

---

# Un Système de Génération d'Itinéraires des Activités Mobiles dans la Ville

Ines Jguirim, David Brosset, Christophe Claramunt

*Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav), BCRM Brest, CC 600, Ecole Navale, 29240 Brest, cedex 9*

---

*RESUME : Cet article présente un générateur d'itinéraires basé sur un modèle des activités urbaines prenant en compte différentes contraintes spatio-temporelles. Une activité est modélisée comme un parcours sous contraintes avec différentes modalités et un ensemble de points d'intérêt identifiés dans la ville. La modélisation spatio-temporelle d'une activité a pour objectif d'obtenir des itinéraires d'activité dans une ville en utilisant des méthodes de génération basées sur l'exploration de graphes. L'analyse spatiale des réseaux d'activités permet d'étudier l'usage et les fonctionnalités dans la ville pour un profil d'utilisateur type et d'explorer les interactions entre la structure spatiale de la ville et les différents usages. Un premier cas d'étude développé sur la ville de Brest apporte des premiers résultats montrant les potentialités de l'approche.*

*ABSTRACT: This paper introduces a modelling approach oriented to the representation of urban activities which takes into account several interacting spatio-temporal constraints. An activity is modeled as a constraint-based path with different transportation modalities and points of interest identified in a given urban system. The objective of this spatio-temporal model is to generate activity-oriented routes using graph algorithms. The spatial analysis developed on top of the networks is composed by the routes generated and allows for a characterization of human activities at the city level. The whole approach is experimented and applied to the city of Brest. Preliminary results are illustrated and discussed.*

*MOTS-CLES : Activités urbaines, réseaux de transport, génération d'itinéraires, graphes*

*KEYWORDS: Urban activities, transportation networks, itineraries generation, graphs*

---

## 1. Introduction

En 2050, près de 70% de la population mondiale vivra dans les villes contre 30% en 1950 (ONU, 2014). La ville est ainsi au cœur de nombreuses préoccupations et constitue un objet d'étude pour de nombreux domaines de recherche. La ville peut être interprétée selon différents points de vue et à différentes échelles, ce qui conduit à un vrai défi pour fournir un cadre de modélisation qui englobe toutes ces dimensions (Batty, 2009).

La structure urbaine d'une ville est souvent modélisée par des approches multimodales et multi-échelles (Chen *et al.*, 2011). La structure multimodale d'un tel espace provient de différents types de réseau comme par exemple le réseau routier, le tramway et le métro. Chaque réseau peut être étudié et représenté à partir de granularités différentes (Arnold, 2004).

De nombreuses approches sont utilisées afin d'obtenir un modèle multidimensionnel de la ville souvent dérivé de la théorie des graphes (Jiang et Claramunt, 2004, Hamaina *et al.*, 2012). La plupart des travaux proposés se focalisent principalement sur les aspects spatiaux et dynamiques de la ville en étudiant la structure de l'espace et sa configuration (Fedra, 1999) ainsi que les déplacements et la mobilité des citoyens (Hillman et Pool, 1997). Un milieu urbain est un support pour de nombreuses activités humaines qui conditionnent les mobilités dans l'espace. Une des pistes possibles pour étudier les phénomènes de mobilité dans la ville consiste à les mettre en relation avec les activités et les services offerts par un espace urbain.

La *Time Geography* (Hägerstrand, 1976) est l'une des principales théories proposées pour la modélisation du concept d'activité à un niveau désagrégé en milieu urbain. La *Time Geography* apporte une contribution théorique pour la prise en compte de l'individu dans un système et modélise les activités et les déplacements dans un milieu urbain à un niveau microscopique. De nombreux modèles se sont depuis orientés vers la modélisation des activités urbaines à partir de la *Time Geography* (Chen *et al.*, 2011 ; Crease et Reichenbacher, 2013 ; Shaw et Yu, 2009 ; Frihida *et al.*, 2004).

Ces modèles se basent sur le concept de « chemin spatio-temporel » défini dans la *Time Geography* comme un parcours bidimensionnel dans l'Espace-Temps. Ce concept de mobilité d'un individu donne un cadre support de modélisation des modalités et des opportunités. Kofod-Petersen et Aamodt (2006) proposent un modèle contextuel qui gère les différentes situations durant la réalisation d'une activité. Ces facteurs contextuels identifiés sont : le contexte environnemental, le contexte spatio-temporel, le contexte social et le contexte personnel. Ce modèle ne prend cependant pas en considération toutes les contraintes et les fonctionnalités offertes par un environnement.

Cet article propose une modélisation spatio-temporelle et fonctionnelle qui prend en compte les différents facteurs spatio-temporels (par exemple les contraintes et les limites du réseau, la disponibilité des services) et humains (mobilité réduite par

exemple) et leurs interdépendances en enrichissant notre modèle précédent (Jguirimet *al.*, 2014). Les activités considérées par ce modèle sont les activités mobiles qui exigent un déplacement dans le temps et qui durent un temps limité. Avec l'objectif d'étudier les fonctionnalités offertes dans une ville, nous retenons le concept de point d'intérêt (POI).

Un POI est un objet ponctuel ou assimilé qui offre un service particulier permettant la réalisation d'une activité. À travers les POI, une relation entre la structure de l'espace et son usage fonctionnel émerge par la réalisation de certaines activités. Notons qu'un modèle d'activité comporte des variables relatives au profil et aux désirs des individus (Groff, 2007).

L'approche proposée dans cet article consiste à modéliser la structure et les fonctionnalités offertes dans la ville en formalisant l'usage et ce afin d'obtenir un réseau d'activités qui reflète la dynamique de la ville. Le modèle proposé intègre la dimension spatiale à partir du réseau urbain multimodal, les points d'intérêts offrant des possibilités d'activités, et la dimension temporelle bornant les possibilités offertes à ces activités.

Ce modèle est représenté à partir d'une typologie des activités, des différentes modalités de transport et de potentialités de déplacement. Le modèle proposé permet de générer des itinéraires et des activités dans la ville, à partir de processus de parcours de graphes sous contraintes offrant ainsi des possibilités d'analyser la mobilité des personnes dans la ville. Un tel système permet de représenter une dynamique de la ville selon différents points de vue. Les itinéraires générés permettent une dérivation des potentialités fonctionnelles de la ville (Di Bitonto *et al.*, 2010). La section 2 présente un modèle de représentation de la structure spatiale et du réseau d'une ville et la section 3 développe un modèle de représentation des activités. Un cas d'étude illustre l'approche dans la section 4. La section 5 conclut l'article et explore quelques pistes de recherche encore ouvertes.

## 2. Modélisation de la ville

Les éléments pris en compte dans notre modélisation sont les différents services de la ville et les réseaux de transport permettant d'y accéder. Une ville est donc ici considérée comme un ensemble de services accessibles par un réseau de transport multimodal. Une représentation multimodale est mise en place afin de considérer la structure et l'usage de la ville. L'usage de l'espace se manifeste par l'utilisation de transports multimodaux et par l'exploitation des différents POI disponibles dans une ville. La modélisation multicouches proposée pour représenter la structure de la ville est composée par :

- le réseau routier,
- un réseau de transport public et
- un ensemble de points d'intérêts (POI) pouvant offrir des services.

### 2.1. Modélisation urbaine par les graphes

Les graphes sont utilisés fréquemment pour des problématiques de modélisation urbaine et des réseaux de transport (Minor et Urban, 2007). Ce choix est fait dans plusieurs travaux apportant une richesse formelle et mathématique issue de la théorie des graphes. Nous avons opté pour une modélisation à base de graphes pour représenter les différents réseaux de transport.

#### 2.1.1. Le réseau routier

Le réseau routier définit le support de la ville et la structure des activités possibles. Le réseau urbain est utilisé par des moyens de transport individuels tels que les voitures et les vélos, les piétons pouvant également l'emprunter sous certaines restrictions. Le réseau de transport urbain est modélisé par un graphe orienté et pondéré

$$G_{urb} = (R_i, R_s) \text{ où } R_i = \{ri_1, ri_2, \dots, ri_p\} \text{ est l'ensemble des intersections entre les rues et } R_s = \{rs_1, rs_2, \dots, rs_m\} \text{ représente les segments qui les relient.}$$

En première approximation chaque segment est pondéré par la vitesse maximale autorisée pour les automobiles car cette impédance est liée à la structure routière de l'espace urbain. Les autres modalités ont une vitesse considérée comme fixe.

#### 2.1.2. Le réseau de transport public

Le réseau de transport public est un réseau multimodal qui se connecte directement au réseau routier. En effet, la partie de réseau réservée pour les bus et les navettes routières se basent sur le réseau routier de la ville. Cependant, le transport ferroviaire est accessible par les arrêts qui sont connectés au réseau routier. Le réseau de transport public est modélisé par une séquence de stations utilisées par différents moyens de transport présents dans la ville tels que : le bus, le tramway, le métro et le train. Chaque moyen de transport possède un ensemble de stations et d'itinéraires prédéfinis.

Un réseau multimodal de transport public d'une ville est un ensemble de lignes  $LTr_1, LTr_2, \dots, LTr_n$  où  $n$  est le nombre de lignes dans une ville. Chaque ligne de transport est modélisée comme suit :  $LTr = \{station_1, station_2, \dots, station_s\}$  où  $station_i$  est une station et  $s$  le nombre de stations utilisées par la ligne  $LTr$ . Le graphe qui représente le réseau de transport public est défini par  $G_{ptr} = (station, PT_{edge})$  tel que  $Station$  est l'ensemble des stations utilisées par le réseau de transport public.  $PT_{edge}$  est l'ensemble des segments (rues, rails) qui relient les stations tel que :

$$\forall e_i \in PT_{edge}, station_j, station_k \in PTr \text{ et } station_j, station_k \text{ sont deux stations successives alors } e_i = (station_j, station_k)$$

#### 2.1.3. L'ensemble de POI

Un POI est caractérisé par des coordonnées géographiques et un type de service offert (e.g., restaurant, magasin). Le type d'un POI donne le service offert. Nous

modélisons un ensemble de POI comme un ensemble de nœuds. Nous prenons comme hypothèse que chaque POI possède un chemin d'accès à partir du réseau routier. L'accès à un POI est assuré par la route la plus proche. Un POI peut être accessible par le transport public, au sens topologique du terme (Gleyze, 2001), si un arrêt se trouve à proximité. Cette proximité est évaluée par le temps de parcours entre le POI et l'arrêt le plus proche qui dépend du profil de l'utilisateur

### 3. Modélisation des activités dans la ville

La navigation et le déplacement dans une ville dépendent principalement de la structure urbaine de l'espace. Nous considérons l'espace urbain comme un graphe orienté qui modélise les nœuds et ses chemins d'accès comme schématisé dans la Figure 1. Nous prenons en compte comme nœuds dans la ville les POI et les intersections des rues. Chaque nœud est topologiquement accessible par le réseau urbain. Les segments qui relient les nœuds acceptent au minimum une modalité valide dans la ville.

Plusieurs travaux ont proposé un modèle de classification des POI dans un espace urbain. Notre approche se base sur le modèle ontologique proposé par Lorenz, (2005) qui vise à modéliser la structure fonctionnelle de l'espace en classifiant les types de POI selon le service offert.

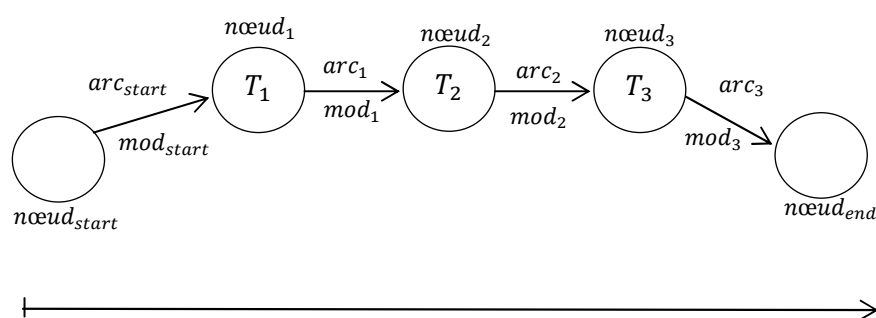


Figure 1 : Modèle d'une activité à base de graphes

Dans notre cas l'étude de la structure de l'espace exige de prendre en compte les fonctionnalités offertes par une ville. Dans cette section, nous proposons un modèle qui décrit les activités urbaines en prenant en compte le cadre spatio-temporel ainsi que différents profils d'utilisateurs. Une activité est définie comme un ensemble d'actions à accomplir par des individus dans un objectif précis (Kozulin, 1986). Une activité est modélisée comme un ensemble de nœuds qui peuvent être des POI fournissant des services particuliers. Nous prenons l'exemple d'une activité de tourisme où plusieurs types de POI peuvent intervenir. En première approche, nous considérons uniquement dans cette étude les activités se déroulant sur une journée.

La description d'une activité repose sur des étapes dont les transitions représentent des déplacements. Une activité est caractérisée par un point de départ et un point d'arrivée séparés par un ensemble de nœuds qui peuvent offrir un service particulier. Une activité est modélisée par une chaîne connectée notée  $act$  définie comme suit :

$$act = N_s, a_s^{m_s}, [N_i(T_i), a_i^{m_i}]^n, N_e$$

Où  $N_i$  est le nœud visité pendant l'intervalle de temps  $T_i$ ,  $a_i^{m_i}$  définit un segment,  $m$  est la modalité utilisée et  $n$  est le nombre d'itérations.

Les intervalles permettent de préciser le temps passé pour visiter un nœud. Lorsque ce nœud est un POI il s'agit du temps passé à utiliser le service disponible sinon il s'agit de pénalités d'intersection.

$N_s$  est le nœud de départ d'une activité,  $N_e$  est le nœud d'arrivée. Les points de départ et d'arrivée sont des positions particulières qui peuvent être un logement, un parking, une station de transport public etc. Cette position est considérée comme un nœud qui peut se connecter au graphe par projection orthogonale sur le segment le plus proche. Le temps pour réaliser une activité varie selon les types de modalité utilisés, le profil utilisateur sélectionné et les caractéristiques du réseau (la vitesse limite, les pénalités). Une activité varie selon le contexte spatio-temporel, le profil et l'environnement urbain.

La manière de réaliser une activité dépend en grande partie du profil de l'utilisateur. Un profil est défini à partir de plusieurs caractéristiques comme suivant :

$$p = (handicap, vitesse_{marche}, [modalite_i], duree_{max}, duree_{min})$$

Les paramètres qui définissent le profil sont :  $handicap$  est un Booléen qui précise la présence d'un handicap si  $handicap = 1$  ou pas si  $handicap = 0$ , la vitesse de marche  $vitesse_{marche}$  et  $k$  différents moyens de transport utilisables. De plus, un profil est défini par un intervalle temporel donnant les durées minimales  $duree_{min}$  et maximales  $duree_{max}$  d'activités.

Par exemple, soit un profil  $p_1$  représenté par  $p_1 = (0, 5km/h, [piéton], 2h, 4h)$ .  $p_2$  est un autre profil modélisé comme suit :  $p_2 = (1, 4km/h, [bus, tramway], 1h, 2h)$ .

Une activité dans un espace urbain permet de générer un ensemble d'itinéraires qui déterminent tous les chemins potentiels qui assurent l'activité. La génération d'itinéraires d'une activité est définie par une fonction qui prend en paramètres le type d'activité, le profil d'utilisateur et une ville spécifique:

$$\sum Itinéraires = f(act, p, v)$$

Où  $f$  est une fonction qui calcule l'ensemble des itinéraires respectant l'ensemble des contraintes pour un profil ( $p$ ) spécifique pour réaliser une activité ( $act$ ) dans une ville ( $v$ ) donnée.

La génération des itinéraires est assurée par un algorithme de parcours de graphes exhaustif qui explore le réseau urbain de manière à satisfaire les contraintes

temporelles, le profil des utilisateurs et la configuration urbaine. Les itinéraires générés pendant une activité permettent de caractériser le réseau de transport utilisé dans une situation donnée. Chaque situation est représentée par un réseau d'itinéraires qui modélise une activité particulière dans la ville. Les itinéraires générés à partir d'un profil et des POI de départ et d'arrivée spécifiés dans un intervalle de temps durant une activité donnée montrent la partie utilisée du réseau de transport. Une rue peut être évaluée par sa fréquence d'exploration pour exécuter une activité particulière.

#### 4. Expérimentation

Dans l'objectif d'étudier les itinéraires générés durant une activité donnée, nous prenons un cas d'étude appliqué sur la ville de Brest avec plusieurs activités exemples. Nous réalisons dans un premier temps l'acquisition des données urbaines de la ville et les modélisons sous forme de graphes. La deuxième étape est la génération et l'analyse des itinéraires des activités.

##### 4.1. Acquisition des données

La mise en œuvre et la validation de notre approche nécessite l'acquisition de données géographiques urbaines. Afin d'obtenir une grande source de données, nous avons opté pour l'utilisation de données libres. Dans un contexte géographique, l'émergence de l'information géographique volontaire (Volunteered Geographic Information VGI) (Goodchild, 2007) a créé un nouvel axe de recherche basé sur les projets collaboratifs. OpenStreetMap<sup>1</sup> (Coast, 2007) est l'un des exemples les plus réussis de projet VGI. Les données OSM offrent une base des données comprenant la structure urbaine, les POI disponibles et les différents réseaux de transport. Les données OpenStreetMap sont utilisées pour la création des graphes de transport des différentes villes étudiées. Plusieurs outils libres existent déjà pour la modélisation des graphes à partir d'une base de données OSM. Nous avons utilisé OSMOSIS<sup>2</sup> comme outil d'extraction et d'analyse des fichiers OSM et OSM2PO<sup>3</sup> pour le routage et la création des graphes.

##### 4.2. Génération des itinéraires

Dans un but d'exemple du modèle développé et afin de montrer le potentiel de l'approche nous présentons dans cette section quatre activités. Un premier cas

---

<sup>1</sup><http://www.openstreetmap.org/copyright/fr>

<sup>2</sup><http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis>

<sup>3</sup> <http://osm2po.de/>

d'étude de cette expérimentation est la découverte piétonne dans la ville. Cette activité consiste à naviguer dans la ville pendant une durée limitée qui varie dans notre étude entre une heure et deux heures. Il s'agit de l'activité la plus simple car elle n'impose pas de visite de *POI* particuliers, mis à part les points de départ et d'arrivée, mais elle sert de base à la génération d'itinéraires des autres activités piétonnes par un simple processus de filtrage des itinéraires qui permettent l'accès à des *POI* spécifiques. Les points de départ et d'arrivée pour la découverte piétonne sont les hôtels. La génération de ces itinéraires doit répondre à la question : Quels sont les itinéraires possibles pour une personne partant d'un hôtel quelconque, se déplaçant à pied pendant une ou deux heures ? L'algorithme 1 présente les différentes itérations de génération des itinéraires pour l'activité d'une découverte piétonne.

**Algorithme 1 : Génération des itinéraires de l'activité d'une découverte piétonne**

---

```

1. generatorItinerariesPedestrianDiscovery(City,  $POI_{depart/arrival}$ , Modality,
   DurationMax)
2: { // initialisation
3:   Duration  $\leftarrow 0$ 
4: ActItineraries  $\leftarrow \emptyset$ 
5: Itink  $\leftarrow \emptyset$ 
6:   if Duration == 0 then
7: //AccessibilityStreet() est une fonction qui retourne la rue la plus proche
8:   d'un nœud donné
9:   racce  $\leftarrow$  AccessibilityStreet(POI)
10:  // Neighbor() est une fonction qui cherche la rue voisine d'une rue donnée
11:  Rneighbor  $\leftarrow$  Neighbor(racce)
12:  // Explorer le graphe jusqu'à la durée maximale
13:  if not Visited then
14:    if Duration < DurationMax/2 then
15:      Explore(r);
16: Itink  $\leftarrow$  Itink  $\cup$  r;
17:   end
18:   Else
19: ActItineraries  $\leftarrow$  ActItineraries  $\cup$  Itink;
20:   Duration = 0;
21:   end
22:   Rneighbor  $\leftarrow$  Neighbor(r)
23:   end }

```

---

Une deuxième activité modélisée est celle consistant à se rendre dans un restaurant à partir d'un hôtel. Le temps passé dans le restaurant est évalué à une heure, la durée totale ne devant pas dépasser deux heures de temps. Une autre activité étudiée est une activité de tourisme avec la visite de *POI* touristiques avec la prise en compte de



l'activité *restaurant*. Le temps total de déplacement reste identique aux activités précédentes. La dernière activité s'intéresse aux activités de shopping, c'est-à-dire la visite de plusieurs magasins en un temps donné. Tout comme les autres activités elle s'appuie sur l'activité découverte piétonne avec la visite de POI particuliers ceux appartenant à la catégorie Shopping et Restauration. Les itinéraires générés de ces différentes activités sont assurés par l'algorithme 2 pour le filtrage des itinéraires qui permettent une activité particulière.

---

**Algorithme 2 : Filtrage des itinéraires correspondant à une activité particulière**

---

```

1: ExtractionActivityItinerarie(ActItineraries, act)
2:   { Itineraryact ← ∅
3:   foreach iti ∈ ActItineraries do
4:     foreach r ∈ iti do
5:       // rpassThrough(POI,r) retourne vrai si la rue permet l'accessibilité à un POI donné
6:       // ActivityProvided() est la fonction qui retourne le type de l'activité offerte par
7:       un POI
8:       If rpassThrough(POI) and ActivityProvided(POI) ==
9:         Activity then
10:           Itineraryact ← Itineraryact ∪ iti
11:         end
12:       end
13:     end }

```

---

### 4.3. Résultats

Afin d'appliquer la génération d'itinéraires pour différentes activités d'un touriste, nous choisissons la ville de Brest. Brest est une ville côtière située au nord-ouest de la France habitée de l'ordre de 140 000 personnes. OpenStreetMap couvre correctement la ville de Brest de telle sorte que l'ensemble des réseaux de transport ainsi que les POI sont disponibles. L'algorithme utilisé pour la génération des itinéraires est un parcours de graphes respectant certaines contraintes (durée, aucun cycle, ...) permettant d'obtenir l'ensemble des rues possiblement explorées pendant une activité. D'après une étude publiée dans (Gates, 2006), la vitesse de déplacement d'un piéton varie selon plusieurs critères comme l'âge, le handicap et la présence d'enfants. L'étude appliquée sur 1947 personnes montre qu'un individu âgé de moins de 65 ans marche à une vitesse moyenne de 5,25 km/h alors que la vitesse d'un individu âgé de plus que 65 ans ou qui est accompagné d'enfants est de l'ordre de 4,25 km/h. Ces deux vitesses seront utilisées dans notre étude car elles correspondent à des profils différents. Les figures 2, 3, 4, 5 montrent les itinéraires

générés pour les différentes activités selon ces deux profils différents. Le tableau 1 montre les analyses statistiques sur les différents réseaux d'un point de vue métrique et quantitatif.

Une balade urbaine piétonne est caractérisée par l'absence des contraintes sur les types de POI explorés entre le point de départ et le point d'arrivée. Les itinéraires générés par un profil piéton à partir des hôtels pour une durée d'une heure construisent un réseau connecté qui couvre 46% de réseau routier de Brest. En revanche, une déconnection est constatée pour le réseau généré par un piéton à mobilité réduite.

Contraintes :  $N_s, N_e \in \{\text{hôtel}\}$   $m_i = \{\text{piéton}\}$

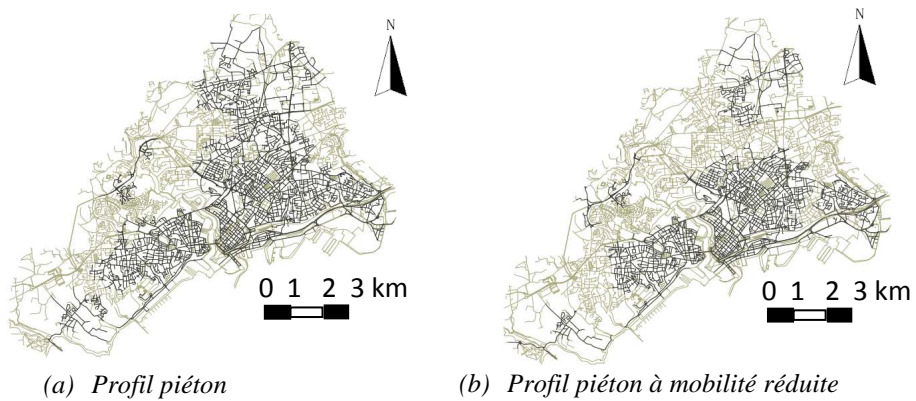


Figure 2 : L'activité balade urbaine

Contraintes :  $\exists r \in [0, k], N_r \in \{\text{Restaurant}\}, \exists i \in [0, k], N_i \in \{\text{Tourisme}\}, \exists j \in [0, k], N_j \in \{\text{Tourisme}\}, i \neq j$

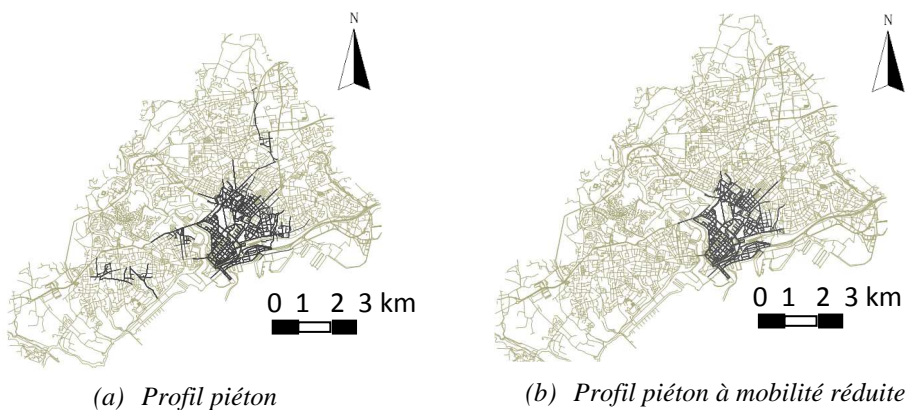


Figure 3 : L'activité Tourisme

Contraintes :  $\exists r \in [0, k], N_r \in \{\text{Restaurant}\}, T_r = [t_r, t_r + 1h]$

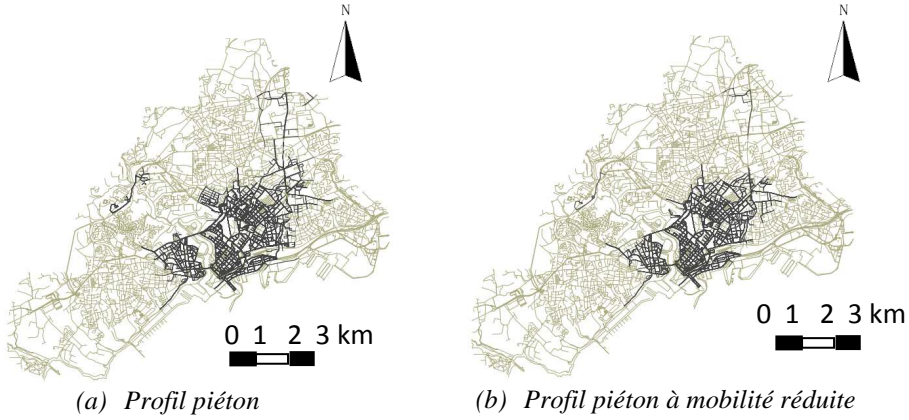


Figure 4 : L'activité Restaurant

Contraintes :  $\exists i \in [0, k], N_i \in \{\text{Shopping}\}$

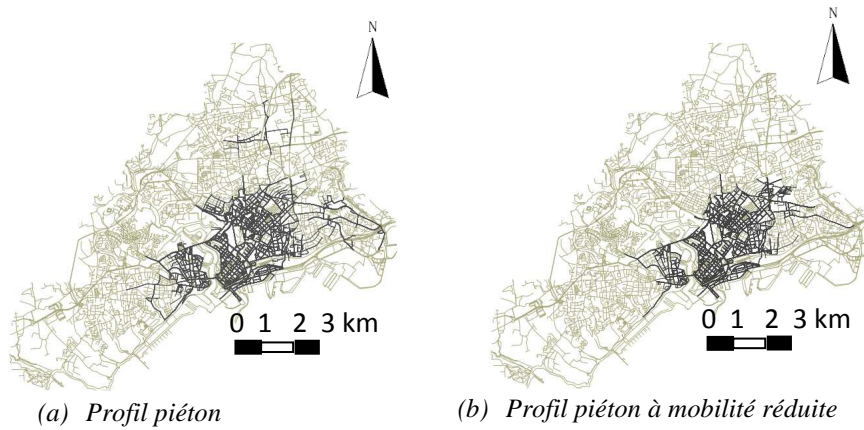


Figure 5 : L'activité shopping

L'activité de tourisme génère un réseau déconnecté pour un piéton couvrant 13% de réseau routier de Brest. Une forte densité des itinéraires touristiques est concentrée dans le centre-ville. La faible couverture de l'activité de tourisme par rapport aux autres activités peut être expliquée par le faible nombre de POI utilisés par l'activité de tourisme. Les réseaux de l'activité shopping et de l'activité restauration se ressemblent beaucoup du point de vue spatial ce qui donne à penser que ces deux activités sont liées. Pour le profil piéton, les réseaux sont déconnectés et couvrent entre 19 % et 20% des rues. Cependant, les réseaux générés par un piéton à mobilité réduite sont plus connectés et parcourent 16% des rues.

### 5. Conclusion

La modélisation des activités urbaines dépend de plusieurs facteurs humains et temporels. Le modèle conceptuel et logique proposé dans cet article prend en compte certains contextes ayant une influence sur le déroulement d'une activité quelconque tels que la durée de l'activité, la mobilité et la modalité de l'individu. Les itinéraires générés durant une activité permettent de présenter la ville à partir d'une approche exploratoire qui dépend du profil des individus et des durées possibles pour la réalisation d'activités. L'algorithme de génération proposé est basé sur des techniques d'exploration des graphes qui consistent en première étape à générer tous les itinéraires possibles pour un piéton de procéder ensuite à l'étape de filtrage pour sélectionner les itinéraires correspondant à une activité particulière. Le cas d'étude appliqué sur la ville de Brest pour analyser un ensemble d'activités illustre une variabilité dans le réseau utilisé selon les fonctions demandées. Chaque activité possède un réseau support différent qui se superpose avec les réseaux des autres activités.

Tableau 1. Une analyse de couverture des itinéraires pour les activités piétonne

Activité	Nombre de POI (OSM)	Piéton		Piéton à mobilité réduite	
		Nombre de segments parcourus	Longueur de rues parcourues	Nombre de segments parcourus	Longueur de rues parcourues
<b>Balade urbaine</b>	0	46,42%	41,14%	37,6%	32,03%
<b>Tourisme</b>	30	13,85%	11,8%	9,64%	7,8%
<b>Shopping</b>	413	20,28%	18,33%	16,55%	14,23%
<b>Restaurant</b>	173	19,95%	17,9%	16,4%	14,23%

Les perspectives de notre travail consistent à définir des activités précises en utilisant des approches de fouilles de données sur des enquêtes de mobilité telles que réalisées dans (ENTD, 2008). Les réseaux sociaux peuvent également être une source d'information sur le déroulement des activités. L'analyse spatiale de chaque réseau, basée principalement sur la syntaxe spatiale, devrait permettre de renforcer la prise en compte de la structure urbaine de la ville. Les réseaux générés pourront être utilisés afin de produire de nouveaux opérateurs de syntaxe spatiale au sein d'une plateforme intégrée. L'objectif final étant de pouvoir analyser un réseau urbain sous différents angles telles que les activités possibles.

### Bibliographie

- Arnold P., Peeters D., Thomas I. (2004), Modelling a rail/road intermodal transportation system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(3), 255-270.
- Batty M. (2009). *Urban modeling*. International Encyclopedia of Human Geography. Oxford, UK: Elsevier.
- Chen J., Shaw S. L., Yu H., Lu F., Chai Y., Jia Q. (2011), Exploratory data analysis of activity diary data: a space-time GIS approach. *Journal of Transport Geography*, 19(3), 394-404.
- Chen S., Tan J., Claramunt C., Ray C. (2011), Multi-scale and multi-modal GIS-T data model. *Journal of Transport Geography*, 19(1), 147-161.
- Coast S. (2007), OpenStreetMap. In *Workshop on Volunteered Geographic Information*.
- Di Bitonto P., Di Tria F., Laterza M., Roselli T., Rossano V., Tangorra F. (2010). Automated generation of itineraries in recommender systems for tourism (pp. 498-508). Springer Berlin Heidelberg.
- ENTD Enquête nationale transports et déplacements, (2008), <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1543/139/enquete-nationale-transports-deplacements-entd-2008.html>
- Fedra, K. (1999). Urban environmental management: monitoring, GIS, and modeling. *Computers, environment and urban systems*, 23(6), 443-457.
- Frihida A., Marceau D. J., Thériault M. (2004). Development of a temporal extension to query travel behavior time paths using an object-oriented GIS. *GeoInformatica*, 8(3), 211-235.
- Jguirim I., Brosset D., Claramunt, C. *Functional and Structural Analysis of an Urban Space Extended from Space Syntax*, GIScience 2014
- Gates T. J., Noyce D. A., Bill A. R., Van Ee N. (2006). Recommended walking speeds for pedestrian clearance timing based on pedestrian characteristics. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1982), 38-47.
- Gleyze J. F. (2001), Réseaux, Territoires et Accessibilité, rapport technique non publié.
- Goodchild M. F. (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221.
- Groff E. R. (2007). Simulation for theory testing and experimentation: An example using routine activity theory and street robbery. *Journal of Quantitative Criminology*, 23(2), 75-103.
- Hamaina R., Leduc T., Moreau G. (2012). Caractérisation des tissus urbains à partir de l'analyse structurelle des réseaux viaires. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- Hillman, R., & Pool, G. (1997). GIS-based innovations for modelling public transport accessibility. *Traffic engineering & control*, 38(10), 554-559.
- Hudson-Smith A., Batty M., Crooks A., Milton R. (2009). Mapping for the masses accessing

- Web 2.0 through crowdsourcing. *Social science computer review*, 27(4), 524-538.
- Jiang B., Claramunt C. (2004). Topological analysis of urban street networks. *Environment and Planning B*, 31(1), 151-162.
- Kofod-Petersen A., Aamodt A. (2006). Contextualised ambient intelligence through case-based reasoning. In *Advances in case-based reasoning* (pp. 211-225). Springer Berlin Heidelberg.
- Kozulin A. (1986). The concept of activity in Soviet psychology: Vygotsky, his disciples and critics. *American psychologist*, 41(3), 264.
- Lorenz B., Ohlbach H. J., Yang L. (2005). Ontology of transportation networks.