Hélène Vandersmissen et Florent Joerin

Martin.laliberte.1@ulaval.ca

En l'état actuel des connaissances, les tendances climatiques laissent entrevoir un accroissement de la fréquence, de l'intensité et de la durée des extrêmes météorologiques (OURANOS, 2009). Ces événements sont susceptibles de prendre la forme, par exemple, de fortes précipitations provoquant inondations et débordement des réseaux d'égouts, d'érosion et glissements de terrains et de dégradation accélérée du réseau routier comme par la formation de « nid de poule » due aux redoux hivernaux plus fréquents (Chaumont et Brown, 2010). Cette situation apporte son lot d'incertitudes notamment en ce qui a trait à ses impacts sur la mobilité de la population. Dans le cadre du projet « *Changements climatiques et transformation urbaine : un projet de recherche-action pour renforcer la résilience de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)* », nous nous questionnons sur la vulnérabilité de cette mobilité des gens sur le territoire de la communauté métropolitaine : Quels effets pourraient avoir une rupture du réseau routier en cas d'événement climatique extrême sur la mobilité des gens?

La méthode retenue pour répondre à cette question repose sur la « syntaxe spatiale ». La théorie entourant cette méthode a été développée par Bill Hillier et Julienne Hanson depuis les années 1970, dans la foulée de leur réflexion sur les logiques qui sous-tendent l'organisation spatiale des établissements humains en relation avec les phénomènes sociaux qui organise l'espace, tout en faisant parti de cet espace.

La syntaxe spatiale permet de « prendre certaines mesures de relation tiré de la théorie des graphes et, en premier lieu, les théoriser au terme de leur potentiel d'incarner ou transmettre des idées sociales, puis de les utiliser comme mesure et représentation de structures spatiales en les liant à la représentation géométrique du système spatial en train d'être examiné » (Hillier et Vaughan, 2007). Ces mesures prennent essentiellement la forme d'une interprétation des notions de ségrégation et d'intégration spatiale qui font émerger des structures liant le social et le spatial.

Dans notre cas, nous avons modélisé les potentiels de mouvements urbains à partir d'une représentation spatiale des voies de circulation automobile de la CMQ. Ce modèle axial du réseau routier de 2012 a été conçu à partir d'orthophotographies de la CMQ datant de 2011 puis validé et complété à l'aide d'un fichier cartographique des routes provenant du Ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF) mis à jour à l'automne 2012.

Description des analyses et indices

Rappelons que dans un contexte de changements climatiques (CC), nous cherchons à comprendre l'impact que ces derniers peuvent avoir sur la mobilité des personnes. Pour cela, le logiciel à code source ouvert *Depthmap* semble, selon nous, capable d'apporter des réponses en ce sens. Développé par Alasdair Turner à l'University College London, avec la collaboration de l'équipe du Professeur Hillier, le logiciel *Depthmap* considère que les gens organisent leurs déplacements selon un modèle géométrique. C'est-à-dire qu'ils ne calculent pas directement le chemin le plus court, mais plutôt le chemin qui implique le moins de changements de direction. *Depthmap* calcule plusieurs indicateurs qui sont utiles aux buts de cette recherche.

Intégration : L'intégration calcul le potentiel de convergence de chaque segment du réseau routier. Plus un segment est intégré, plus les gens auront tendances à y converger dans leurs déplacements. Il est notamment calculé à partir de la « profondeur moyenne » des segments par rapport aux autres (son éloignement géométrique) et pondéré selon l'angle de connexion avec les segments

adjacents afin d'affiner l'analyse. Ces deux indicateurs nous permettent d'identifier des zones potentiellement plus isolées par rapport aux autres selon la configuration actuelle du réseau de la CMQ. Ainsi, dans un contexte de CC, ces secteurs semblent plus exposés aux aléas climatiques car physiquement plus éloignés en termes de distance ou plus difficile d'accès en termes de configuration spatiale.

Connectivité : La connectivité est le nombre de connexions qu'un segment entretient avec des segments adjacents. L'indice de connectivité nous permet d'identifier les routes étant les moins connectées au reste du réseau. Elles présentent donc potentiellement moins d'alternatives pour contourner un obstacle à la circulation telle une chute d'arbre en contexte de vents violents.

Choix d'usage : Le choix d'usage représente la probabilité qu'un segment soit utilisé afin de rallier deux points dans le réseau. Utiliser cet indice nous permet de comprendre l'itinéraire qui serait potentiellement le plus adapté pour des déplacements à des échelles déterminées (locale, régionale). Ce type d'information n'est présent dans aucune base de données actuellement disponibles, comme les enquêtes Origine-Destination. Il nous serait ainsi possible de comprendre au plus près les déplacements des personnes et tenter d'évaluer les risques de perturbation sur ces tronçons « prioritaires » par des simulations climatiques.

Nos modèles du réseau routier ont été validés avec des données de comptage de trafic routier, provenant du Ministère des transports du Québec (MTQ) et des villes de Québec et Lévis. Par manque de données pour l'ensemble du territoire, nous avons utilisé des comptages effectués entre 2008 et 2011. Leur croisement avec l'indice d'intégration (l'achalandage potentiel) nous donne un coefficient de corrélation, le R^2 . Ce dernier étant supérieur à 0,5, il confirme la pertinence de notre modèle. Toutefois, cette faible corrélation (<0,6) semble dénoter des incohérences dans la configuration spatiale de la Métropole de Québec. Trois hypothèses sont retenues. D'abord, il y a le fait historique que plusieurs pôles d'activités majeurs de la CMQ, notamment la colline parlementaire, ont été

implantés en dehors de toute considération de localisation spatiale logiques globale, mais plutôt selon des principes politiques et de prestige. Deuxièmement, en analysant séparément les coefficients de corrélation de l'intégration des réseaux routiers locaux et autoroutiers, tout laisse croire qu'une déficience en voies de circulation intermédiaires reliant les quartiers entre eux pousse les habitants à utiliser les autoroutes pour leurs déplacements locaux. En plus de la circulation de transit, cette situation provoque une surcharge sur les réseaux autoroutiers et un fort déséquilibre entre l'utilisation du réseau local et régional. Enfin, il est également probable qu'un certain biais provient des données de débit routier. Leur étendue temporelle et la faible quantité des données provenant des villes ajoutent sans doute une incertitude sur la validation des réseaux. Sommes toutes, les schémas de déplacement des modèles segmentés s'accordent bien à ce que l'on observe sur le terrain.

[Simulations de coupures du réseau et influences sur le réseau](#)

Les analyses d'intégration ont permis dans un premier temps d'identifier clairement les zones les plus ségréguées de la CMQ. Des quartiers centraux ou peuplés tels que Duberger-Les-Saules et Cap-Rouge, ressortent et mettent en évidence l'influence de conditions topographiques locales (Rivière Saint-Charles, Plateau de Sainte-Foy) ou d'infrastructures majeures (les autoroutes) comme des éléments de discontinuités spatiales qui isolent des quartiers entiers. Il est également possible de visualiser la ségrégation de ces secteurs par rapport à certains services et commerces essentiels, tels qu'hôpitaux, services d'urgence et épiceries. Il est suggéré que la situation d'isolement de ces quartiers augmente grandement leur dépendance à l'automobile.

Nous avons poursuivi nos analyses en procédant à une simulation de coupure du réseau routier en certains points. Ce scénario est évidemment à caractère académique et ne repose pas nécessairement sur des menaces imminentes.

Ce scénario met en scène des précipitations verglaçantes ou torrentielles rendant difficilement praticables les segments de rue aux pentes supérieures à 6%. Nous avons déconnecté ces segments du réseau et refait les analyses

d'intégration afin de montrer les effets d'un tel événement, notamment sur les quartiers de la haute ville, ceux l'environnant et l'ensemble de la CMQ.

D'autres scénarios peuvent être envisagées, tels que vents violents provoquant des chutes d'arbres et de lignes électriques ou perturbant les déplacements sur les ponts.

Réflexions et simulation pour retisser les milieux urbains vulnérables

Ce type d'analyses permet de mieux comprendre les effets que des coupures du réseau peuvent avoir dans un quartier, une petite ville ou une région métropolitaine. D'un autre côté, cet outil offre la possibilité formidable de simuler des interventions urbanistiques au niveau de ces mêmes ensembles dans le but d'améliorer la perméabilité de l'ensemble urbain, de diminuer la ségrégation des quartiers isolés, de diminuer la vulnérabilité de la mobilité et d'améliorer la résilience des établissements urbains.

Bibliographie sommaire

- Bourques, A et al. (2008) « Québec », dans Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007, D.S. Lemmen, F.J. et al (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa, pp.171-226
- Chaumont, D. et Brown, R.D. (2010) Analyse de simulations régionales du climat et d'indices climatiques associés au transport routier dans le sud du Québec. Routes/Roads, 345, pp.78-79
- Hillier, B. et Iida, S. (2005) Network effects and psychological effects: a theory of urban movement. Proceedings of Spatial Information Theory: International Conference, COSIT 2005, Ellicottsville, pp. 475-490
- Hillier, Bill (2007) Space is the Machine : A configurational theory of architecture. Space Syntax, Londres, 368p.
- Ministère des transports du Québec (2008). Enquête Origine - Destination 2006. La mobilité des personnes dans la région de Québec. Fais saillants. Québec, Ministère des transports du Québec: 25.
- Turner, Alasdair (2001) Angular Analysis. Proceedings, 3rd International Space Syntax Symposium, Atlanta, 11p.
- Vaughan, L. (2007) The spatial syntax of urban segregation. Progress in Planning, 67, p. 205-294