

# Marche à pied en ville : modélisation de la circulation des personnes

Autor(en): **Loubier, Jean-Christophe**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales**

Band (Jahr): **67 (2009)**

Heft 2: **Les suisses au travail : heureux, mais ... fatigués ; Les circulations au cœur de la mondialisation**

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-142289>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# MARCHE À PIED EN VILLE. MODÉLISATION DE LA CIRCULATION DES PERSONNES

JEAN- CHRISTOPHE LOUBIER  
MAPS, Université de Neuchâtel  
*Jean-christophe.loubier@unine.ch*

> Depuis 2004, la question du surpoids des populations urbaines est considéré comme prépondérante par l'OMS. Pour lutter contre celui-ci, il est conseillé d'augmenter la part d'activités physiques informelles des populations urbaines. Pour cela les aménageurs doivent repenser l'environnement construit de façon à favoriser la mobilité douce. Cet article propose un modèle destiné à aider à la compréhension du phénomène de la marche sur un territoire donnée. Il a été testé sur une partie du centre ville de Genève

**Mots clés:** marche à pied, santé, activité physique informelle, modélisation, graphes, marche aléatoire.

## INTRODUCTION

L'obésité est en augmentation, dans l'essentiel des populations urbaines mondiales. Compte tenu que plus de 50% de la population mondiale vit aujourd'hui en ville [United Nation 2007], la société se trouve face à un phénomène majeur en matière de santé publique. Les coûts de la santé liés aux conséquences de l'obésité sont d'ailleurs en augmentation. Pour la Suisse, ce coût représente plusieurs millions de francs chaque année. [Schneider H et Schmid A 2004]. Dans ce contexte, l'OMS a déclaré que l'activité physique devait être une priorité de santé publique [OMS 2004]. L'une des voies possibles pour y parvenir est d'augmenter la part d'activité physique informelle quotidienne de la population urbaine. C'est sur cette idée qu'un nouvel axe de recherches est en train de se développer. Il s'agit d'étudier le rôle joué par l'environnement construit sur l'activité physique. Des liens ont déjà été identifiés entre certains indicateurs de santé (dont le poids corporel) et l'environnement construit. [Kayser et all 2008].

Le but de cet article est de participer au débat en présentant un moyen de spatialiser le phénomène de la marche au sein de l'environnement construit. Il s'agit donc de développer un modèle reproductible et opérationnel destiné à aider à la compréhension du phénomène des déplacements à pied sur un territoire donné. Au final, il sera possible d'intervenir sur le territoire pour améliorer le potentiel d'usage de la marche et augmenter la part d'activités physiques informelles des usagers de ce territoire. Le centre ville de Genève (rive gauche) a servi de support de notre étude.

Genève est une ville où les déplacements à pied sont efficaces. C'est-à-dire qu'un marcheur peut rapidement se rendre d'un point à un autre (Figure 1). Un individu peut traverser toute la ville (de l'ONU au plateau de Champel) en 1 heure, à la vitesse de 5 kms/h.



## CARACTÉRISER L'ACTE DE MARCHER

Peut-on caractériser formellement la marche à pied en ville ? Apporter une réponse précise nous paraît impossible. Le fait de marcher en ville est un phénomène hautement complexe à cause des objectifs des marcheurs. Par exemple, on peut marcher avec des buts précis qui impliquent une recherche d'optimisation du trajet comme se rendre à son travail ou à un rendez-vous quelconque mais on peut aussi flâner en touriste. Dans ce cas, le même territoire peut être abordé de plusieurs façons et parfois même par le même individu. Si l'on ajoute à cela le degré de connaissance de la ville par le marcheur, on entre dans un champ multidimensionnel extrêmement difficile à modéliser. Heureusement, il existe certaines composantes du phénomène (l'acte de marcher dans une ville) qui sont obligatoires. Par exemple, sauf à être doué de super pouvoir, il est impossible de passer d'une rue à une autre rue si celles-ci ne sont pas connectées en direct. Cette seule caractéristique autorise la construction d'une modélisation du comportement d'un marcheur avec toutefois la condition de dimensionner le modèle dans le but de cibler un seul type de marcheurs. Notre approche ne permet donc pas de traiter des comportements de marche différents de façon simultanée. Cela implique que, bien que la structure formelle de notre modèle soit stable et transposable dans n'importe quel environnement construit, il faudra toujours calibrer ce dernier en fonction de l'objectif de visualiser un comportement précis de marcheurs, éventuellement recueilli par un questionnaire préalable.

Le modèle proposé repose sur les postulats suivants:

- > La marche est un phénomène à l'interface homme (un ou N individu(s))/territoire (un réseau d'infrastructures des routes et des services comme des commerces);
- > Un individu est un agent intelligent qui poursuit un objectif;
- > Cet objectif peut être diffus mais il est toujours lié à une décision (celle d'aller dans cette rue là plutôt que dans celle-ci);
- > L'environnement construit est ce qui définit la décision de l'agent;
- > L'agent ne marche pas longtemps, ce qui implique qu'il ne va pas loin.

## LA ZONE D'ÉTUDE

Nous avons testé ce modèle sur une zone de Genève qui se situe en rive Gauche du lac et qui comprend plusieurs espaces différents, connectés, visibles dans l'environnement construit et possédant leur dynamique propre. Nous avons dans cette zone test, les rues basses avec des commerces, la vieille ville, le parc des bastions et le quartier des banques. Chacune de ces zones possède ses spécificités. Les rues basses, célèbres à Genève sont piétonnes et commerçantes. La vieille ville correspond au centre historique avec des rues pentues et pavées. Il s'agit d'un espace attractif d'un point de vue touristique (cathédrale, musées). Le parc des bastions borde la vieille ville par la rue de la treille. Entièrement clos par une grille, on ne peut y entrer et en sortir que par 6 points dont un au travers d'un bâtiment. Cependant, son allée centrale permet la connexion entre la place neuve et le quartier situé derrière le parc. Ce quartier regroupe des consulats de plusieurs pays dont celui de la France. Pour beaucoup d'aménageurs genevois, cette allée est comparable à une rue piétonne. Enfin, le quartier des banques se caractérise par un espace sans commerces, uniquement constitué d'immeubles bourgeois de quatre à cinq étages maximum. Le réseau de rues de ce quartier se distingue des autres par un modèle rectilinéaire.

Chacun de ces espaces offre un potentiel de marche différent. Ce potentiel peut se mesurer pour chaque rue en fonction du concept de «Level of service» (LOS) qui permet une mesure du rapport entre condition de marche et attractivité de la rue.[Landis et all 2001] D'une façon simple, une rue sans commerce sans aménagements piétonnier et avec une circulation importante sera dotée d'un LOS très faible. A l'inverse, une rue interdite aux automobiles, avec des commerces, large pour atténuer les effets de la foule sera dotée d'un LOS fort à très fort. Nous avons calculé ce LOS pour toutes les rues de notre étude en prenant en compte un rapport entre les commerces, la circulation motorisée ou non, les aménagements piétonniers (largeur des trottoirs) et la pente. Cette valeur varie dans un intervalle compris entre 0 (Mauvais LOS) et 1(LOS fort).

#### LE MODÈLE DANS SES GRANDES LIGNES

Notre zone d'étude peut être modélisée par un graphe dont les sommets représentent les croisements et les liens sont les rues qui partent (ou arrivent) à ces croisements. Il s'agit d'un réseau d'interaction entre le territoire et les marcheurs

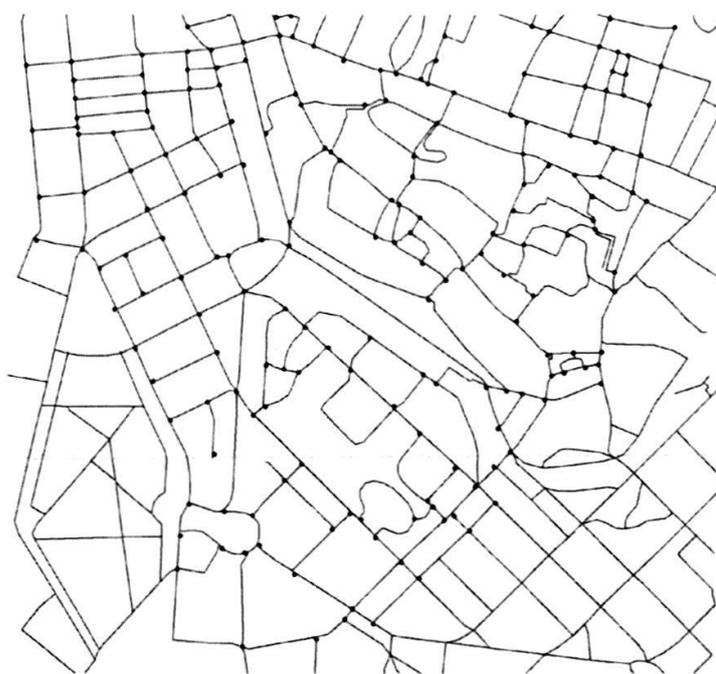


Figure 2: Réseau de rues de la zone d'étude

Ce graphe en tant qu'objet mathématique possède des propriétés. Par exemple, il existe des zones plus densément connectées que d'autres et dont on peut découvrir l'existence par le calcul d'indicateurs. Certains croisements sont plus importants que d'autres dans les déplacements tout comme certaines rues qui seront empruntées de façon préférentielle dans un cheminement global. En s'appuyant sur ces propriétés, on va chercher à qualifier le territoire analysé en postulant que certaines de ces zones favorisent la marche au niveau local, d'autres la restreignent et d'autres encore jouent le rôle de frontière entre les espaces. Notre objectif est de les identifier. Pour cela, nous nous appuyons sur l'idée déjà développée par Pons [Pons

2005] qu'une marche aléatoire de courte longueur a tendance à rester piégée dans les zones plus connectées d'un graphe. Nous pouvons calculer alors une valeur de marchabilité pour chaque croisement de rues en nous basant sur le comportement des marches aléatoires. A la fin du processus, tous les croisements sont qualifiés et nous pouvons cartographier les résultats.

#### LE SUPPORT MATHÉMATIQUE SOUS JACENT

Nous considérons un graphe non orienté  $G = (V;E)$  qui possède  $n = V$  croisements et  $n = E$  rues. Notre graphe est connexe (il existe toujours un chemin pour aller vers les croisements). Ce graphe peut être représenté par un tableau  $A$  avec deux valeurs possibles dans les cases  $A_{ij} = 1$  si les croisements  $i$  et  $j$  sont reliés par une arête et  $A_{ij} = 0$  dans le cas contraire. Comme notre graphe est pondéré en fonction de l'attractivité des rues, les 1 seront remplacés par la valeur du LOS calculé pour chaque rue.

Le degré d'un sommet (croisement) est la somme des arêtes (rues) auxquelles il permet d'accéder, donc pour un croisement de rues  $i$  on a:

$$d(i) = \sum_j A_{ij} \quad \text{avec } A_{ij} \in R^+ \quad \text{dans le cas de notre graphe pondéré par le LOS.}$$

La marche aléatoire utilisée dans le modèle est un processus de diffusion dans le graphe de rues. Un marcheur est localisé sur un croisement du graphe et se déplace à l'itération suivante vers un croisement choisi aléatoirement et uniformément parmi ceux qu'il peut atteindre en parcourant une seule rue. La suite des croisements visités correspond à la marche aléatoire, et la probabilité de transition du croisement  $i$  au croisement  $j$  est calculée par

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{d(i)}$$

Ce tableau donne une matrice de transition  $P$  correspondant à cette marche aléatoire. Cette matrice de transition caractérise entièrement la marche telle qu'on la suppose dans notre modèle, puisqu'elle spécifie l'espace dans lequel elle s'effectue (le graphe de rues), les chemins possibles, les connexions (croisements) et les probabilités de déplacement des marcheurs. C'est finalement la description mathématique du territoire traité et de la manière dont l'utilisent les marcheurs.

Le mécanisme de diffusion des marcheurs dans le graphe se fait de la façon suivante. Etant donné une probabilité de position  $p_t$  du marcheur à l'instant  $t$ , la probabilité de le trouver sur le croisement  $j$  à l'instant suivant est donnée par l'équation:

$$p_{t+1}(j) = \sum_i p_t(i) \frac{A_{ij}}{d(i)}$$

Ce mécanisme permet de calculer une probabilité d'aller du croisement de rues  $i$  au croisement  $j$  en  $t$  étapes

## LA MISE EN ŒUVRE

Le graphe que nous avons construit pour cette simulation représente un total de 208 croisements et 325 rues. Nous avons pondéré les arcs dans un intervalle compris entre 0 et 1 selon leur degré de LOS. Comme nous l'avons souligné plus haut dans le texte, si le LOS est élevé, la valuation de l'arc sera proche de 1 et proche de 0 si elle est faible

## LES RÉSULTATS: UNE CARTOGRAPHIE DE LA MARCHÉ AU NIVEAU LOCAL

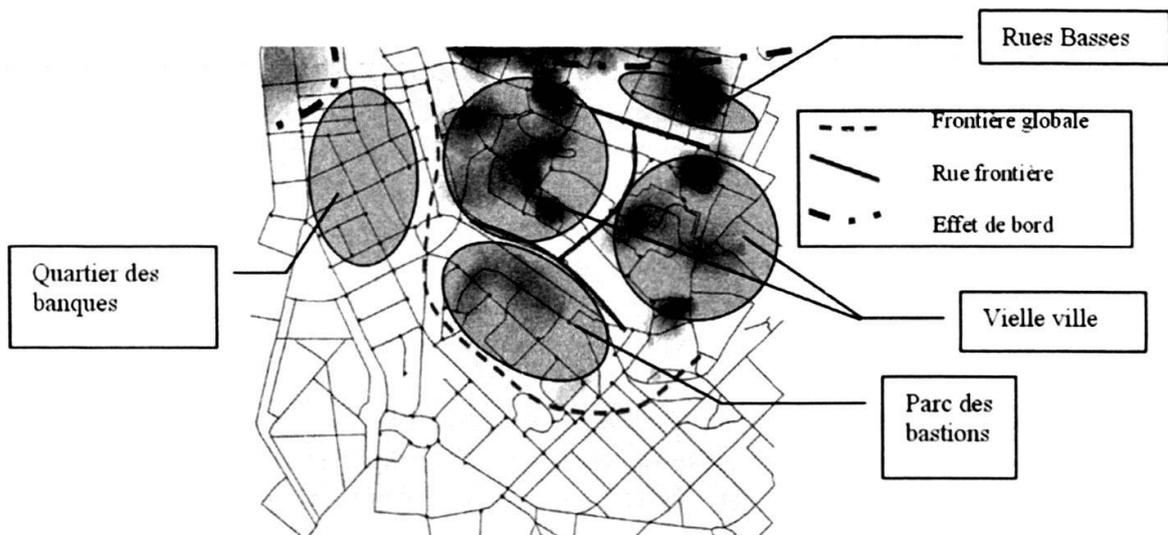


Figure 3: Cartographie de la marche pour la zone d'étude

Nous détectons des structures et des frontières. La vieille ville est découpée en deux zones distinctes, le parc des bastions s'individualise et globalement, la partie gauche (des banques et des affaires) s'oppose à la partie droite (vieille ville et rues basses). Cette dernière distinction était attendue et semble indiquer que notre approche de modélisation est correcte.

Avec l'identification de rues frontières, nous visualisons quelque chose de véritablement intéressant. Selon notre modèle, la rue de la croix d'or est une frontière entre deux secteurs attractifs. Cette rue est une des plus utilisées par les piétons dans cette partie de la ville. Dans la réalité elle sert bien de frontière entre le quartier des rues basses et la vieille ville. Comment notre modèle a-t-il détecté une frontière entre ces zones puisque le LOS calculé est maximum quasiment partout dans cette partie du graphe? La réponse est liée aux caractéristiques structurelles du graphe dans ce secteur. Le degré (le nombre de connexions aux rues) des croisements situé dans la rue de la croix d'or est dans l'ensemble plus faible que celui des croisements des zones proches. Cela conditionne la diffusion de la marche selon l'axe de la rue, lui conférant le rôle de frontière.

## INTERPRÉTATIONS DES RÉSULTATS

Ce résultat nous indique que la structure du graphe est déterminante dans l'usage des déplacements à pied. En effet, la plupart des croisements qui se trouvent sur une frontière identifié par notre modèle partagent tous un faible niveau de connexion et une faible im-

portance dans le réseau global. Comme le modèle présenté ici semble proposer une image de marchabilité proche des observations faites sur la zone, il paraîtrait intéressant pour des aménagements de considérer le graphe d'un point de vue structurel et de chercher à établir des liens entre les pratiques relevées et les caractéristiques intrinsèques de l'environnement construit. Ce résultat recoupe par une autre approche, l'identification du lien entre pratique de la marche et environnement construit en Suisse [Kayser et al 2008].

#### PROPOSITION D'AMÉLIORATION DU POTENTIEL D'USAGE DE LA MARCHÉ

Une analyse fine de notre zone d'étude permet de mettre en évidence plusieurs freins au processus de diffusion de la marche. Le premier d'entre eux correspond à l'énorme frontière nord ouest / sud est de notre zone d'étude. Manifestement cet espace est particulièrement peu attractif. Cela a pour effet de confiner les marcheurs dans la partie nord-est de la zone d'étude (rues basses et vieille ville). Le second point montre que le parc des bastions joue un rôle de puits. Le modèle montre que les déplacements à pied dans ce parc ne concernent que cet espace. Cela remet en question la perception de l'allée centrale comme rue et moyen de connexion entre la place neuve et le quartier situé derrière le parc.

En conséquence, il serait judicieux de «vitaliser» le territoire en:

- > établissant de meilleures connexions entre les sites où la marche est efficace. Par exemple en améliorant le passage de la vieille ville au parc des bastions par des passerelles partant des remparts de la treille.
- > construisant un environnement favorable pour les marcheurs (attracteurs, infrastructures, aides à la perception [Lavadinho et Winkin 2005] pour favoriser la connexion entre la zone de plainpalais et celle des rues basses/ vieille ville.

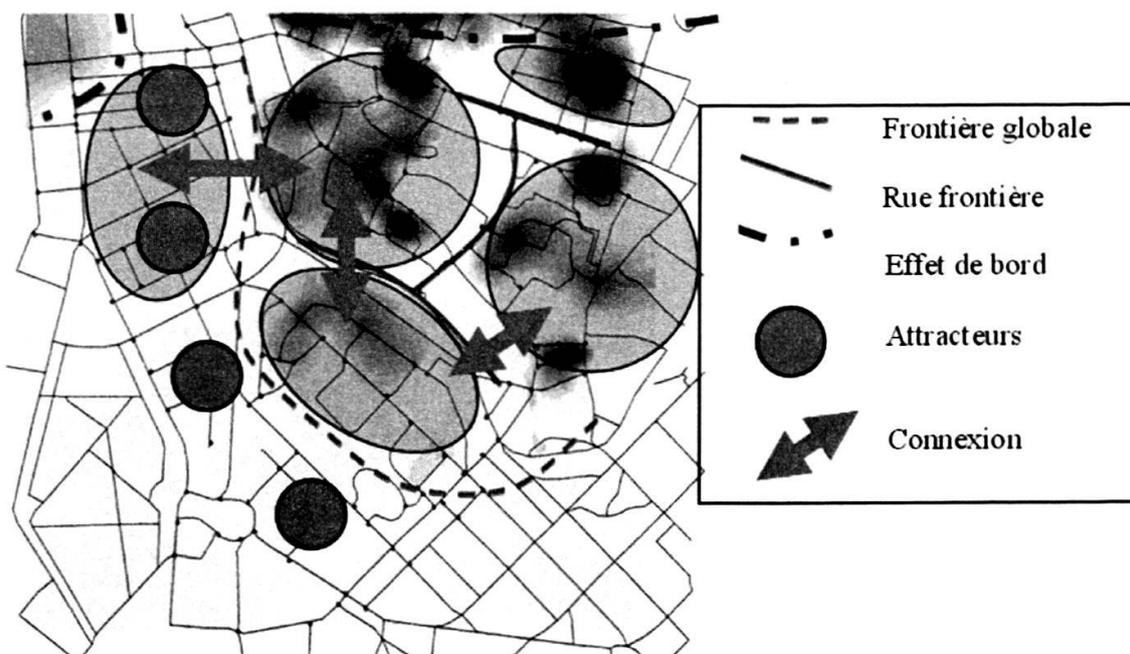


Figure 4: Carte des aménagements proposés pour améliorer le potentiel de la marche

## CONCLUSION

Notre modèle permet de qualifier l'environnement construit du point de vue de son attractivité en matière de marche à pied. Il pourrait être considéré comme un outil intéressant pour les aménageurs qui souhaitent développer la mobilité douce au sein de leur ville. Il possède deux avantages. Le premier est sa facilité de mise en œuvre et le second, sa capacité à permettre une visualisation du phénomène traité. Cependant, cet outil ne permet pas de traiter le caractère multifactoriel des marcheurs. C'est là sa principale limite car il oblige à refaire le calcul des pondérations des rues pour permettre la visualisation de l'usage de différentes communautés de marcheurs. Les prochains développements du modèle viseront à réduire cette difficulté.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Jemelin C, (LASUR) EPFL Pini G, Boillat P, Bussard M, Munafò S, (OUM), UNIGE. 2008: *La mobilité des Genevois et des Vaudois en 2005 et son évolution depuis 2000*- Synthèse. Mandants: Cantons de Genève et Vaud
- Kayser B, Zimmermann-Sloutskis D, Schmid J, Pini G, Loubier J-C, Lavadinho S, Thibaud J-P, Weil M, Winkin Y. 2008: *L'environnement construit comme déterminant de l'activité physique: la marche*, Urbia, Lausanne (sous presse)
- Landis B., Venkat R.V., Ottenberg R., Mcleod D., Guttenberg M., 2001: *Modeling the roadside walking environment: a pedestrian level of service*. Washington D.C.: National Research Council, Transportation Research Board, pp. 01-05 11.
- Lavadinho S, Winkin Y. 2005: *Les territoires du moi: aménagements matériels et symboliques de la marche urbaine*, article pour le colloque «Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance», Observatoire universitaire de la Ville et du développement durable, Université de Lausanne, 21-23 septembre 2005
- OMS. 2004: *Global strategy on diet, physical activity and health*. Geneva: WHO
- Pons P. 2005: *Détection de structures de communautés dans les grands réseaux d'interactions*: Septièmes Rencontres Francophones sur les aspects Algorithmiques des Télécommunications (AlgoTel'05), Giens, France
- Schneider H et Schmid A. 2004: *Die Kosten der Adipositas in der Schweiz*, Office fédéral de la santé publique, Berne
- United Nations. 2007: *World Population Prospects. The 2006 Revision*, United Nations, New York