

5<sup>e</sup> Forum VRM sur les méthodologies innovantes en études urbaines

## La mesure et l'analyse du mouvement

Vendredi 8 novembre 2013, salle 603, Édifice du Boulevard, Université Laval  
350, boulevard Charest Est (quartier Saint-Roch), Québec

Les mouvements dans et entre les zones urbaines sont devenus, ces dernières décennies, un enjeu important des sociétés occidentalisées, expliquant en partie du moins, le développement considérable de la recherche autour des thèmes reliés à la mobilité des personnes (quotidienne, résidentielle, touristique, etc.), des biens ou de l'information. Dans le but de mieux comprendre ces mouvements, les outils d'observation et de mesure se sont multipliés. Aux enquêtes standard éprouvées et provenant de protocoles validés (enquêtes origine-destination, enquêtes ménages, enquêtes biographiques), s'ajoute actuellement une explosion de la diversité et de la quantité de données produites sur les déplacements humains ou de véhicules grâce aux nouvelles technologies comme le positionnement global par satellite (GPS), la radio-identification (RFID) qui permet de récupérer des données à distance à partir de marqueurs sur des objets (code-barre ou étiquette électronique), des personnes (passeports, carte de transport ou de paiement), etc. Ces données détaillées dans l'espace et dans le temps et désagrégées à l'échelle de la personne ou du véhicule posent d'énormes défis de confidentialité et de synthèse afin de mieux comprendre les mobilités, notamment en raison des variations de qualité et de granularité spatio-temporelle. Par ailleurs, les données utilisées pour étudier les mouvements ne sont pas toujours recueillies dans ce but. Est-ce que les outils méthodologiques développés pour l'analyse de mouvements à partir de données standard (par exemple, la théorie des graphes et des réseaux) sont toujours pertinents pour exploiter les nouvelles données? Quel est le potentiel de l'exploration de données (*data mining*), de l'animation et de la géovisualisation dans le cadre de l'analyse des mouvements? Les méthodes usuelles d'analyse statistique doivent-elles être adaptées afin de maîtriser la complexité des instruments de collecte disparates et d'évaluer correctement les interrelations?

Le Forum VRM est un événement annuel organisé par le réseau Villes Régions Monde (VRM) afin de donner aux chercheurs l'occasion de partager leurs réflexions méthodologiques, d'explorer de nouveaux outils de recherche ou tout simplement de prendre connaissance d'approches méthodologiques innovantes.

*Les versions complètes des résumés sont disponibles à: <http://tinyurl.com/forumvrm>*

**VRM.ca**

## Programme du Forum

08h15 Accueil

08h30 Mot de bienvenue  
Marie-Hélène Vandersmissen, Université Laval

### Séance 1 **Panoramas de la mesure et de l'analyse du mouvement**

08h45 *Les données des enquêtes sur les transports : que se passe-t-il dans le monde ?*  
Martin Lee-Gosselin, Université Laval

09h30 *Modification des pratiques de collecte de données sur le transport des personnes : faits saillants d'un projet de l'ATC*  
Catherine Morency, Polytechnique Montréal

10h15 Pause

10h30 *Panorama des données sur la mobilité en France*  
Françoise Potier, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

### Séance 2 **Nouvelles pratiques de collecte de données**

11h15 *Analyse du potentiel des données «passives» de la téléphonie mobile pour produire des matrices origines-destinations*  
Patrick Bonnel, École Nationale des Travaux Publics de l'État

12h00 Dîner

13h00 *Affiche: Saisir l'environnement sensible tel que perçu par l'individu*  
Natalie Bouchard, chercheuse indépendante

13h15 *Une lecture de l'expérience du mouvement : le récit de la marche en temps réel*  
Sylvie Miaux, Université du Québec à Trois-Rivières

14h00 *Les carnets de déplacement : produire des données sur la mobilité des adolescents dans une approche qualitative et «low-tech»*  
Juan Torres, Université de Montréal

14h45 Pause

### Séance 3 **Modèles et simulations**

15h00 *Évaluation des potentiels d'achalandage à l'aide d'un modèle de transfert modal*  
Julien Grégoire, Réseau de transport de la Capitale

15h45 *L'intégration des comportements de mobilité et des patrons d'activité dans la simulation d'épidémies*  
Marius Thériault, Université Laval

16h30 Mot de la fin  
Marie-Hélène Vandersmissen, Université Laval

## Les données des enquêtes sur les transports : que se passe-t-il dans le monde ?

Martin Lee-Gosselin, Université Laval

La demande de données d'enquêtes sur les usagers des transports est devenue un problème dans de nombreux pays. À un moment où la collecte des données est une cible facile pour les coupes budgétaires, le public et les organismes privés sont de plus en plus dépendants de systèmes décisionnels utilisant des outils d'analyse et des modèles qui sont relativement "*data hungry*". Ce n'est pas seulement une question de quantité de données, mais aussi de leur qualité et de leur exhaustivité – et de l'inclusion des groupes d'utilisateurs qui sont atteints par des échantillons de l'enquête. En outre, alors que les enquêtes métropolitaines Origine-Destination restent le «pain et le beurre» de la planification des transports urbains, d'autres types d'enquêtes sur le comportement passé, actuel et futur des passagers et des utilisateurs de transport de fret sont devenues de plus en plus précieuses pour les décideurs. Ceci est particulièrement important pour évaluer la portée des changements dans le système de transport, tout en conservant des indicateurs de la demande, qui sont comparables sur de longues périodes de temps. Pour répondre à ces questions, tous les trois ans, des spécialistes des méthodes d'enquête de transport du monde entier organisent une conférence internationale pour discuter des développements actuels et identifier, à travers des ateliers, les priorités pour la recherche méthodologique. Quatorze ateliers ont eu lieu lors de la 9e Conférence internationale au Chili en novembre 2011, qui a attiré des délégués de 25 pays. Cette communication fournit un synopsis, d'un point de vue canadien, des priorités, des enjeux et des tendances du monde entier qui ont été discutés lors de la Conférence. Les thèmes transversaux qui ont émergé incluent:

- la maturation de nouveaux supports technologiques aux enquêtes sur les transports, telles que des interfaces cartographiques pour les enquêtes-Web, les *mobility-aware loggers* et les *smart phones*, les méthodes de post-traitement et leurs interfaces;
- l'arrimage des enquêtes avec des données administratives (comme les données de monitoring du transport en commun ou les transactions électroniques de paiement des titres de trajet et de péage);
- les processus cognitifs et sociaux qui affectent les réponses à l'enquête, en particulier dans les enquêtes sur les comportements éventuels;
- les changements dans la conception globale de l'enquête, y compris la nécessité de l'utilisation simultanée de plusieurs méthodes pour obtenir des données utilisables provenant de tous les segments de la population, en particulier compte tenu de l'évolution des technologies de la communication;
- les besoins en données des modèles régionaux intégrés;
- les designs d'enquête portant sur des questions spécifiques de politique de transport de passagers et de fret, tels que certains enjeux de l'énergie et de l'environnement, et de la gestion des situations de catastrophe.

\* Cette communication a été prononcée en anglais le 15 octobre 2012 lors de la conférence annuelle de l'Association des Transports du Canada, à Fredericton, au Nouveau-Brunswick. Il y a un papier en anglais : Lee-Gosselin, M.E.H (U. Laval), Miller, E.J. (U. of Toronto), Morency, C. (Polytechnique Montréal) et Roorda, M.J. (U. of Toronto): *Transport Survey Data: What in the world is happening?* Tous les auteurs de ce papier ont été activement impliqués dans la gestion de la conférence internationale. Ils étaient membres d'une équipe de consultants TAC enquêtes sur les pratiques d'enquête de transport au Canada, qui est le sujet d'une autre communication offerte par Catherine Morency au 5<sup>e</sup> Forum VRM.

## **Modification des pratiques de collecte de données sur le transport des personnes : faits saillants d'un projet de l'ATC**

E.J. Miller, M. Lee-Gosselin, M. Roorda, K. Nurul Habib, A. Shalaby, C. Morency

Conférencière: Catherine Morency, Polytechnique Montréal

En juin 2011, l'Association des transports du Canada (ATC) a mandaté une équipe de six spécialistes pour la réalisation d'un projet portant sur la «Modification des pratiques de collecte de données sur le transport des personnes». Cette conférence propose de faire état des principaux résultats qui ont récemment été livrés à l'ATC. L'objectif central de ce projet était de développer un cadre de travail appliqué et intelligible de coordination, collecte, traitement et gestion des données sur le transport des personnes en milieu urbain (tous modes confondus) qui soit applicable et adapté aux besoins de données des différents types d'autorités de transport canadiennes.

Le projet s'est articulé autour des composantes suivantes : 1) revue de littérature sur les différentes méthodes de collecte de données sur le transport des personnes en milieu urbain; 2) enjeux et défis liés à la fusion de données provenant de différentes sources; 3) synthèse des sources de données disponibles et de leurs applications potentielles; 4) design, administration et résultats d'une enquête, auprès des autorités canadiennes de transport, sur les pratiques de collecte de données; et 5) élaboration d'un cadre de travail sur la collecte de données sur le transport des personnes.

Dans le cadre de la préparation et de la réalisation de l'enquête Origine-Destination régionale montréalaise de 2013, plusieurs réflexions réalisées dans le cadre du projet tombent à point. La présentation insistera sur les défis associés aux processus actuels de collecte de données (échantillonnage téléphonique, taux de réponse, proxy répondant, etc.) ainsi que sur les opportunités émergentes qui permettront d'y faire face (enquêtes multi-instruments, nouvelles technologies, Web, cartes à puce, GPS, etc.). Les grandes recommandations issues de la démarche seront aussi présentées, notamment les éléments clés d'un cadre renouvelé de collecte et gestion de données sur la mobilité des personnes. Il sera question de se préparer pour l'avenir et d'assurer la pérennité des exercices de collecte, pour que ceux-ci permettent encore, à différents horizons, de rassembler les données assurant la planification et la modélisation des grands projets de transport.

## **Panorama des données sur la mobilité en France**

Françoise Potier et Jimmy Armoogum, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)

Conférencière : Françoise Potier

Les enquêtes de mobilité sont nécessaires pour faire le point et contribuer à identifier les problèmes liés à la gestion des systèmes de transport, mais également pour estimer et valider les modèles sur lesquels repose la planification, en veillant à leur donner un caractère réellement dynamique.

La France dispose de nombreux outils d'observation de la mobilité de personnes:

- Les Enquêtes Nationales sur les Transports (ENT), dont l'objectif est la connaissance des déplacements des ménages qui résident en France métropolitaine et de leurs usages des moyens de transport tant collectifs qu'individuels;
- Le Suivi de la Demande Touristique, permet l'observation des déplacements, des comportements, ainsi que des modes de consommation des Français lors de leurs séjours touristiques;
- Dans les zones urbaines, les Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) sont des outils de connaissance des comportements de mobilité d'une population qui réside dans une aire urbaine donnée.

Mais toutes les villes ou agglomérations ne mesurent pas la mobilité de leurs habitants, qui correspond d'ailleurs à une part décroissante de leur trafic interne. Et, il n'existe pas de méthode stabilisée d'observation de la mobilité au niveau régional, alors que cette échelle est de plus en plus pertinente en matière de planification et d'aménagement.

### Le futur des ces enquêtes

Des enquêtes en continu: Pour mesurer l'évolution des comportements, l'IFSTTAR teste la possibilité de ré-interrogation des enquêtés à l'aide d'un panel, comme en Allemagne. Afin d'optimiser la méthodologie du panel, il est essentiel de mesurer la mobilité sur plusieurs jours et non pas sur une seule journée.

L'utilisation de nouvelles technologies: Les technologies de téléphonie mobile et les récepteurs GPS montrent un potentiel énorme comme instruments de mesure de la mobilité des personnes, en offrant une meilleure description du cadre spatio-temporel. Toutefois, afin de pouvoir analyser les données issues de ces nouvelles technologies, il est nécessaire de construire des outils pour pallier les manques (reconstitution automatisée des séquences continues, dans l'espace et le temps...).

Des enquêtes Ménages sur la mobilité urbaine des Non résidents: Au cours de l'année, les touristes nationaux et internationaux représentent entre 25 et 40% de la population dite «résidente», pourcentage qui atteint 300% dans les villes saisonnières. Comment, quand et où interroger les touristes sur leur mobilité en milieu urbain? Sur la base d'enquêtes existantes, une recherche est menée par différentes agglomérations avec la collaboration de l'Ifsttar afin d'élaborer une méthode d'enquête spécifique.

Enfin, une recherche sur l'utilisation d'Internet pour des enquêtes de mobilité est menée par un consortium européen, dont l'IFSTTAR est membre, financé par Eurostat. Elle a pour objectif *in fine* la rédaction d'une directive européenne sur l'utilisation juridique des données recueillies par internet.

## **Analyse du potentiel des données « passives » de la téléphonie mobile pour produire des matrices origines-destinations**

Patrick Bonnel, École Nationale des Travaux Publics de l'État, Hombourger Etienne, SETRA, Smoreda Zbigniew, SENSE, Orange Labs

Conférencier : Patrick Bonnel

Il est possible de récupérer, chez les opérateurs téléphoniques, les données nécessaires au fonctionnement des réseaux de téléphonie mobile, sans intervention sur les mobiles ou auprès des possesseurs de ces mobiles. Nous parlons alors de données « passives », recueillies lors des actions suivantes (Smoreda et al., 2013):

- Réception ou émission d'un appel, SMS... ;
- Allumage/extinction du mobile ;
- Changement de LA (Location Area) ;
- Position du mobile toutes les 6 heures en cas d'absence d'activité (LAU – Location Area Update).

La recherche conduite avec ORANGE a permis de traiter cette donnée pour 10 jours consécutifs entre le 30 mars et le 11 avril 2009 pour l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France. Le passage d'une information relative à la localisation d'un mobile à l'identification de déplacements d'individus définis à l'aide d'une origine et d'une destination pour reprendre la définition usuelle d'un déplacement (CERTU, 2008) nécessite de poser quelques hypothèses (Olteanu-Raimond, 2013). Par ailleurs, le travail a été conduit avec un seul opérateur, dont la part de marché est connue de manière approximative, notamment en fonction des caractéristiques socio-économiques des individus et de leur localisation. Nous avons dans le cadre exploratoire de cette recherche fait une hypothèse simple, mais forte en considérant que l'échantillon des possesseurs de mobiles présent en Ile-de-France pendant la période considérée était représentatif de la population de l'Ile-de-France.

Malgré ces limites évidentes, nous avons cherché à analyser la « qualité » des matrices ainsi produites. Nous avons donc comparé la matrice à celles qui peuvent être produites à partir de l'Enquête Globale Transport (EGT) réalisée par le STIF (Syndicat des Transports de l'Ile de France), qui est l'autorité organisatrice des transports collectifs de l'Ile de France). Il n'est évidemment pas possible de comparer directement les deux bases de données, les hypothèses de production des déplacements utilisées dans le traitement des données ORANGE étant très différentes des définitions l'EGT. Nous avons donc tenté de reproduire les hypothèses définies précédemment afin de les appliquer aux données de l'EGT (Hombourger et al, 2013) :

Nous présenterons les principaux résultats, qui sont détaillés dans Hombourger et al, 2013. Nous obtenons un nombre de déplacements supérieur à l'aide des données ORANGE, ce qui peut sembler logique du fait de la méthode d'expansion des données qui a été utilisée. L'analyse des écarts entre les deux matrices montre des résultats globalement encourageant, même si des écarts parfois importants apparaissent.

Ce travail exploratoire nécessite des approfondissements (IOVAN et al., 2013) et notamment:

- Une meilleure prise en compte des effets de bord, en améliorant la délimitation des périmètres des antennes ainsi que l'algorithme de construction de la matrice origines-destinations issue des données mobiles;
- Une identification de la LA de résidence des possesseurs de mobiles afin de produire des matrices uniquement des résidents de l'Ile-de-France;
- Une amélioration de la méthode d'expansion des données Orange à l'ensemble de la population...

## **Saisir l'environnement sensible tel que perçu**

Natalie Bouchard, chercheuse indépendante

La ville est une succession de moments. L'expérience qu'on peut y avoir dépend de l'environnement, de la suite des événements qui s'y déroulent et du souvenir d'expériences passées (Lynch, 1960). Adhérant à l'hypothèse que l'homme est un système de traitement de l'information (Newell & Simon, 1972), ainsi qu'à l'idée que, si le trajet d'un habitant est un discours, les événements du parcours sont figures de rhétorique (Augoyard, 1979) nous avons opté pour la méthode *des parcours commentés* pour conduire une recherche sur le pouvoir des odeurs à modeler notre perception spatio-temporelle de l'environnement.

Cette méthode est essentiellement la mise en récit en temps réel d'un trajet. L'objectif est d'accompagner l'individu dans ses pratiques quotidiennes pour qu'il exprime le territoire tel qu'il le vit, tel qu'il l'interprète. *Le parcours n'est pas seulement le déplacement sur le territoire de l'autre, c'est en même temps un déplacement sur son univers de références.* Notre enquête s'est étendue durant trois saisons : hiver, printemps et été. Le parcours permettait la rencontre d'une variété d'odeurs et différents types d'espaces urbains. À la recherche de possibles solutions pour traiter ainsi qu'exposer la quantité importante de données récoltées, nous avons développé l'idée d'une composition cartographique reproduisant chacun des parcours effectués par les participants. La transcription des commentaires de chacun des participants sur une carte aérienne d'occupation du sol nous a permis de confronter leurs réalités à la réalité du lieu. D'ailleurs la superposition de toutes ces retranscriptions a révélé la topographie d'un paysage olfactif particulier à ce groupe, représentation d'une mémoire olfactive commune. Mais en plus, ces cartes nous ont donné un excellent outil pour trier et faire une compilation adéquate des nos données.

Le résultat final de cette compilation prend la forme d'une affiche scientifique de format 34 po (L) x 48 po (H) où la zone du parcours entier est tracé sur une carte aérienne montrant l'occupation du sol. Des pellicules transparentes indépendantes de l'affiche mais du même format présentent tout ce qu'un participant a exprimé durant son parcours de même que la carte mentale qu'il a produite. Chaque commentaire exprimé par celui-ci peut ainsi être positionné au même endroit ou il a été exprimé sur le territoire.

## **Une lecture de l'expérience du mouvement : le récit de la marche en temps réel**

Sylvie Miaux, Université du Québec à Trois-Rivières

L'intérêt grandissant pour l'analyse du mouvement n'est pas anodin à une époque où le développement durable impose de nouvelles façons de penser les déplacements, la mobilité au sein de nos villes. Pour répondre à ce besoin, différents outils méthodologiques se développent afin de mesurer les déplacements quotidiens, récréatifs, de différentes catégories de population, qu'il s'agisse de mesurer la fréquentation, l'utilisation de certains modes de transport, de mesurer les distances parcourues, de simuler les déplacements, etc. Depuis, quelques années, des recherches exploratoires centrées sur une approche qualitative de l'analyse des déplacements (perceptions, représentations, expérience) viennent nourrir la réflexion, mettre en évidence l'importance d'intégrer de nouvelles variables dans les analyses afin de mieux saisir la complexité du mouvement.

Je m'attarderai lors de cette présentation à vous faire part de mon cheminement de recherche dans le développement à la fois : 1) d'une approche conceptuelle centrée sur l'expérience du mouvement (notion d'itinéraire) et; 2) d'un outil méthodologique qui s'inscrit dans le courant des « mobiles methods » et qui s'inspire de l'approche phénoménologique pour proposer une lecture de l'expérience du mouvement. J'aborderai ce point en présentant tout d'abord l'approche conceptuelle développée autour de la notion d'itinéraire, afin de vous présenter ensuite les « mobiles methods », et plus spécifiquement le récit de la marche en temps réel, version finale de l'outil développé.

Ainsi, à travers la présentation de mon cheminement, je serai en mesure de vous faire part des potentialités et limites de ce genre d'outil, et des aspects qui restent à bonifier. Surtout, à travers la présentation de différents résultats, je souhaite ouvrir la discussion sur les apports de ce genre d'analyse centrée sur l'expérience du mouvement pour mesurer le mouvement.

## **Les carnets de déplacement : produire des données sur la mobilité des adolescents dans une approche qualitative et «low-tech»**

Juan Torres, Université de Montréal

Au Québec, la mobilité des adolescents a fait récemment l'objet de travaux scientifiques révélateurs (Bachiri 2006, 2012) ; toutefois, elle demeure peu étudiée. Pourtant, les adolescents, et en particulier les élèves du secondaire, constituent un groupe important et très particulier : ils sont assez diversifiés en termes d'autonomie et, paradoxalement, moins actifs dans leur mobilité que les élèves du primaire. La distance domicile-école y est pour beaucoup, la valeur moyenne au secondaire étant de 5,6 km, soit 3 km de plus qu'au primaire (Lewis et al. 2009). Mais au-delà des effets de la distribution spatiale des écoles sur les déplacements, il n'en reste pas moins que la mobilité quotidienne des adolescents comporte d'autres déplacements et, bien entendu, d'autres déterminants. Plus encore, cette mobilité et le poids des déterminants ne peuvent que varier au cours de l'adolescence et d'un milieu urbain à un autre. Dans un contexte de gain progressif d'autonomie, quelles sont les motivations derrière le choix ou l'abandon des modes actifs pour les déplacements quotidiens chez les adolescents de la région métropolitaine de Montréal ? Plus précisément, quels déterminants environnementaux apparaissent comme significatifs au cours de l'adolescence pour la pratique de la marche et du vélo dans des milieux centraux et périphériques de la métropole ? Ces questions sont au cœur du projet de recherche TAAM (*Le transport actif chez les adolescents de la région métropolitaine de Montréal*), entamé en 2012 et financé par le FRQ-SC.

Le projet TAAM comporte plusieurs activités de cueillette de données, dont la réalisation de carnets de déplacement par une soixantaine d'adolescents repartis en deux terrains : l'un périurbain, l'autre dans un quartier central. Les carnets permettent de saisir systématiquement plusieurs détails associés à des événements quotidiens (Butcher et Eldridge 1990), dans notre cas, les pratiques de déplacement des participants. Dans chaque terrain, et pendant une semaine, chaque participant est invité à remplir un carnet interactif en ligne dans lequel, à chaque jour, il indique les déplacements réalisés et leurs caractéristiques : lieux d'origine et de destination, modes de transport utilisés, durée, moment de la journée, accompagnement, etc.

La méthode a été utilisée pour le premier terrain du projet (milieu périurbain). À la lumière de cette expérience, la communication proposée pour ce Forum VRM nous permettra d'évoquer les forces et les faiblesses de l'approche dans l'étude qualitative de la mobilité des adolescents. La simplicité de l'outil, sa complémentarité par rapport à d'autres outils de cueillette de données et les opportunités de triangulation qui en découlent seront mises en évidence. Les difficultés de suivi pendant la réalisation du carnet et les contraintes sur le plan éthique seront également évoquées.

## **Évaluation des potentiels d'achalandage à l'aide d'un modèle de transfert modal**

Julien Grégoire, Réseau de Transport de la Capitale

Dans le processus de planification à long terme des services de transport en commun, le planificateur doit avoir accès à des outils lui permettant de mieux comprendre les impacts de ses décisions. C'est dans cette optique, et dans un contexte de réflexion sur l'organisation des services, qu'un modèle de transfert modal a été développé au Réseau de transport de la Capitale (RTC). Celui-ci permet d'estimer la probabilité qu'un déplacement soit effectué en transport en commun versus l'automobile (conducteur ou passager) et est utilisé pour estimer l'achalandage et la part modale du transport en commun.

La conférence présente le modèle sous trois aspects : sa conception, sa robustesse et sa réactivité. La première partie, décrivant le processus de conception, présente les différentes variables démographiques (âge, sexe, motorisation, motif de déplacement, possession du permis de conduire), d'offre de service (temps en transport en commun, estimation du temps automobile en congestion, temps de marche, temps maximal d'attente, correspondances) et d'environnement urbain (coût du stationnement) utilisées dans le modèle. La seconde partie démontre, à différents niveaux (temporel et géographique), le calage du modèle sur les parts modales et l'achalandage TC observées sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec. Finalement, la dernière partie du modèle permet de mieux expliquer comment le modèle réagit à un changement d'offre de service. Un exemple concret est présenté ainsi que divers scénarios qui ont été testés afin de démontrer le potentiel de croissance du transport en commun.

## **L'intégration des comportements de mobilité des patrons d'activité dans la simulation d'épidémies**

Marius Thériault, Université Laval, Bernard Moulin, Université Laval, Hedi Haddad, Université de Ryad  
Conférencier : Marius Thériault

Simuler la diffusion d'une épidémie dans une population est une tâche complexe qui présente de nombreux défis méthodologiques et techniques. D'une part, on doit intégrer et opérationnaliser de manière appropriée les trois composantes du triangle épidémiologique : la population, l'environnement et l'agent infectieux. D'autre part, la simulation d'une agglomération à l'échelle des individus présente d'énormes défis de performance pour réaliser les traitements informatiques dans des délais utiles pour guider l'intervention en santé publique.

Pour cette recherche réalisée dans le cadre du projet CODIGEOSIM et financée par le réseau canadien de centres d'excellence en géomatique (GEOIDE), nous avons élaboré un outil de simulation de la transmission de virus de personne à personne qui intègre plusieurs sous-modèles dans un ensemble coordonné : de population basé sur la vulnérabilité (risque personnel), de contagion par compartiments (susceptible, contagieux, immunisé, décédé, etc.), d'activité et de mobilité (risque environnemental) et, d'intervention (auprès de la population et en lien avec les activités et la mobilité). Ces sous-modèles sont intégrés à un niveau supérieur par une triade de modèles d'interaction : de contagion spatiale (contagion reliée aux contacts journaliers en fonction des risques personnels et environnementaux), de contact spatio-temporel (interaction entre des individus sains et contagieux au gré des activités) et d'intervention spatialisée (vaccination ou modification de la nature et de la durée des interactions sociales : quarantaine, fermeture d'établissements, etc.).

Le système de simulation est encapsulé à l'intérieur d'un logiciel de système d'information géographique (dans le logiciel MapInfo) et permet de configurer les paramètres de simulation dans un environnement géographique lié aux activités et aux déplacements des individus, tout en simulant une épidémie avec un pas de temps quotidien (alliant composantes déterministes et composantes stochastiques) et en produisant un panoplie de résultats formatés pour communiquer l'information (cartes et graphiques) et guider l'intervention. Un des défis principaux de ce projet consistait à réaliser un logiciel (P2PCODIGEOSIM) performant (temps de calcul), tout en réalisant des simulations réalistes au plan épidémiologique et basées sur des produits courants comme les recensements de la population et les enquêtes origines-destinations. Le logiciel actuel peut effectuer des simulations mensuelles (30 jours) sur une population de plus de 500,000 individus en une demi-heure ou moins, ce qui permet de répéter la simulation à volonté afin de valider les prévisions en établissant les marges d'incertitude liées aux éléments stochastiques des sous-modèles et de comparer divers scénarios d'intervention.

Cette présentation concerne les principes de la simulation, la conception de l'outil, de même qu'une démonstration de son fonctionnement en utilisant les données de la région de Québec compilées à l'échelle des secteurs de recensement. La composante logicielle étant totalement indépendante de la composante donnée, l'outil peut être utilisé dans toute autre région urbaine sous réserve de la disponibilité des données pertinentes.