

# Visualisations animées pour l'exploration des trajectoires individuelles de mobilité : guider l'intuition dans l'analyse de données complexes

*Laure Charleux, Sonia Chardonnel*

UMR 5194 PACTE-Territoires, CNRS/ UJF-UMPF-IEP Grenoble  
14 bis avenue Marie Reynoard – 38100 Grenoble, France  
[laure.charleux@ujf-grenoble.fr](mailto:laure.charleux@ujf-grenoble.fr)  
[sonia.chardonnel@ujf-grenoble.fr](mailto:sonia.chardonnel@ujf-grenoble.fr)

## MOTS - CLÉS

Analyse exploratoire  
Géovisualisation  
Cartographie animée  
Mobilité  
SVG

## RÉSUMÉ

Dans une démarche d'étude des mobilités quotidiennes à partir d'une enquête massive, le besoin d'un outil de visualisation dynamique des trajectoires individuelles est apparu. Cet article expose comment nous avons construit un outil générant des animations SVG à partir des chaînes de déplacements des individus. Nous proposons ensuite une exploitation de cet outil pour guider la création de descripteurs des trajectoires individuelles de mobilité et montrons que la démarche est pertinente d'un point de vue géographique. Nous concluons sur les perspectives de travail exploratoire ouvertes par cet outil, en vue de la compréhension des caractéristiques fines des pratiques socio-territoriales liées aux mobilités individuelles.

## KEY WORDS

Exploratory analysis  
Geovisualization  
Animated  
cartography  
Mobility  
SVG

## ABSTRACT

**Dynamic visualization to explore individual trajectories of mobility: leading the intuition in complex data analysis**

The need for a tool providing dynamic visualization of individual trajectories arose through investigations of daily mobility behaviours based on an extensive survey. This article explains how we built a tool that generates SVG animations from trip chaining data. We then propose to use these visualizations as guides for the design of descriptive indicators of individual trajectories, and we demonstrate that this method is relevant for geographical purposes. We conclude by looking at prospects for exploratory work opened up by this tool, aiming at a better understanding of fine properties of socio-spatial practices of individuals based on mobility data.

## 1. Introduction

Les pratiques de mobilité quotidienne et les déplacements qu'elles induisent dans la ville permettent aux individus d'accomplir l'ensemble des tâches qu'ils ont à réaliser une journée donnée, souvent en coordination spatio-temporelle avec d'autres personnes. Au niveau individuel, la mobilité est ambivalente : entre moyen d'émancipation permettant l'accès aux ressources du territoire, contrainte onéreuse ou chronophage ou obstacle

insurmontable, sa perception varie selon le contexte propre à chaque individu. Au niveau collectif, la fourmière urbaine, expression du fonctionnement des territoires métropolitains, est la résultante des déplacements que les individus choisissent/peuvent /sont contraints d'accomplir. Il y a donc un intérêt crucial à comprendre les ressorts de la mobilité au niveau individuel pour pouvoir modéliser, prévoir et agir sur les dynamiques du peuplement.

Nous sommes donc engagées depuis plusieurs années dans une démarche de recherche fondamentale autour de la mise au point de méthodes

permettant l'analyse secondaire des enquêtes standard CERTU (Enquêtes Ménages et Déplacements), en exploitant l'information qu'elles contiennent sur les caractéristiques sociales des individus et leurs activités. Plusieurs approches analytiques à une échelle très agrégée ont déjà été expérimentées et leurs limites nous ont conduites à vouloir également travailler sur des descripteurs des trajectoires spatio-temporelles des individus, des indicateurs rendant compte des caractéristiques fines des pratiques de mobilité. Nous avons alors buté sur la masse des données à notre disposition, qui se prêtaient fort bien aux méthodes statistiques globales que nous avons jusque là mises en œuvre, mais que nous ne savions par quel bout prendre dès lors que nous voulions les analyser à partir des individus. Et nous avons alors envisagé d'avoir recours à la visualisation des trajectoires individuelles pour guider notre exploration.

Cet article commence donc par retracer comment nos premiers travaux sur l'Enquête-Ménages-Déplacements de Grenoble nous ont conduites à vouloir disposer d'un outil de visualisation interactif et animé des trajectoires individuelles de mobilité. La deuxième partie explicite notre position par rapport aux travaux récents sur la géovisualisation de données de mobilité ainsi que les raisons qui nous ont poussées à développer notre outil nous-mêmes, grâce à un choix technique extrêmement économique en moyens. Cette technique est exposée en détail dans la troisième partie, car nous pensons que sa simplicité peut intéresser tout chercheur désireux de créer une visualisation spécifique de ses données, sans disposer pour autant de moyens ou de compétences informatiques importants. La quatrième partie propose et expose ensuite une démarche d'exploration des trajectoires individuelles de mobilité à partir des visualisations générées, puis la dernière partie dresse un programme de travail possible.

---

## **2. D'une étude englobante des pratiques de mobilité au besoin d'indicateurs descriptifs fins des trajectoires des individus**

### ***2.1. La mobilité : un bien intermédiaire pour les activités quotidiennes***

La mobilité quotidienne a souvent été analysée à travers la question de l'accès à l'emploi, en s'appuyant notamment sur les données exhaustives de l'INSEE (navettes domicile-travail). Ces études ont permis de montrer comment le territoire et son armature structurent les flux entre les lieux de résidence et les lieux d'activité et comment, en

retour, les flux contribuent à la constitution de centralités et de hiérarchies urbaines (Berroir *et al.*, 2008). Dans ces travaux, les déplacements sont utilisés de manière agrégée (l'indicateur de mesure étant l'intensité d'un flux entre deux points) et visent à comprendre les dynamiques urbaines.

D'autres études s'attachent à décrire les pratiques de déplacements et à en expliquer les évolutions. Les sources d'information sont des enquêtes nationales (Enquête Nationale Transports) ou locales (Enquêtes Ménages et Déplacements) standardisées, qui décrivent l'ensemble des déplacements d'une ou plusieurs personnes d'un échantillon de ménages au cours d'une journée (veille de l'enquête). Les indicateurs produits dans ce cas mesurent le niveau d'équipement des ménages (nombre de véhicules, accès à l'offre de transport, permis de conduire...), estiment le nombre de déplacements (par motif et par mode de transport), les distances parcourues, les coûts de transport. Le déplacement est ici décrit par les différents attributs qui le définissent.

Une troisième approche complète la connaissance sur les mobilités quotidiennes. Elle repose sur la description des chaînes de déplacements et d'activités des individus et vise à décrire l'organisation spatiale et temporelle de ces mouvements. La mobilité quotidienne n'est plus ainsi définie sous le seul prisme du déplacement (ou du flux), mais elle est replacée dans le contexte quotidien des individus qui doivent organiser leurs activités en « naviguant » entre besoins et ressources, opportunités et contraintes. La mobilité est conçue comme un bien intermédiaire pour les activités quotidiennes localisées. L'objet évalué est alors le programme d'activités dans lequel le déplacement compte comme toutes les autres activités qui composent l'emploi du temps. La localisation géographique des activités permet en outre de spatialiser ces emplois du temps.

Nos choix de recherche s'inscrivent clairement dans cette troisième approche, avec la particularité, alors que cette approche est généralement mise en œuvre à partir d'enquêtes spécifiques de type « carnet de bord » sur de petits échantillons, de vouloir montrer comment il est possible de produire des éléments de mesure pertinents pour caractériser des emplois du temps et de l'espace à partir des « grosses » enquêtes standards sur les déplacements.

### ***2.2. Une première approche d'enquête de masse : l'approche typologique globale, apports et limites***

Afin d'aborder la mobilité comme bien intermédiaire des activités, nous pensons que l'enquête ménages et déplacements présente

plusieurs avantages. Elle décrit les situations économiques (emploi), sociales et démographiques (âge, situation familiale) de tous les membres des ménages retenus dans l'échantillon. Elle retrace la chaîne de déplacements (ensemble des déplacements ordonnés dans le temps – horaires – et dans l'espace – zones origine-destination) de chaque personne du ménage (de plus de cinq ans) en précisant le mode et surtout le motif de chaque déplacement. De ce fait, il est possible de reconstituer *a posteriori* des programmes d'activités en considérant chaque motif entre deux déplacements comme une activité de l'emploi du temps. Enfin, observant tous les membres d'un même ménage, elle permet de regarder les formes de coordination qui rendent compte des différents systèmes de mobilité à l'œuvre.

Nous avons donc choisi de travailler à partir de l'enquête ménages et déplacements de la région urbaine de Grenoble datant de 2002 (SMTC-INSEE – Enquête ménages déplacements 2002 sur la région grenobloise).

Lors de nos premiers travaux, nous avons cherché à découvrir de nouvelles catégories d'interprétation basées sur les caractéristiques et les pratiques des individus définies par des descripteurs tels que : les caractéristiques sociales et économiques des individus, les budgets-temps accordés aux activités observées dans la chaîne des déplacements, le nombre de communes fréquentées, les propriétés géographiques et institutionnelles des territoires fréquentés. Il s'agit donc d'embrasser d'un seul coup un grand nombre de variables de natures différentes, représentant la diversité des dimensions impliquées dans la mobilité des individus. Une analyse exploratoire multivariée des données (analyse des correspondances multiples, puis classification ascendante hiérarchique) nous a permis de positionner ces variables de manière relative les unes par rapport aux autres et de dégager des profils-types d'emplois du temps et de l'espace quotidiens, dont l'interprétation se base sur les modalités les plus saillantes de la classification. Nous avons ainsi défini des catégories de journées individuelles se distinguant par les poids (en temps) différents accordés aux activités professionnelles, aux activités domestiques et familiales et aux usages plus ou moins intensifs des déplacements entre les différents espaces de vie (André-Poyaud *et al.*, 2008 ; Tabaka, 2009).

Il ressort que la position dans le cycle de vie explique en grande part les comportements, dans la mesure où les activités des jeunes parents actifs sont nombreuses et induisent un fort besoin en déplacements, alors que les actifs en fin de carrière ou même les retraités, libérés des contraintes

familiales, modèrent leurs déplacements. L'activité professionnelle est aussi discriminante puisque son absence (chômage) rend les populations concernées moins mobiles et moins prises par d'autres activités (sauf en présence de jeunes enfants dans la famille). La spatialisation de ces catégories complète l'analyse puisque nous montrons, par exemple, la concentration des activités des habitants des centres urbains autour de quelques zones/communes centrales, alors que les habitants des espaces périurbains naviguent entre zones périphériques et zones centrales.

Cette première approche nous permet de montrer comment les programmes d'activités journaliers des individus conditionnent leurs mobilités. La variété des paramètres combinés dans l'analyse met en évidence deux niveaux de facteurs discriminants : ceux relevant des contextes sociaux (genre, cycle de vie/âge, insertion économique) et ceux relevant des contextes spatiaux (types de tissus urbains et d'offre spatialisée).

Pour autant, le choix d'une sélection nombreuse de variables oblige à réduire chaque paramètre à l'expression simple d'un indicateur très synthétique (nombre de déplacements par personne, budget-temps des activités...). Du coup, nous perdons dans cette analyse plusieurs dimensions très importantes de l'approche de la mobilité par les activités : le déroulement temporel des activités et leur ordre séquentiel d'une part, et les caractéristiques de la trajectoire spatiale d'autre part.

### ***2.3. Nécessité persistante et difficulté de construction de descripteurs fins des trajectoires des individus***

Lever les limites de cette première analyse nécessite d'adopter une autre stratégie, afin de mieux cerner la réalité de chacun des comportements-types repérés, de déterminer des tendances potentiellement émergentes dans la diversité des comportements singuliers, de comprendre l'influence des territoires sur les caractéristiques fines des pratiques de mobilité.

Concrètement, ce nouveau temps d'analyse devra reposer sur une série d'indicateurs décrivant des caractéristiques très ciblées des trajectoires des individus, indicateurs dont la pertinence pourra être établie à l'aide de tests statistiques. La véritable difficulté réside donc dans la conception des indicateurs à compiler, car une infinité sont imaginables et une minorité seront pertinents dans des cadres bien spécifiques. Et les indicateurs pertinents seront d'autant plus intéressants qu'ils ne seront pas le fruit de l'intuition *a priori* du chercheur, fût-elle guidée par son savoir antérieur,

mais émergeront de l'observation des données elles-mêmes.

Il s'ensuit un enjeu méthodologique consistant à imaginer et développer des procédures d'analyse et de représentation permettant d'explorer de manière interactive les trajectoires spatio-temporelles, du niveau individuel lorsqu'il s'agit de décrire finement les chaînes d'activités et de déplacements, au niveau du groupe lorsqu'il s'agit de comprendre les dynamiques territoriales.

---

### 3. La géovisualisation des trajectoires individuelles pour guider l'intuition du chercheur : d'un état de l'art au choix d'élaborer un outil simple et versatile.

Le principal obstacle étant la nature « foisonnante » des données de mobilité individuelles, nous formulons l'hypothèse de l'utilité d'une géovisualisation animée des trajectoires individuelles (seules ou en groupe), capable d'offrir à l'oeil à la fois leurs caractéristiques spatiales, temporelles ainsi que des indications sur la nature des activités pratiquées et des modes de transport utilisés.

#### 3.1. Les apports de la visualisation scientifique

Nous suivons ainsi les recherches qui montrent l'intérêt heuristique de la visualisation scientifique qui « aide à penser » et permet de montrer les relations complexes sous-jacentes aux systèmes spatiaux.

La cartographie porte très tôt le projet de guider l'intuition du chercheur par la représentation graphique des données. Plus spécifiquement, la représentation spatio-temporelle des objets géographiques a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont permis de définir les composantes formelles du changement et/ou du mouvement dans l'espace et dans le temps (Cauvin *et al.*, 2008). Parallèlement au développement des techniques informatiques, les techniques de visualisation sont enrichies par l'animation et l'interactivité.

C'est ainsi que Josselin et Fabrikant exposent en 2003 une série de recherches déjà engagées dans la voie d'une représentation cartographique intégrant le mouvement (la « cartactive ») pour mieux restituer les processus spatiaux et faciliter l'aide à la décision. Animation et interactivité sont présentées comme des dimensions supplémentaires données à plusieurs disciplines (cartographie, géographie, géomatique) qui partagent le projet commun d'améliorer leurs outils d'expertise et de communication.

Dans un article de synthèse, Antoni *et al.* (2004) montrent comment ce champ de recherche actif depuis la fin des années 80 a produit des outils et des nouvelles cartographies, basées sur le principe de l'exploration des données d'une part, et l'interactivité multimédia d'autre part. Leur propos, illustré par des expériences variées tirées de la littérature, consiste à appuyer l'idée que cette démarche sert tout à la fois aux chercheurs à enrichir leur compréhension des phénomènes complexes et à communiquer plus efficacement sur les résultats des analyses.

#### 3.2. Les propositions de visualisations de trajectoires individuelles de mobilité existantes et leur inadéquation à nos besoins

La question de la représentation des trajectoires individuelles de mobilité a déjà été défrichée par plusieurs équipes. Deux grands types d'approches dominant, qui divergent quant à leur traitement du temps.

Un premier groupe d'auteurs traite le temps comme une troisième coordonnée sur un axe Z. C'est par exemple le cas de Kwan (2000)<sup>1</sup>, Kraak (2003), Klein (2007), ou même Cochey et Tabaka (2007) qui utilisent précisément les données d'enquêtes ménages et déplacements. Ce type de représentation est dérivé des concepts de la Time-Geography : ce sont des mises en œuvre de « l'aquarium spatio-temporel » (Hägerstrand, 1970), qui cherchait à répondre à la nécessité d'une représentation heuristique permettant de penser le temps au même titre que l'espace pour mieux analyser les situations quotidiennes. Outre la perte de lisibilité lorsque le nombre et la longueur des trajectoires augmentent – problème qui touche également d'autres types de visualisation – la distorsion de l'espace induite par la perspective peut gêner considérablement l'exploration des données, par la perte de perception des localisations (notre expérience, empirique et informelle, est que les personnes ont des capacités très inégales à travailler avec ce type de représentation).

Profitant du développement des possibilités d'animation informatique, d'autres auteurs ont travaillé sur des modes de représentation animés : le temps des trajectoires est alors converti en temps d'animation.

Frihida *et al.* (2003) ont réalisé un travail pionnier en implémentant un modèle de données relatif à une enquête Origine-Destination québécoise dans le logiciel Smallword GIS™ puis en développant un

---

<sup>1</sup> Des images des *space-time paths* de Mei-Po Kwan sont disponibles en ligne : <http://geog-www.sbs.ohio-state.edu/faculty/mkwan/Gallery/STPaths.htm>.

moteur de requête spatio-temporel et une interface de requête spatio-temporelle et d'animation cartographique en langage Visual Basic™. Les déplacements sont représentés par des lignes tracées graduellement le long du réseau emprunté, à une vitesse fonction du mode de déplacement, et les lieux d'activités sont représentés par des symboles ponctuels fixes. Pour inspirante qu'elle soit, nous ne pouvons reproduire cette démarche, du fait de l'importance des moyens à mettre en œuvre d'une part, et du fait du caractère relativement « stylisé » des données des enquêtes ménages et déplacements françaises (EMD) par rapport aux données des enquêtes origines-destinations (enquêtes O-D) québécoises : les localisations ne sont pas connues à un niveau de résolution fin mais ramenées à des « zones origine-destination » trop vastes pour qu'on puisse ensuite inférer le déploiement des déplacements sur des réseaux de manière véridique.

Correspondent plus à la nature de nos données les animations plus simples mises en œuvre par Françoise Bahoken *et al.* (2007) ou Armelle Kaufmant, illustrant un article de Raffaele Poli (2007)<sup>2</sup>, qui choisissent, dans l'univers du dessin plutôt que celui du SIG, de représenter les déplacements par des segments de droite se déployant entre les coordonnées de départ et d'arrivée, et les stations par des cercles de superficie proportionnelle au temps passé à un endroit donné. Ce type de représentation pourrait nous convenir, mais ces deux animations ont toutefois été réalisées « à la main » dans le logiciel Adobe Flash™ : chaque ligne et cercle ont été tracés par le dessinateur, qui a également paramétré les propriétés de leur animation. Cette procédure n'est évidemment pas envisageable lorsqu'il s'agit de représenter des milliers de trajectoires dont on voudrait visualiser des sous-groupes de manière interactive : il faut pouvoir automatiser le dessin des trajectoires à partir de la base de données.

### **3.3. Positionnement de notre démarche et choix techniques**

Cette revue de travaux significatifs de géovisualisation de données de mobilité nous a permis de repérer le type de visualisation dont nous souhaiterions pouvoir disposer, mais pas de trouver un outil disponible permettant de visualiser interactivement les trajectoires animées des individus à partir des matrices de déplacements issues des EMD. Pour autant nous tenons à

expérimenter l'usage exploratoire d'une telle visualisation de nos données avec deux objectifs. Le premier objectif immédiat est bien entendu de progresser rapidement dans l'exploitation des données issues des EMD. Le second objectif est à plus long terme : il s'agit de vérifier l'utilité de ce type de visualisation en vue de son implémentation, le cas échéant, dans une adaptation aux données de mobilité de l'outil de modélisation spatio-temporelle GenGHIS, développé par l'équipe STEAMER du Laboratoire d'Informatique de Grenoble – LIG (Moisuc *et al.*, 2005).

Nous nous trouvons alors dans une situation de recherche qui tient de la quadrature du cercle mais qui n'est sans doute pas rare : comme chercheuses thématiques nous pressentons qu'une visualisation particulière pourrait nous être utile mais nous ne disposons pas de moyens informatiques pour la développer, moyens que nous pourrions sans doute mobiliser si nous avions plus de certitudes sur le pouvoir heuristique de la visualisation, certitudes qui ne pourraient être établies que si nous pouvions expérimenter la visualisation... Cette situation peut s'avérer bloquante, sauf à trouver des expédients économiques pour réaliser des essais « de fortune ».

Dans le cas qui nous concerne, nous voulons obtenir des représentations animées des trajectoires individuelles de mobilité telles que celles produites par Françoise Bahoken *et al.* ou Armelle Kaufmant (*cf. supra*), mais générées automatiquement. Une telle automatisation est possible sous Flash™, moyennant toutefois des compétences spécifiques. On peut en effet programmer des animations Flash™ en utilisant le langage Flash ActionScript™, dérivé de JavaScript. Ces animations peuvent être paramétrées d'après des informations tirées d'une base de données, le plus simple étant d'utiliser PHP pour interroger une base MySQL et fournir un code XML interprétable par ActionScript. Cette solution présente donc un degré de technicité assez élevé, exige le formatage de la base de données en MySQL, ainsi que l'acquisition du logiciel Flash™. Elle ne constitue donc pas un « expédient économique ».

Nous nous sommes donc orientées vers une solution développable à partir du format libre SVG (scalable vector graphic), qui aboutit à un résultat moins « propre » que ce qui aurait été obtenu avec Flash, mais qui permet de ne pas avoir à acheter de logiciel d'animation, d'utiliser le logiciel de calcul dont nous nous servons habituellement pour manipuler et étudier nos données et de n'avoir à apprendre que quelques « phrases » de code informatique. Cette solution nous a permis de faire sauter un verrou méthodologique et, dans la mesure où nous pensons qu'elle pourrait être utile à d'autres, nous la détaillons dans la partie suivante.

<sup>2</sup> L'article de Poli et ses illustrations sont en ligne sur <http://mappemonde.mgm.fr/num16/articles/art07401.html>. Armelle Kaufmant revient sur la création de cette animation sur son blog : <http://blog.mondediplo.net/2008-01-17-Les-joueurs-africains-revent-d-Angleterre>.

---

### 3. Une méthode à la portée du profane en informatique pour la construction d'un outil de visualisation *ad hoc* : le couplage Octave/SVG

Le SVG est un format de dessin vectoriel ouvert, spécifié par le *World Wide Web Consortium* et basé sur XML. Outre le fait qu'il peut être édité – et donc généré – en mode textuel XML, ce format a l'énorme intérêt d'incorporer des fonctions d'animation. Par exemple, on peut créer un cercle jaune passant progressivement d'un rayon nul au début de l'animation à un rayon 10 au bout de 5 secondes, en écrivant le code suivant :

```
<circle cx="50" cy="50"
stroke="rgb(100%,100%,0%)">
<animate attributeName="r"
attributeType="XML"
begin="0s" dur="5s" fill="freeze"
from="0" to="10"/>
</circle>
```

Dès lors, automatiser la génération d'images animées correspondant à des trajectoires individuelles de mobilité ne requiert plus que de programmer un script capable de renseigner les variables du code SVG (en gras) à partir de l'information contenue dans la base de données (par exemple ici renseigner le rayon final du cercle à partir de la durée de la station qu'il représente).

Or les données de l'EMD 2002 de Grenoble avaient déjà été portées sous le logiciel de calcul Octave, équivalent libre de Matlab, afin d'effectuer des manipulations et des calculs que ne permettaient pas les logiciels statistiques usuels, moins souples. Le langage de haut-niveau Octave, très simple d'accès, permet à la fois d'effectuer des requêtes, des calculs et de manipuler du texte. C'est donc par pur pragmatisme que nous avons choisi de programmer sur Octave la génération automatique de code SVG, dans une fonction baptisée *AnTrav*<sup>3</sup>. La même démarche pourrait toutefois être entreprise à partir d'autres logiciels présentant ces mêmes propriétés.

#### 3.1. Fonctionnement pratique du couplage Octave/SVG

Dans la pratique, l'utilisateur n'a qu'une ligne de commande à écrire dans Octave pour obtenir un fichier SVG en sortie. Il s'agit de l'appel de la fonction *AnTrav*, dûment paramétrée :

```
AnTrav(Individuals, Start, End, DC, DR,
DT, Filename)
où :
```

---

<sup>3</sup> La fonction et son mode d'emploi sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

– *Individuals* est la liste des codes des individus dont il faut représenter les trajectoires ;

– *Start* indique l'horaire à partir duquel représenter les trajectoires ;

– *End* indique l'horaire jusqu'auquel représenter les trajectoires ;

– *DC* paramètre la portée du décalage spatial affecté à chaque individu par rapport aux coordonnées de ses localisations successives, de sorte que des individus présents à la même adresse ou dans la même zone d'enquête ne se superposent pas dans la visualisation ;

– *DR* permet de paramétrer la taille des cercles représentant les activités en fixant la taille du cercle représentant l'activité la plus longue du jeu de données représentées ;

– *DT* permet définir la durée de l'animation ;

– *Filename* est le nom du fichier SVG à créer.

Octave fait alors appel à plusieurs types de fichiers pour créer la visualisation SVG :

– un ensemble de fichiers de données préalablement formatées par l'utilisateur (en texte tabulé), dont les plus importants sont la matrice de déplacements (une ligne pour chaque déplacement effectué par un individu) et le fichier des coordonnées des origines et destinations contenues dans la matrice de déplacements (centroïdes de zones dans notre cas, mais il pourrait s'agir d'adresses) ;

– un fichier auxiliaire fourni avec la fonction (*AnTrav\_SvgThreads.txt*), formaté en « tableau cellulaire » et contenant des fragments de codes SVG « à trous ». Les « trous » correspondent aux variables dont les valeurs sont calculées par la fonction d'après les données à représenter ;

– le fichier fonction lui-même (*AnTrav.m*), qui contient les procédures permettant de lire les données utilisateur, d'en déduire les valeurs de l'animation, de piocher dans le fichier auxiliaire les fragments de code SVG adéquats et d'en renseigner les variables d'animation avec les valeurs calculées, pour enfin mettre bout à bout tous ces fragments et écrire le fichier SVG final.



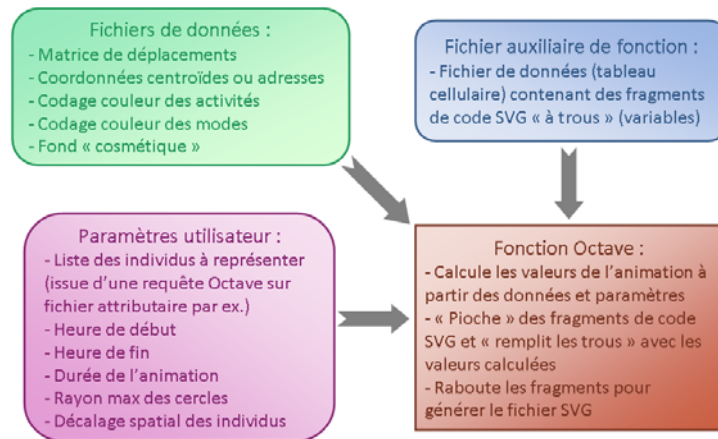


Figure 1. Schéma de fonctionnement de la fonction Octave générant automatiquement une visualisation animée de trajectoires individuelles en format SVG

### 3.2. Le mode de visualisation choisi, en détails

À l'instar de nos prédécesseurs, nous avons opté pour un mode de représentation « lignes-cercles » relativement intuitif, où les déplacements des individus sont rendus par des segments de droite entre leur origine et leur destination, et leurs stations par des cercles de taille proportionnelle à leur durée (il serait possible de modifier la fonction pour visualiser les déplacements par leurs traces GPS si elles étaient disponibles). Le temps de la journée est rendu par le temps de l'animation : les segments s'allongent de l'origine à la destination pendant une durée d'animation proportionnelle à la durée du déplacement, et les cercles s'élargissent d'une superficie nulle à leur superficie finale pendant une durée d'animation proportionnelle à la durée de la station<sup>4</sup>. Nous avons en outre rendu le type d'activité pratiquée lors des stations et le mode des déplacements par deux codes-couleur, affectés respectivement aux cercles et aux segments (figure 2). Les choix de couleur ont été faits de manière à préserver la lisibilité d'un ensemble de trajectoires, en mettant en retrait les événements fréquents (par exemple cercles jaunes pour station au domicile et segments gris pour déplacement en automobile) et en mettant en valeur les événements plus rares (par

exemple vert « fluo » pour les déplacements à vélo). Toutefois, à ce stade, ce travail sémiologique est rudimentaire et devrait être repris si cette visualisation devait être diffusée pour un usage plus large. Ce mode de visualisation est tout à fait susceptible d'évoluer et nous envisageons d'en développer de nouveaux si nos besoins d'analyse le requièrent, un des principaux intérêts du couplage Octave/SVG étant qu'il offre au chercheur une grande liberté de création et d'adaptation.



Figure 2. Code couleur pour la représentation des types d'activité et des modes de transport

En « statique » (figure 3), ce mode de représentation permet de délimiter l'enveloppe spatiale pratiquée par l'individu ou le groupe visualisé, d'identifier les principaux types d'activités pratiquées et leurs éventuelles concentrations spatiales, ainsi que les principaux modes de transport utilisés<sup>5</sup>. Mais toute l'information temporelle sur le chaînage des déplacements et des

<sup>4</sup> Travaillant sur des données de mobilité quotidienne, nous n'avons en effet pas rencontré le problème d'une disproportion entre les durées des déplacements et les durées des stations, qui surgit lorsqu'on représente de la sorte des migrations successives (cf. [blog d'Armelle Kaufmant](#)). Toutefois un autre détail est potentiellement gênant : SVG ne permet pas de paramétrer le déroulement des animations selon une vitesse « racine carrée ». Dans nos animations, c'est donc bien le rayon du cercle qui croît selon une vitesse linéaire, et par conséquent la vitesse de croissance de la superficie du cercle s'accélère. Dans la pratique, nous n'avons pas produit de visualisation où cela soit perceptible et ennuyeux mais d'autres applications pourraient y conduire.

<sup>5</sup> Dans le détail, on peut également reconstituer la séquence des stations et déplacements en observant l'ordre de superposition des éléments aux intersections entre lignes et cercles, mais cela n'a rien d'évident.

activités, leurs horaires de survenue et leurs éventuels synchronismes est rendue par l'animation.

À titre d'exemple, l'[animation](#) qui porte sur le même individu que la figure 3 permet de suivre le déroulement de sa journée : il quitte son domicile des quartiers sud de Grenoble très tôt le matin (vers 5h) pour aller travailler en voiture relativement loin, dans l'Ouest de l'agglomération. Il travaille ensuite au même endroit pendant 8h d'affilée avant de rentrer à son domicile, toujours en voiture, en début d'après-midi. Il va ensuite chercher à pied un enfant à la sortie de l'école et le ramène à son domicile, avant de ressortir presque immédiatement en voiture pour aller faire des courses au centre commercial voisin. Il rentre en fin d'après midi et passe toute la soirée chez lui.

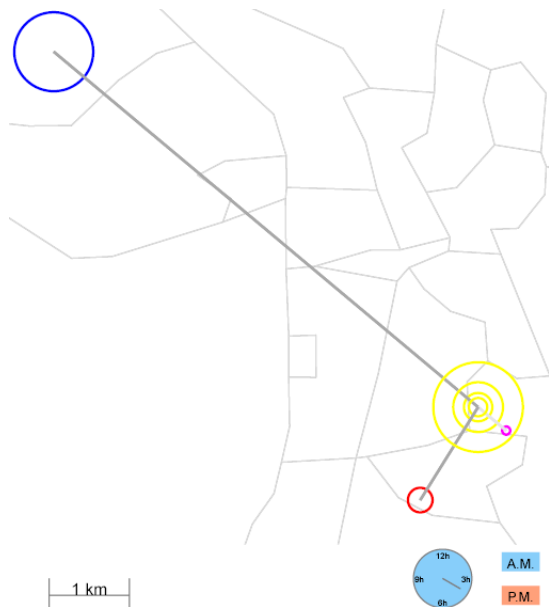


Figure 3. Image statique d'une trajectoire individuelle

### 3.3. Le point sur l'interactivité et l'usage exploratoire

Le navigateur [Opera](#) permet de visualiser ces animations SVG en natif. Par ailleurs, même s'il n'est plus maintenu, on peut toujours télécharger le [plug-in SVG d'Adobe](#) permettant de visualiser les animations dans un navigateur sous Windows ou Mac.

L'usage visé de nos visualisations SVG étant l'exploration d'une masse de trajectoires individuelles afin de guider la création d'indicateurs descriptifs pertinents, il faut que l'outil employé présente une interactivité suffisante pour permettre à l'utilisateur

de changer aisément les paramètres de la visualisation : caractéristiques du ou des individus visualisés et période de visualisation principalement. La solution proposée répond-elle à ces exigences ?

En grande partie oui. Il ne s'agit certes pas d'interactivité intégrée puisque chaque image SVG est générée une fois pour toutes et qu'on ne peut pas, depuis l'image, changer les paramètres de la visualisation<sup>6</sup>. Mais la création depuis Octave d'une nouvelle image ne prend que quelques secondes, soit en changeant les horaires de début ou de fin dans les paramètres de la fonction, soit en modifiant la liste des individus visualisés (qu'on peut d'ailleurs facilement et souplement générer dans Octave même, en requêtant un fichier d'attributs par exemple). Dans la pratique, la réactivité est largement suffisante, la création d'une nouvelle animation étant bien plus rapide que son visionnage.

La suite de notre propos consiste donc à présenter la démarche suivant laquelle la visualisation de groupes de trajectoires individuelles peut guider le chercheur vers l'élaboration d'indicateurs individuels de mobilité pertinents.

---

## 4. Création d'indicateurs individuels de mobilité guidée par la visualisation des trajectoires : démonstration par une application à deux quartiers de la région urbaine grenobloise

Nos précédents travaux sur l'EMD grenobloise nous avaient permis de constater le poids des variables de « cycle de vie » dans les pratiques de mobilité, et notamment la présence d'enfants pas encore autonomes au foyer : elle pourrait marquer particulièrement les trajectoires des personnes devant prendre en charge la mobilité de ces derniers, qui sont souvent les mères. À titre d'expérimentation, nous avons donc choisi d'utiliser la visualisation animée des trajectoires pour explorer la différenciation des pratiques de mobilité entre pères et mères. Nous avons donc ciblé les foyers composés d'enfants mineurs, d'un père et d'une mère. Dans un premier temps nous avons étudié le quartier défavorisé de la Villeneuve sur la commune de Grenoble, avant d'entreprendre une comparaison avec le secteur périurbain privilégié des Balcons de Belledonne.

---

<sup>6</sup> Notons tout de même une petite touche interactive dans nos images : le survol de la souris permet de faire apparaître l'identifiant de l'individu survolé, met sa trajectoire au premier plan et estompe les autres le cas échéant.



#### 4.1. Démarche pratique : une dialectique visualisation/indicateurs

La première étape de la démarche consiste évidemment à générer les visualisations des trajectoires des pères et mères de la Villeneuve et à les visionner : [Visualiser les pères](#) – [Visualiser les mères](#). Ces visualisations, et leur comparaison, permettent de repérer certains phénomènes porteurs de sens pour l'observateur, qu'il peut dans un deuxième temps énoncer (cf. figure 4). Dans notre exemple, on peut notamment observer que « les pères vont plus loin que les mères » ou que « les pères quittent le domicile plus tôt que les mères ». La troisième étape consiste en la compilation d'indicateurs susceptibles de traduire ces énoncés. Ici, on peut compiler la distance au

domicile de la destination la plus éloignée et l'heure de premier départ du domicile.

Cependant, si nous faisons le pari que la visualisation des trajectoires peut servir de guide dans l'élaboration d'indicateurs pertinents, nous nous méfions également d'éventuelles erreurs de perception visuelle, de « fausses impressions » qu'elle pourrait induire. C'est pourquoi les indicateurs compilés doivent être étudiés, c'est-à-dire soumis aux traitements statistiques adéquats pour valider ou non les énoncés formulés à la deuxième étape. Si la validation échoue, alors un retour à la visualisation est nécessaire, qui conduit soit à un abandon de l'énoncé (l'erreur de perception est alors admise), soit à sa reformulation ou à son affinement : un nouvel indicateur plus pertinent est alors compilé.

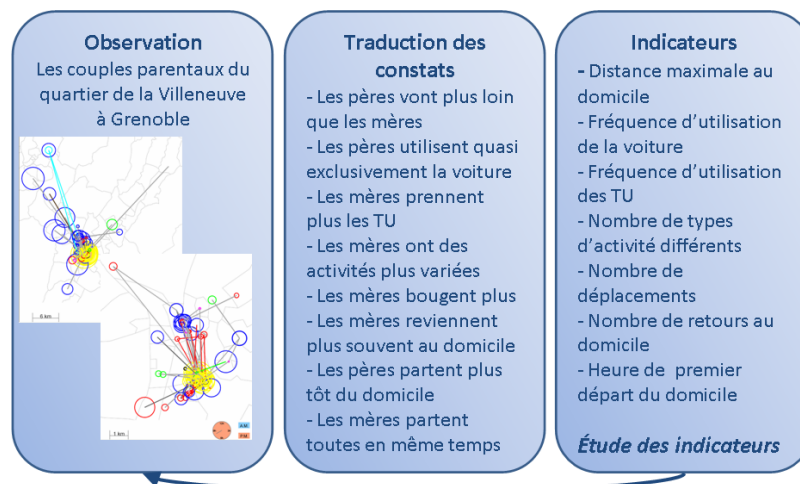


Figure 4. La démarche dialectique visualisation/indicateurs pour les trajectoires des mères et des pères du secteur de la Villeneuve

#### 4.2. Etude des indicateurs dérivés de la visualisation : les comportements de mobilité des pères et mères des couples parentaux du quartier de la Villeneuve à Grenoble

La visualisation des trajectoires des pères et mères du quartier de la Villeneuve a suscité la formulation de 8 énoncés<sup>7</sup> caractérisant leurs pratiques de mobilité – et plus spécialement leurs différences de pratiques – qui ont eux-mêmes donné lieu à la compilation de 7 indicateurs (cf. figure 4). L'ensemble de ces indicateurs a ensuite été soumis à des tests statistiques adaptés aux caractéristiques

des variables obtenues, dont les résultats sont repris au tableau 1. De la sorte, trois énoncés ont pu être validés, un énoncé a été validé après reformulation, deux énoncés ont été acceptés provisoirement et un énoncé a été refusé.

##### Les énoncés validés

« les pères vont plus loin que les mères » est validé dans la mesure où l'indicateur « distance maximale au domicile » a une distribution log-normale et où le test de Student d'égalité des moyennes sur les valeurs loguées donne un risque d'erreur unilatéral de 0,07% (cf. ligne 2 du tableau). Puisque des moyennes de logs ne sont pas très parlantes, on peut donner des ordres de grandeur en s'appuyant sur les médianes : la moitié des pères s'éloignent de plus de 4,4 km de leur domicile dans la journée de l'enquête, contre la moitié des mères qui s'éloignent de plus de 2,4 km.

<sup>7</sup> Bien entendu, un observateur différent n'aurait pas produit exactement la même liste d'énoncés, même s'il est à souhaiter qu'un certain nombre auraient été communs !

Indicateurs	Forme	Paramètres centraux	Significativité (23 couples, 46 individus)
Distance maximale au domicile	Log-normale	Médianes à : 4,4 km (pères) et 2,4 km (mères)	<i>p</i> Student sur logs : 0,0007 (uni) 0,0044 apparié (uni)
Fréquence d'utilisation de la voiture	2 modes à : 0 et 1	1 : 47% des pères et 32% des mères 0 : 16% des pères et 41% des mères	<i>p</i> Student : 1 : 0,16 (uni) 0 : 0,034 (uni)
Fréquence d'utilisation des TU	1 mode à 0	16% (3) des pères contre 32% (7) des mères utilisent les TU	<i>p</i> Student : 1 : 0,16 (uni) 0 : 0,034 (uni)
Nombre de déplacements	Dissymétrique	Médiane : 3 (pères) et 4 (mères) Q1 : 2 (pères) et 3 (mères) Q3 : 6 (pères) et 6,5 (mères)	Test Mann-Whitney : <i>p</i> = 0,125 (uni)
Nombre de types d'activités différents	Quasi normale	Moyennes : 3 types d'activité pour les mères contre 2,6 pour les pères	<i>p</i> Student : 0,07 (uni) 0,028 apparié (uni)
Nombre de retours au domicile	Dissymétrique	Médianes : 1 pour pères et mères 2 ou + : 43% (mères) et 35% (pères)	Test Mann-Whitney : <i>p</i> = 0,3 (bi) <i>p</i> Student : 0,27 (uni)
Heure du premier départ du domicile	Pères : escalier Mères : mode autour de 8h	→7h30 : 32% (pères) et 9% (mères) 7h30-9h : 37% (pères) et 50% (mères) 9h → : 32% (pères) et 41 % (mères)	<i>p</i> Student : 0,04 (uni) <i>p</i> Student : 0,2 (uni) <i>p</i> Student : 0,27 (uni)

**Tableau 1. Significativité statistique des différences des indicateurs pour les trajectoires des mères et des pères du secteur de la Villeneuve**

« les mères ont des activités plus variées » est également validé puisque la variable « nombre de types d'activité différents » a une distribution normale, que la moyenne est de 3 types d'activité dans la journée pour les mères contre 2,6 pour les pères et que le risque d'erreur associé à un test de Student est de l'ordre de 7%. Il faut noter qu'au sein d'un même couple la tendance est encore plus marquée : le risque d'erreur en affirmant que la mère à plus d'activités différentes que le père descend à 2,8%.

« les pères partent plus tôt que les mères » peut être validé indirectement après discrétisation de la variable « heure du premier départ du domicile », qui a une distribution de forme irrégulière et différente pour les pères et les mères. Le choix de trois classes (avant 7h30, entre 7h30 et 9h, après 9h) respecte les distributions des deux sous-populations. Le test de Student sur les différences de fréquence est significatif pour les départs précoces : les pères sont 32% à quitter le domicile avant 7h30 contre 9% pour les mères, et il n'y a que 4% de risque d'erreur à affirmer que les pères sont plus nombreux que les mères à partir avant 7h30.

Un énoncé validé après reformulation :

L'énoncé : « les pères utilisent quasi-exclusivement la voiture » avait conduit à la compilation de la fréquence d'utilisation de la voiture pour les déplacements. Cette variable, pères et mères confondus, présente deux modes : non-utilisation ou utilisation exclusive de la voiture. Si on se penche sur les fréquences associées à ces

modes, on constate que moins de la moitié des pères utilisent exclusivement la voiture. De plus, la différence de fréquence avec les mères n'est pas vraiment significative (16% de risque d'erreur unilatéral). Par contre, les pères sont beaucoup moins nombreux (16%) à ne pas utiliser du tout la voiture que les mères (41%), avec un risque d'erreur à 3,4%. On peut donc reformuler l'énoncé : « les pères sont moins nombreux que les mères à se déplacer sans voiture ».

*Des énoncés acceptés provisoirement*

Notre échantillon de parents du quartier de la Villeneuve a pour caractéristique d'être peu nombreux (23 couples, soit 46 individus), ce qui est une qualité pour la visualisation mais s'avère un défaut pour l'analyse statistique. En effet, la faiblesse de l'échantillon limite la puissance des tests utilisés. Cela signifie qu'un risque d'erreur élevé ne doit pas forcément nous conduire à rejeter sans appel l'énoncé testé, et ce d'autant moins que le test est intrinsèquement peu puissant. C'est ce qui nous conduit à accepter « provisoirement », c'est-à-dire sous réserve d'investigations plus poussées ou de reproduction sur un échantillon plus large, deux énoncés.

« les mères prennent plus les transports urbains » a été évalué par la fréquence d'utilisation des transports urbains, qui présente un mode unique à 0. On peut donc tester les différences d'utilisation entre pères et mères en comparant la proportion de personnes utilisant les transports urbains dans les deux groupes (ou ne les utilisant

pas, indifféremment). Or, si les mères sont deux fois plus nombreuses que les pères à les utiliser (32% contre 16%), cela concerne des effectifs largement minoritaires dans les deux cas. Le test de Student sur les différences de fréquence donne dès lors un risque d'erreur un peu élevé de 11,2% unilatéral. La tendance est toutefois suffisamment marquée pour que nous retenions cet indicateur comme potentiellement pertinent, de manière à pouvoir le tester ailleurs.

L'énoncé : « les mères bougent plus » a donné lieu à la compilation du nombre de déplacements de chaque personne, variable dissymétrique pour laquelle tous les quartiles sont systématiquement plus élevés pour les mères que pour les pères. Cependant le test de Mann-Whitney utilisable pour ce type de variable (test sur l'égalité des médianes) est intrinsèquement peu puissant et nous avons là encore un risque d'erreur un peu élevé, à 12,5% unilatéral, en affirmant que les mères font plus de déplacements que les pères. Comme précédemment, l'énoncé doit cependant être considéré comme potentiellement pertinent.

#### *Un énoncé abandonné*

Les tests mis en œuvre dans cette analyse pour valider l'existence de différences de pratiques de mobilité entre pères et mères sont des tests évaluant le risque d'erreur de type I ( $\alpha$ ), c'est-à-dire le risque d'affirmer à tort qu'une différence existe. Pour pouvoir, à proprement parler, rejeter l'existence d'une différence, il faudrait évaluer le risque d'erreur de type II ( $\beta$ ), ce qui n'est pas praticable avec les faibles effectifs dont nous disposons ici. Nous ne pouvons donc pas *stricto sensu* fonder statistiquement le rejet d'un énoncé.

Cependant, le nombre de retours au domicile, calculé pour évaluer l'énoncé : « les mères reviennent plus souvent au domicile », donne une variable dissymétrique pour laquelle la médiane est à 1 pour les pères comme pour les mères et pour laquelle il n'y a que 8 points d'écart entre les pourcentages de pères ou de mères qui reviennent au moins deux fois au domicile. Les risques d'erreur associés à ces deux constats, par deux tests différents, sont élevés. Par ailleurs, un retour plus attentif à la visualisation ne confirme pas l'impression première d'un retour au domicile plus fréquent des mères mais laisse plutôt penser que, compte-tenu de l'espace moins vaste fréquenté par les mères et d'une échelle de représentation conséquemment plus grande que pour les pères, les retours au domicile sont mieux perçus.

C'est donc l'association de tests statistiques et d'un retour à la visualisation non-concluants qui nous conduit à abandonner cet énoncé, sans pour autant être en mesure d'affirmer que pères et mères

rennent aussi fréquemment les uns que les autres au domicile.

### **4.3. Pertinence du couplage visualisation/indicateurs pour la différenciation géographique**

Visualiser les pratiques de mobilité de groupes cibles permet de saisir certaines caractéristiques de ces pratiques, qu'on peut chercher à mesurer ensuite. Comme nous venons de le faire, la visualisation peut-être le point de départ de comparaisons de pratiques entre différents groupes cibles sur un même territoire, ces groupes pouvant être choisis en fonction de caractéristiques sociales (ici couples parentaux, avec une distinction entre pères et mères) ou en fonction de pratiques spécifiques déjà repérées (par exemple, personnes utilisant le vélo pour au moins un de leurs déplacements ou personnes ne l'utilisant pas).

Bien entendu, la démarche étant aisément reproductible, elle peut également être utilisée pour comparer des territoires entre eux, du point de vue des pratiques de mobilité de certains groupes. Il s'agit là d'une approche exploratoire fine des différenciations spatiales des pratiques de mobilité.

À titre d'exemple, nous pouvons tenter de projeter les indicateurs précédemment retenus pour le secteur défavorisé de la Villeneuve sur un secteur *a priori* très différent, celui des Balcons de Belledonne. D'un côté un quartier densément peuplé classé Zone Urbain Sensible au cœur de l'agglomération, de l'autre un secteur périurbain privilégié de moyenne montagne rassemblant, dans le découpage de l'EMD, petites communes et hameaux autour de la station thermale d'Uriage-les-Bains. Pour autant, dans les deux cas, nous considérons les mêmes sous-populations relativement au cycle de vie : les couples parentaux avec enfants.

Le tableau 2 reprend les indicateurs établis sur la Villeneuve, dont 6 ont été jugés pertinents pour différencier les pratiques de mobilité des pères et des mères, et compare les résultats obtenus sur les Balcons. La comparaison est sans appel : sur les six indicateurs différenciant les pratiques de mobilité des pères et mères de la Villeneuve, un seul demeure pertinent pour les Balcons de Belledonne.

Comme pour la Villeneuve, les pères sont en effet plus nombreux que les mères à partir tôt, dans un contexte où globalement les gens partent plus tôt (éloignement du centre oblige).

Pour quatre autres indicateurs, le comportement des pères et des mères des Balcons de Belledonne ne

se distingue pas significativement<sup>8</sup>. Ainsi, les pères ne s'éloignent pas significativement plus du domicile que les mères, la vaste majorité des personnes se rendant dans l'agglomération. Le nombre de déplacements ne semble pas non plus significativement différent. Il n'y a pas de différence significative dans l'usage de la voiture, dans la mesure où c'est à peu près le seul mode de transport disponible : l'offre en transports urbains est réduite – essentiellement scolaire – et personne ne les utilise dans notre échantillon ; la distance et l'état des routes sont peu favorables aux modes « doux ».

<sup>8</sup> Sur un effectif plus important, qui plus est, qui améliore la puissance des tests (34 couples, 68 individus).

Le sixième indicateur, évaluant la plus ou moins grande variété des activités accomplies dans la journée, montre une différence significative entre pères et mères pour les Balcons comme pour la Villeneuve, mais la tendance est inversée ! Alors que les mères de la Villeneuve ont des emplois du temps significativement plus variés que les pères, c'est le contraire sur les Balcons, avec le même risque d'erreur dans les deux cas.

Enfin, l'indicateur du nombre de retours au domicile, qui n'avait pas été jugé pertinent pour la Villeneuve, ne permet pas ici non plus de différencier pères et mères, dans un contexte où globalement les gens rentrent moins à leur domicile en cours de journée.

Indicateurs	Villeneuve	Balcons de Belledonne
Distance maximale au domicile	Les pères vont plus loin que les mères	Pas de différence significative entre pères et mères (les gens vont plus loin mais moins de gens vont très loin)
Fréquence d'utilisation de la voiture	Les mères sont plus nombreuses à ne pas utiliser la voiture	Pas de différence significative entre pères et mères
Fréquence d'utilisation des TU	Les mères utilisent peut-être plus les TU (problème de puissance)	Personne n'utilise les TU
Nombre de déplacements	Les mères se déplacent peut-être un peu plus (problème de puissance)	Pas de différence significative
Nombre de types d'activités différents	Les mères ont des activités plus variées que les pères (surtout au sein d'un même couple)	Même significativité globale, avec les pères qui ont des activités plus variées (même niveau au sein des couples)
Nombre de retours au domicile	Pas de différence significative	Pas de différence significative entre pères et mères (moins de retours qu'à la Villeneuve)
Heure du premier départ du domicile	Distributions très différentes. Les pères sont plus nombreux que les mères à partir tôt. Départs plus concentrés des mères	Distributions de même forme (normale) mais décalées. Les pères sont plus nombreux à partir tôt que les mères (plus de personnes partent tôt qu'à la Villeneuve)

Tableau 2. Comparaison des différences de trajectoires des mères et des pères entre le secteur de la Villeneuve et le secteur des Balcons de Belledonne

Cela ne signifie pas nécessairement que les pratiques de mobilité des pères et des mères des Balcons de Belledonne soient plus similaires entre elles que celles des pères et des mères de la Villeneuve, mais peut-être se distinguent-elles sur d'autres caractéristiques. Si nous avons repris la démarche visualisation/indicateurs dans son intégralité, le visionnage des trajectoires ([visualiser les pères](#) – [visualiser les mères](#)) aurait suscité des énoncés différents, du type « les mères passent plus de temps au domicile que les pères », « les mères sont moins nombreuses à travailler le jour de l'enquête » etc., qu'on aurait pu ensuite traduire en indicateurs et valider.

Nous n'irons pas plus loin dans le cadre de cet article, notre propos ici étant seulement de montrer que les conclusions tirées de la démarche visualisation/indicateurs sur un secteur ne sont pas valides sur un autre, et ce pour des sous-groupes de population homogènes du point de vue de caractéristiques qui étaient apparues comme particulièrement discriminante dans notre première

approche typologique globale. Il s'ensuit que la démarche visualisation/indicateurs permet de mettre en évidence des différenciations spatiales d'un autre ordre, qui échappaient à l'approche globale.

Pour autant, l'approche globale permettait de produire un discours cohérent à l'échelle de la Région Urbaine Grenobloise, alors que les visualisations portent nécessairement sur des « zooms » (sociaux, territoriaux et/ou temporels), le nombre de trajectoires utilement visualisables étant limité. Retrouver une capacité à tirer des conclusions plus englobantes à partir d'une démarche fondée sur des visualisations implique donc la mise en œuvre de plans d'exploration systématiques, à définir.

## 5. Perspectives de travail

L'outil que nous proposons, avec la démarche exploratoire associée, en est à une première étape de développement, celle d'une opérationnalité

suffisante pour des utilisateurs motivés, que le manque d'ergonomie ne rebute pas. Une diffusion large nécessiterait un travail approfondi sur la sémiologie, avec probablement des tests de perception des utilisateurs, ainsi que la constitution d'une interface conviviale. Ces développements, dont une partie n'est d'ailleurs pas du seul ressort de géographes, ne font pas partie de nos priorités de recherche. Nos perspectives à court terme sont d'utiliser cet outil en l'état pour nos travaux d'étude des mobilités quotidiennes. Si cette visualisation est à l'origine de trouvailles fructueuses, elle pourra à terme être améliorée et intégrée dans des outils de visualisation dédiés aux mobilités actuellement en projet (cf. 2.c). Nous rappelons que, autant qu'à présenter cette visualisation, le présent article vise à exposer la méthode qui permet de la générer à moindres coûts (cf. 3), faisant ainsi sauter un verrou qui entrave la créativité potentielle des chercheurs thématiques dans la production de nouvelles visualisations pour leurs données.

À moyen terme, nous envisageons des travaux visant l'échelle des comportements individuels, comme le repérage et la modélisation de pratiques remarquables qui seraient intrinsèquement liées à d'autres caractéristiques de la trajectoire, ou encore la construction de typologies de trajectoires individuelles. À l'échelle des territoires, les caractéristiques de l'EMD nous conduiraient plutôt vers la construction de typologies spécialisées des secteurs d'enquête.

En effet, dans une EMD, la représentativité statistique (échantillonnage aléatoire) n'est assurée que dans le cadre des secteurs. Le taux d'échantillonnage différant entre secteurs, il est délicat de visualiser un groupe de trajectoires composé d'individus résidant dans différents secteurs, car l'impression visuelle de densité a toutes les chances d'être faussée. Il faudrait pour pallier cela une méthode de pondération visuelle des trajectoires, qui nous fait défaut. Cette nécessité de travailler secteur par secteur amène naturellement à vouloir les classer entre eux, selon les ressemblances perçues puis mesurées. Il s'agirait d'une approche typologique qui aurait pour but la construction de typologies spécialisées, à partir de sous-groupes cibles. Car la prégnance des déterminants socio-démographiques dans les comportements individuels de mobilité, déjà mise en évidence dans nos premiers travaux, engendrerait sinon des typologies territoriales triviales, reflétant les variations de

composition socio-démographique des secteurs et non l'influence des caractéristiques du territoire sur les pratiques de mobilité.

D'un point de vue méthodologique il s'agirait donc d'employer la démarche visualisation/indicateurs décrite dans cet article afin de créer et de sélectionner des indicateurs pertinents pour décrire les variations territoriales des pratiques du sous-groupe cible ou pour marquer ses différences de pratique avec la population générale ou d'autres sous-populations de référence. Puis d'employer des méthodes usuelles de classification statistique sur les indicateurs retenus. D'un point de vue procédural, il s'agirait dans le premier cas de confronter les visualisations des trajectoires du sous-groupe cible sur différents secteurs, dans le second cas de comparer ses trajectoires avec celles d'autres sous-populations secteur par secteur. Dans le premier cas, c'est la comparaison de typologies de secteurs obtenues pour différentes sous-populations qui permettrait d'appréhender l'impact différencié des propriétés du territoire sur les pratiques de mobilité selon la sous-population. Dans le second cas la typologie obtenue porterait intrinsèquement sur la spécificité, plus ou moins marquée localement, des pratiques du sous-groupe cible, ainsi que sur les variations de sa nature.

En variant les cibles, il est possible d'explorer un territoire d'étude à travers le prisme de multiples thématiques, limitées seulement – et évidemment – par la disponibilité des données (et la représentativité des échantillons). L'approche par genre est un classique incontournable des études sur la mobilité dont la pertinence a été encore confirmée par nos premiers travaux. Ceux-ci plaident pareillement pour une étude du territoire sous l'angle du positionnement des individus dans le cycle de vie. Ce mode d'exploration conviendrait sans doute également pour une étude du déploiement spatial de l'impact des inégalités socio-économiques sur les pratiques de mobilité.

Voici donc tracés quelques grands traits d'un programme de travail qui pourrait encore être enrichi et dont les fruits permettraient seuls *in fine* de juger de l'efficacité d'une démarche d'exploration des données de mobilité guidée par la visualisation des trajectoires individuelles. Nous comptons bien le mettre en œuvre nous-mêmes partiellement mais nous nous tenons également à disposition de ceux qu'il pourrait inspirer.

---

## 6. Références bibliographiques

André-Poyaud I., Chardonnel S., Charleux L., Tabaka K., 2008, La mobilité au cœur des emplois du temps des citoyens, in Chalas Y., Paulhiac F. (eds.), *La mobilité qui fait la ville*, Editions du Certu, Lyon, 67-95.

- Antoni J. P., Klein O., Moisy S., 2004, Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique, *Cybergeo, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, 288.  
<http://cybergeo.revues.org/index2621.html>
- Bahoken F., Bottai M., Dureau F., Giroud M., Imbert C., Royoux D., 2007, Modes et modalités de déplacement : étude comparative Poitiers (France) et Pise (Italie), Séminaire de l'URO6 « Mobilité, territoires, habitat et sociabilité » de l'INED, Paris, 9 janvier 2007.
- Berroy S., Mathian H., Saint-Julien T., Sanders L., 2008, La mobilité dans la construction du polycentrisme métropolitain, in Thériault M., Des Rosiers F. (eds.) *Information géographique et dynamiques urbaines 1 - analyse de la mobilité des personnes*, Traité IGAT, Hermès-Lavoisier, Paris, 31-57.
- Cauvin C., Escobar F., Serradj A., 2008, *Cartographie thématique 5 : des voies nouvelles à explorer*, Traité IGAT, Hermès, Paris.
- Cochey E., Tabaka K., 2008, Modes de représentation des trajectoires individuelles des habitants. Exploration de données spatio-temporelles, in : Foltête J. C. (dir.), *Actes des Huitièmes Rencontres de Théo Quant*, Besançon.  
<http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2007/TQ2007%20ARTICLE%2011.pdf>
- Hägerstrand T., 1970, What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association*, 24, 7-21.
- Josselin D., Fabrikant S. (dir.), 2003, Cartographie animée et interactive, *Revue Internationale de Géomatique*, 13(1), Lavoisier, Cachan.
- Frihida A., Marceau D.J., Thériault M., 2003, Dimension temporelle et modélisation d'une animation cartographique dans un SIG orienté objet, in Josselin D., Fabrikant S. (dir.), *Cartographie animée et interactive*, *Revue Internationale de Géomatique*, 13, 107-127.
- Klein O., 2007, Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains, Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Kraak M.-J., 2003, The space-time cube revisited from a geovisualization perspective, *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC) « Cartographic Renaissance »*, Durban, South Africa, 1988-1995.
- Kwan M. P., 2000, Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems: A methodological exploration with a large data set, *Transportation Research Part C*, 8, 185-203.
- Moisuc B., Davoine P.-A., Gensel J., Martin H., 2005, GenGHIS, un outil de modélisation spatio-temporelle pour le suivi historique des risques naturels, *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 10(4), 35-58.
- Poli R., 2007, Migrations de footballeurs et mondialisation : du système-monde aux réseaux sociaux, *Mappemonde*, 88.  
<http://mappemonde.mgm.fr/num16/articles/art07401.html>
- Tabaka K., 2009, Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne. Etude des mobilités quotidiennes des habitants de la région urbaine de Grenoble, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.