



Du suivi GPS des individus à une approche chronotopique. Premiers apports d'expérimentations et de recherches territorialisées

Luc Gwiazdzinski, Olivier Klein

► To cite this version:

Luc Gwiazdzinski, Olivier Klein. Du suivi GPS des individus à une approche chronotopique. Premiers apports d'expérimentations et de recherches territorialisées. NETCOM: Réseaux, communication et territoires / Networks and Communications Studies, 2014, Représenter des populations et des territoires en mouvement, 28, pp.77-106. halshs-01247829

HAL Id: halshs-01247829

<https://shs.hal.science/halshs-01247829>

Submitted on 22 Dec 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Luc Gwiazdzinski et Olivier Klein

Du suivi GPS des individus à une approche chronotopique

Premiers apports d'expérimentations et de recherches territorialisées

Avertissement

Le contenu de ce site relève de la législation française sur la propriété intellectuelle et est la propriété exclusive de l'éditeur.

Les œuvres figurant sur ce site peuvent être consultées et reproduites sur un support papier ou numérique sous réserve qu'elles soient strictement réservées à un usage soit personnel, soit scientifique ou pédagogique excluant toute exploitation commerciale. La reproduction devra obligatoirement mentionner l'éditeur, le nom de la revue, l'auteur et la référence du document.

Toute autre reproduction est interdite sauf accord préalable de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France.

revues.org

Revues.org est un portail de revues en sciences humaines et sociales développé par le Cléo, Centre pour l'édition électronique ouverte (CNRS, EHESS, UP, UAPV).

Référence électronique

Luc Gwiazdzinski et Olivier Klein, « Du suivi GPS des individus à une approche chronotopique », *Netcom* [En ligne], 28-1/2 | 2014, mis en ligne le 16 mars 2015, consulté le 16 mars 2015. URL : <http://netcom.revues.org/1604>

Éditeur : Netcom Association

<http://netcom.revues.org>

<http://www.revues.org>

Document accessible en ligne sur : <http://netcom.revues.org/1604>

Ce document est le fac-similé de l'édition papier.

© Netcom Association

DU SUIVI GPS DES INDIVIDUS A UNE APPROCHE CHRONOTOPIQUE

PREMIERS APPORTS D'EXPERIMENTATIONS ET DE RECHERCHES TERRITORIALISEES

GWIAZDZINSKI LUC¹, KLEIN OLIVIER²

Résumé – *La communication propose de faire un point sur l'utilisation des systèmes de positionnement par satellite pour l'analyse des déplacements complexes des individus hypermodernes. Sur la base de travaux de recherche menés depuis une douzaine d'années en France et au Grand-Duché de Luxembourg, elle montre l'importance de ces systèmes dans l'analyse des mobilités et les apports possibles pour les politiques publiques de mobilité. Elle insiste sur les représentations cartographiques produites comme outil d'analyse et outils de dialogue avec la population et les décideurs et propose quelques pistes pour demain.*

Mots-clés – *mobilité, GPS, représentations, territoire, chrono-urbanisme.*

Abstract – *This communication deals with an assessment of the GPS use for analysing complex trips of hypermodern individuals. Based on research conducted since a dozen years in France and Grand Duchy of Luxembourg, it shows the importance of these systems in the analysis of mobility and possible contributions for public transport policies. From a focus on cartographic representations produced as tools for analysis and dialogue with the public and the policy makers, it sets out some pointers for the future.*

Key words - *mobility, GPS, representation, territory, time-planning.*

¹ Géographe, enseignant en aménagement et urbanisme à l'Université de Grenoble Alpes (IGA), Chercheur au laboratoire Pacte (UMR 5194 CNRS), associé au MoTU (Université Bicocca et Politecnico de Milano) et à l'EREIST (Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne).
CNRS UMR 5194 (PACTE), 14 bis av. Marie Reynoard, F-38100 Grenoble France
Tel. (+33) 4 76 82 20 89 - e-mail : luc.gwiazdzinski@ujf-grenoble.fr

² Chargé de recherche, Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER anciennement CEPS/INSTEAD), Urban Development and Mobility Dpt.,
4 av. de la Fonte, L-4364 Esch-sur-Alzette, Luxembourg
Tel. (+352) 58 58 55 309 - e-mail: olivier.klein@ceps.lu

INTRODUCTION

Au début du vingtième siècle, Henry Bergson déclarait « *Notre intelligence ne se représente clairement que l'immobilité* » (Bergson, 1907). Depuis cette époque, chercheurs et professionnels des transports ont naturellement tenté de dépasser ce constat et cherché à représenter la mobilité des individus et des biens à des fins de recherche, de gestion ou de « politiques publiques » compris comme la « *capacité qu'ont les systèmes publics à gérer des demandes et des problèmes publics et à fabriquer du politique* » (Thoenig, 2010).

La représentation des déplacements est essentielle à la compréhension de parcours et d'agencements quotidiens qui se complexifient. C'est un besoin pour les acteurs de la fabrique urbaine à un moment où la mobilité, érigée en valeur, devient un « droit générique » (Allemand, Asher *et al.*, 2005) d'une société métropolisée où la possibilité de se déplacer conditionne l'accès au travail, au logement, à la culture, à la santé, à l'éducation, etc. C'est un chantier d'innovation ouvert grâce à l'avènement des technologies de l'information et de la communication et au développement des systèmes de positionnement par satellites. Plus généralement, la connaissance et la représentation de la mobilité rejoignent l'ambition de Roland Barthes (1957) de réconcilier le réel et les hommes, la description et l'explication, l'objet et le savoir. En ce sens, on ne peut oublier les travaux pionnier du géographe Armand Frémont sur « la Région espace vécu » (Frémont, 1976) et ses représentations des déplacements de madame Bovary et du paysan du bocage normand tracées il y a bientôt quarante ans.

La simple observation des déplacements de nos contemporains montre que nous circulons rarement en ligne droite dans le labyrinthe à trois dimensions qui se recompose en permanence selon des rythmes quotidiens, hebdomadaires, mensuels, saisonniers ou séculaires et en fonction d'événements singuliers ou d'accidents. Nous zigzaguons, attirés par quelques pôles attractifs ou contrariés par les barrières matérielles ou cognitives dans un environnement incertain dont nous n'avons pas toutes les clés. Désormais, les terminaux portables à la fois, ordinateurs, systèmes de positionnement par satellite et boussoles nous accompagnent, nous assistent et nous pilotent, contrariant les anciennes pratiques de mémorisation, les complétant ou les hybridant. Ces prothèses portables qui suppriment une « charge cognitive » (Sweller, 1994), augmentent le territoire, tracent au plus court dans le dédale et nous orientent dans l'instant, transforment radicalement nos rapports au temps et à l'espace. Elles nous rendent dépendants, bientôt incapables de nous repérer seuls. Elles développent un nouvel état, la « mobiquité », c'est-à-dire la capacité de l'individu à être à la fois en mouvement et en relation avec d'autres individus dans d'autres espaces grâce aux TIC à l'*Everyware* ou « informatique omniprésente ou ambiante » (Greenfield, 2006). Elles

participent à la production d'une « ville numérique », virtuelle et augmentée, (semi-) dématérialisée, technique et fonctionnelle.

Enfin, ces technologies de géolocalisation permettent notamment au géographe de représenter et de révéler les parcours des individus, de mieux appréhender l'enchevêtrement complexe de leurs déplacements à travers les traces numériques et d'imaginer le déploiement de politiques publiques adaptées. La communication propose de faire un point sur l'apport du suivi GPS des populations pour la connaissance de ces mobilités. Elle s'appuie principalement sur une série de recherches menées depuis une quinzaine d'années sur le fonctionnement spatio-temporel des individus à différentes échelles et dans différents territoires. Enfin, elle suggère quelques pistes à développer dans les prochaines années à partir et au-delà du GPS.

1. PREMIERES EXPERIMENTATIONS ET VISUALISATIONS

Au cours des dernières décennies, les schémas d'activités et de déplacements individuels sont devenus de plus en plus complexes du fait notamment de l'augmentation du travail à temps partiel, du télétravail, de la diversité de la composition des ménages et d'un taux de motorisation des ménages de plus en plus élevé. Appréhender ces comportements dans l'espace et dans le temps nécessite de mieux connaître les chaînes de déplacements, les schémas d'activités quotidiens et hebdomadaires. Les enquêtes classiques, par questionnaire et/ou par carnet de bord, s'avèrent insuffisantes pour satisfaire tous les besoins : les déplacements courts sont très souvent omis, la qualité des données horaires est insuffisante et les localisations approximatives (Murakami *et al.*, 1999). Il est devenu indispensable d'utiliser des méthodes de collecte plus adaptées pour obtenir des caractéristiques détaillées des déplacements effectués par un individu ou un ménage durant plusieurs jours (Wolf *et al.*, 2001a). A travers le monde de nombreux chercheurs en transport expérimentent des méthodes de collectes de données à base de GPS pour pallier ces manquements. Ce changement d'approche a également été initié dans nos travaux et a été expérimenté progressivement sur différents cas d'études, avec des objectifs variés.

1.1. Le cadre d'une approche spatio-temporelle

La réflexion s'inscrit dans le cadre de la société contemporaine hypermoderne (Lipovetsky, 2004), du développement d'une ville en continu 24h/24 et 7j/7 (Gwiazdzinski, 2001b, 2003a), « mobile » (Estèbe, 2008). L'observation des déplacements des individus dans la ville nécessite le déploiement d'une approche chronotopique (Gwiazdzinski, 2009) et spatio-temporelle des individus, des populations

et de leurs pratiques territoriales (Gwiazdzinski, 2007a), une « rythmanalyse » (Lefebvre, 1992) qui prenne en compte le territoire, les usages et les usagers à différentes périodes de la journée, de la semaine ou de l'année. Jusqu'alors, la recherche urbaine, quand elle s'était intéressée aux temporalités, avait plutôt privilégié l'analyse des modalités de la formalisation du changement urbain, le temps long du devenir de la ville, au détriment d'une approche qui aurait visé à fournir les éléments d'une typologie susceptible d'ordonner les diversités des temps sociaux urbains et leur combinaison (Lepetit, Pumain, 1993) et d'en établir une première géographie (Gwiazdzinski, 2004). Auparavant, les premiers à avoir exploré ces relations avaient sans doute été les géographes suédois de l'École de Lund. Dès les années 1960, ces pionniers de la *Time Geography* ont constitué la vie quotidienne en enjeu des politiques sociales à partir d'une démarche articulant de façon étroite le temps et l'espace. L'un d'entre eux, T. Hägerstrand a orienté ses travaux sur les « budgets espace-temps » et sur l'enregistrement des déplacements d'une personne à une période donnée (Hägerstrand, 1970). Par la suite, T. Carlstein, D.N. Parkes et N.J. Thrift (1977) ont encore retravaillé certains des concepts de la « chronogéographie ». Dans les années 90, d'autres chercheurs, notamment à l'École polytechnique de Milan (Italie) autour de Sandra Bonfiglioli (Bonfiglioli, 1990), à Berlin avec Dietrich Henckel (Henckel *et al.*, 2000) ou à Strasbourg avec Colette Cauvin, ont poursuivi les travaux notamment sur le volet représentations (Cauvin et Gwiazdzinski, 2002) avec des éléments relatifs aux offres spatio-temporelles urbaines et aux temps d'accès selon différents modes de transports dans le cadre de programmes européen (SURE) et nationaux (DATAR) expérimentés sur le territoire de Belfort (Gwiazdzinski, Klein *et al.*, 2001).

Les premiers éléments présentés dans cette communication s'appuient principalement sur un ensemble de recherches menées à différentes échelles au cours des douze dernières années le plus souvent dans le cadre d'études thématiques plus larges et d'expérimentations locales. Plusieurs études ont été développées dans le Territoire de Belfort à partir de 2001, en lien avec la DATAR, le Conseil Général et l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), à travers des programmes de recherche sur la mobilité des jeunes (Gwiazdzinski, 2005a), à Nanterre pour les Assises de la Jeunesse (Gwiazdzinski, 2006), dans la région de Besançon pour l'Union française des centres de vacances (Gwiazdzinski, 2007b, 2008, 2013a), dans le sud-ouest de la France pour un programme européen Equal (Gwiazdzinski, 2007e), dans les Alpes de Haute Provence pour la DATAR et la Région Provence Alpes Côte d'Azur (Gwiazdzinski, 2009a), dans l'agglomération lyonnaise avec l'agence d'urbanisme (Daoud *et al.*, 2009), à la frontière franco-luxembourgeoise (Drevon, 2010), au Grand-Duché de Luxembourg (Klein *et al.*, 2011 ; Klein *et al.*, 2012) et dans différents territoires

pour d'autres programmes à différentes échelles³ tant en milieu urbain que rural. Ces travaux s'inscrivent dans un environnement technologique international en évolution rapide au cours des dernières années avec un passage des outils GPS d'un usage militaire à un usage civil.

1.2. Des avancées internationales

Que ce soit aujourd'hui avec le GPS (Etats-Unis), Glonass (Russie) ou, dans un futur proche avec Galileo (Europe), ces systèmes sont entrés dans la vie de tous à travers des services et des applications civiles multiples, tels que services de navigation, cartographie, topographie, surveillance, sauvetage, gestion de flotte et de réseaux, agriculture, etc. La notoriété et la démocratisation du GPS auprès du grand public s'est effectuée par l'intermédiaire des systèmes de navigation embarqués pour l'automobile. Ces assistants de navigation qui se sont rapidement diffusés à grande échelle ont fait le succès de sociétés telles que Tomtom en Europe ou Garmin aux Etats-Unis. Le degré de précision des systèmes de positionnement conjugué à leur miniaturisation a ouvert un champ de possibilités immense. C'est avec la convergence de trois usages – développement des réseaux sociaux, géolocalisation et omniprésence des smartphones – que cette tendance s'est poursuivie, marquée par le développement de nombreuses applications mobiles ayant recours à la géolocalisation.

Du point de vue de la recherche en mobilité, la première expérimentation de l'utilisation de GPS dans les enquêtes de déplacements a sans doute eu lieu en 1996 à Lexington dans le Kentucky (Wagner, 1997). A partir de ce premier essai aux perspectives concluantes, les enquêtes-déplacements ayant recours à des GPS se sont développées (Stopher et Greaves, 2007). Ce regain d'intérêt pour le GPS s'explique pour partie par la baisse des coûts des appareils et par leur miniaturisation qui a facilité leur utilisation par les organismes intéressés par la collecte de données individuelles de déplacements.

Ce système a permis d'améliorer la qualité des données recueillies dans les enquêtes classiques de déplacements ayant recours à un carnet de bord (Stopher, Fitzgerald *et al.*, 2007) dont on connaît les limites : omissions régulières des répondants pour les déplacements courts, lacunes dans les itinéraires, imprécisions sur les distances (distance à vol d'oiseau vs distance réseau), approximations sur les temps et les durées

³ Gwiazdzinski L., 2003, Directeur scientifique recherche-action dynamiques solidaires, « Nouvelles organisations des temps sociaux et nouvelles inégalités », pour le Secrétariat à l'Economie solidaire auprès de la Ministre de l'Emploi et de la solidarité, 2002-2003, Gwiazdzinski L., 2005, Directeur scientifique du programme de recherche « Nocturnes, Services de mobilités nocturnes en Europe » du PREDIT, 2003-2005.

déclarées ou limitation à une journée d'enquête. L'utilisation du GPS permet désormais de réduire la charge importante du répondant dans les enquêtes classiques. Elle diminue les déplacements non déclarés et fournit des informations géographiques détaillées sur les itinéraires, les vitesses et les localisations. Enfin, elle permet d'affiner la modélisation des déplacements puisque les données non-captées par les méthodes traditionnelles biaisent, en partie, la façon dont le déplacement sera ultérieurement modélisé.

Dans cette période de première appropriation des outils de géolocalisation, des approches se sont focalisées sur des modes de transport particuliers comme la voiture (Axhausen *et al.*, 2003) ou ont cherché à identifier l'ensemble des déplacements y compris les plus courts omis dans les enquêtes classiques (Wolf *et al.*, 2001b). Jusque dans les années 2010, la collecte de données s'est surtout effectuée en complément des approches classiques par questionnaire ou par carnet de bord dans un but d'amélioration de la qualité des données collectées avec une vision de l'ensemble des déplacements et une plus grande précision spatiale et temporelle. Ces recherches ont permis de combiner des données de localisation, de longueurs de parcours, d'horaires et de durée de trajets associées à des enquêtes ou carnets de bord permettant de connaître les modes de déplacements, les activités et les personnes accompagnant les enquêtés lors de leurs déplacements. Depuis 2010, la perspective a changé avec le développement d'enquêtes déplacement intégralement menées par GPS comme à Cincinnati (2010) ou Sydney (2010-2011) rendues possibles par des algorithmes permettant, entre autres, de déterminer automatiquement les modes de transports (Gong *et al.*, 2012) et les motifs de déplacements (Gong *et al.*, 2014).

1.3. Des applications et méthodologies adaptées aux besoins

Suivant ou précédant certaines de ces démarches engagées dans le monde entier, nous avons tenté depuis une quinzaine d'années d'intégrer le GPS dans des recherches et expérimentations ciblées aux finalités très variables qui nous ont permis d'acquérir une certaine expérience sur la technique et de pouvoir évaluer les apports possibles dans l'analyse des mobilités.

Un besoin de précisions. Nos premières réflexions sur les possibilités de suivi de personnes en déplacements remontent au début des années 90 dans la ville de Strasbourg dans le cadre de réflexions prospectives avec l'office de tourisme sur des services portables en partenariat avec la société France Telecom qui avait développé le projet *Bi-bop* (1991-1997). Grâce à l'installation de bornes de faible portée (< 300 m) au centre-ville, il était possible d'appeler d'autres abonnés dans la rue avec un téléphone *Bi-bop* et, dès lors, d'imaginer une localisation des appels et des personnes dans le temps et l'espace, voire d'imaginer les prémisses d'une trace de parcours. C'était une alternative

possible aux dispositifs encore très encombrants et onéreux de téléphones satellitaires. Des difficultés techniques, l'imprécision de la zone d'appel, la limite de l'expérience menée au centre-ville, le faible nombre d'utilisateurs puis l'abandon de l'expérimentation ont mis fin aux rêves de suivi spatio-temporels des abonnés de l'opérateur national. La miniaturisation des systèmes GPS et leur démocratisation, puis l'intégration de ces fonctions aux téléphones portables avec les smartphones, allaient offrir bien plus tard de nouvelles possibilités de déploiement.

Notre premier besoin concret de suivi GPS remonte à l'année 2001. Dans le cadre de la démarche prospective Carnet 2010 du Conseil général du Territoire de Belfort (Gwiazdzinski, 2001a), une étude sur les temps des enfants menée avec le Rectorat avait permis de montrer l'importance des temps de trajets dans la semaine des collégiens. Grâce aux carnets de bord remplis pendant une semaine par les élèves, on avait notamment pu mesurer le temps passé par ces derniers hors de chez eux – soit 42 heures – et de repérer les temps et lieux d'inconfort des enfants à différentes périodes de la journée. Le moment d'arrivée dans les établissements scolaires le matin et les congestions nées de la convergence des bus et des voitures des parents taxis avaient permis d'imaginer un décalage des horaires d'ouverture des établissements scolaires pour une plus grande tranquillité. L'intérêt des premiers résultats de cette étude exploratoire menée sur un échantillon réduit d'individus, l'imprécision des tracés de parcours effectués par les élèves et la difficulté de mobilisation des enfants volontaires nous avaient incités à aller plus loin en imaginant l'utilisation du GPS. Toutefois, les coûts des matériels de l'époque, leur taille encore encombrante à ce moment-là, le nombre de boîtiers nécessaires simultanément et les problèmes techniques de récupération de données n'avaient pas rendu possible l'expérimentation complète de cette démarche.

La fonction première du GPS comme outil de suivi de parcours. Depuis le début des années 2000, les GPS ont été utilisés pour visualiser les tracés de parcours à pied (Figure 1) et les confronter à des tracés théoriques dans des expériences de parcours d'exploration lors d'une centaine d'expériences nocturnes dans différentes villes d'Europe (Cracovie, Helsinki, Paris, Rome, Genève etc.) dans le cadre de programmes de recherche internationaux sur la nuit urbaine pour l'Institut pour la Ville en Mouvement (Gwiazdzinski, 2002-2004), pour le PREDIT notamment à travers le projet « NOCTURNES, Services de mobilités nocturnes en Europe » (Gwiazdzinski, 2003-2005) et pour différentes métropoles européennes (Gwiazdzinski, 2007d) comme Milan (D'amico, 2013) ou Genève (Gwiazdzinski, 2013b).

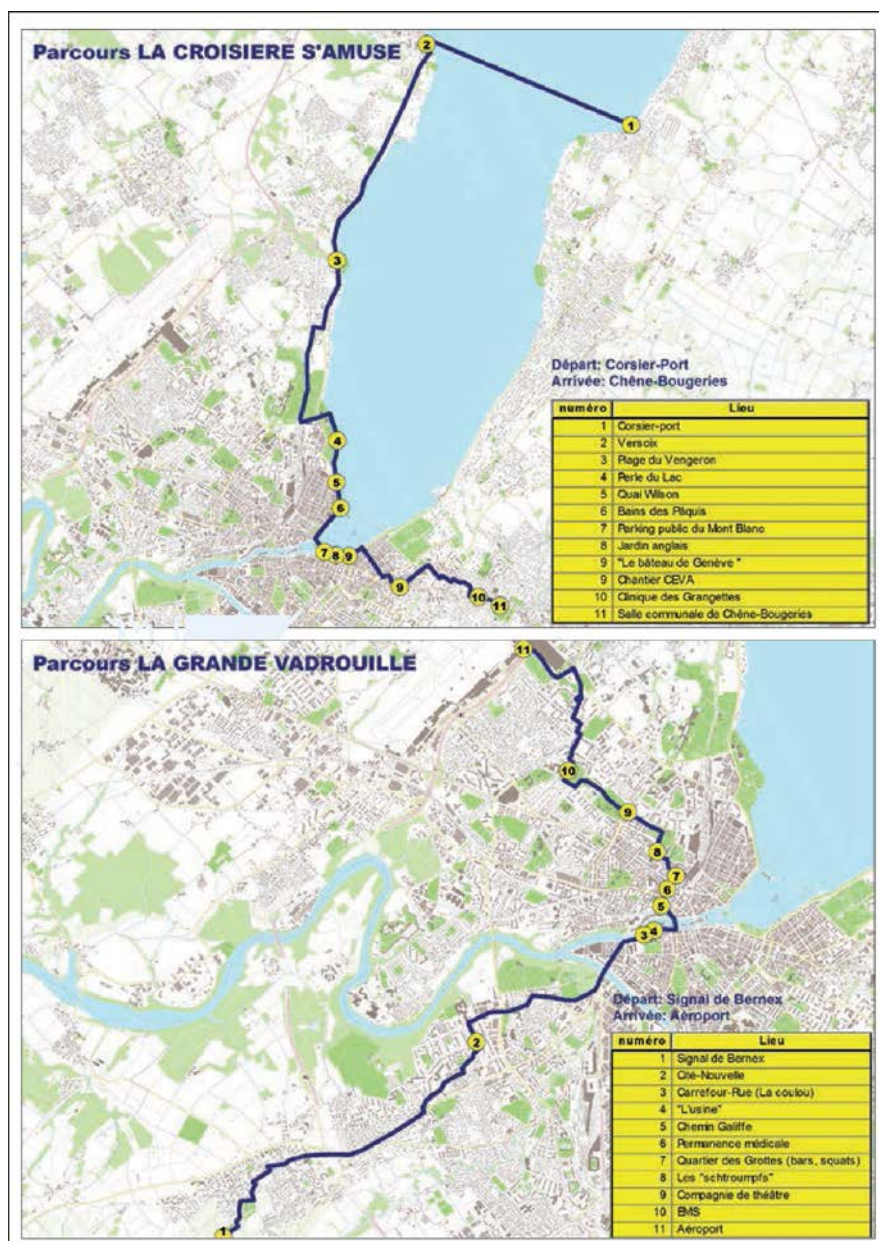


Figure 1 : Deux parcours de la traversée nocturne de Genève

Sources : Chibane S. R., Gwiazdzinski L. (2013)

Cette fonction basique du GPS capable de générer des traces a également été utilisée dans d'autres protocoles comme les parcours circulaires autour de métropoles à Paris (Gwiazdzinski, Rabin, 2007c) ou Grenoble (Figure 2).



Figure 2. Parcours circulaire autour de Paris en février 2005

Sources : Gniazdziński L., Rabin G., 2005

Ces différentes expériences ont permis de confronter le tracé de parcours théoriques construits par les acteurs locaux avec les parcours effectifs réalisés par différents groupes durant les expériences. Cette fonction première de suivi de parcours et de restitution de sa trace s'est aujourd'hui banalisée. Elle est utilisée par le grand public avec une multitude d'applications pour le sport, la santé ou le tourisme par exemple dans le grand mouvement des objets connectés.

Une première analyse de traces en complément aux enquêtes classiques.

Nos premières utilisations du GPS ont démarré en 2002 sur l'Aire urbaine Belfort Montbéliard dans le cadre de l'enquête ménage-déplacements. Un groupe focus composé d'une dizaine d'individus d'âges différents a été constitué. Chaque personne a été équipée d'un GPS pendant une semaine. Les enregistrements ont été récupérés et les traces visualisées sous forme de parcours individuels quotidiens et de parcours cumulés hebdomadaires (Figure 3). Les enquêtés ont ensuite été rassemblés et invités à réagir autour de ces traces. Cette première tentative de réactivation des parcours à l'aide des traces GPS, a permis d'approfondir les résultats issus d'enquêtes standards et de mieux appréhender les comportements individuels. Elle a notamment permis de dépasser un certain nombre d'idées reçues comme l'hypermobilité des étudiants ou l'immobilité des personnes âgées assignées à résidence. Le dessin des traces quotidiennes et hebdomadaires a également permis de repérer les comportements de

mobilité contrastés entre la semaine où la mobilité des personnes est assez routinière et répétitives et le week-end où les distances s'allongent. A ce moment précis les impératifs financiers ou écologiques sont moins pris en compte par les individus qui « se lâchent » selon leur expression et effectuent souvent des parcours plus longs.

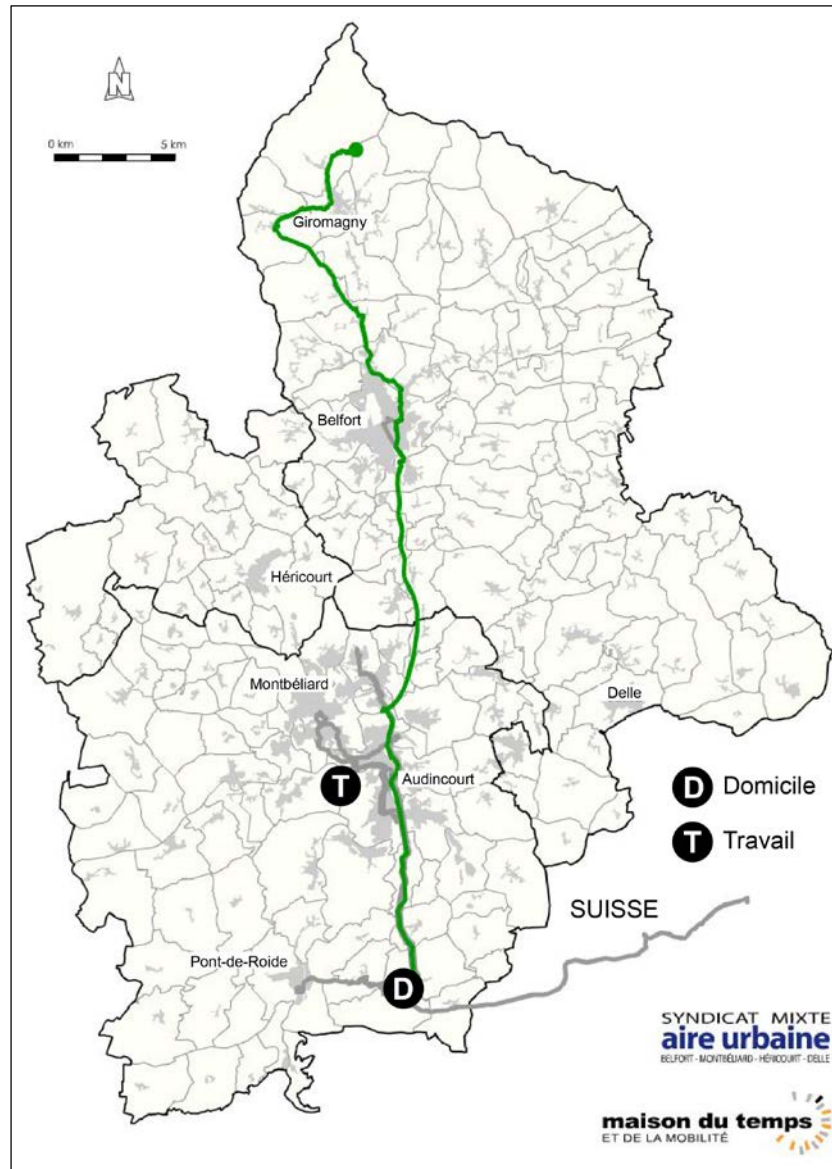


Figure 3. Traces de parcours d'un actif le dimanche
Sources : Schlienger S., Mignot G., Gwiazdzinski L., 2002-2005

Un apport sur la réflexion liée aux chaînes d'activités. D'autres recherches ont été menées à Montbéliard en 2004 dans le cadre d'une étude préalable au Plan de déplacements de l'usine PSA Peugeot-Citroën de Sochaux. (Zedda R., Gwiazdzinski, L., 2006). Une dizaine de salariés utilisant leurs voitures individuelles ont été équipés de GPS pendant une journée et les données ont été cartographiées en parallèle d'un premier carnet de bord encore insuffisant. Ces suivis par GPS ont notamment permis de mieux saisir le phénomène des "mobilités zigzagantes" des salariés identifié dans les enquêtes où près de 35 % d'entre eux déclaraient ne pas se rendre au travail en ligne droite mais faire des crochets pour accéder à différents commerces et services comme la boulangerie, l'épicerie ou pour déposer leurs enfants à la crèche ou à l'école. Ils ont également ouvert la réflexion sur les difficultés de passage de la voiture individuelle au transport en commun compte-tenu de ces chaînages et d'imaginer un retour des services (épicerie, crèches...) à proximité des lieux de résidence voire sur les sites d'activités dans le cadre du Plan de déplacement de l'entreprise.

En parallèle, des films ont été réalisés dans les cabines des camions de livraison de matériel afin d'analyser les comportements des chauffeurs et de mesurer leurs difficultés d'orientation sur le site, sources d'encombrements. La caméra était d'un côté et le GPS de l'autre. On n'avait pas encore la technologie mais l'idée et l'intérêt du croisement entre image et le suivi par GPS étaient déjà bien présents.

L'introduction des modes de déplacements utilisés à partir des carnets de bord. Une étude développée en 2006 avec la ville de Nanterre en amont des assises de la jeunesse (Gwiazdzinski, 2006), a permis de représenter les parcours d'adolescents dans la ville afin de repenser les services publics associés à la bonne échelle. Pendant une semaine, une dizaine de personnes – cinq jeunes et leurs parents volontaires – ont été équipées de GPS (Figure 4).

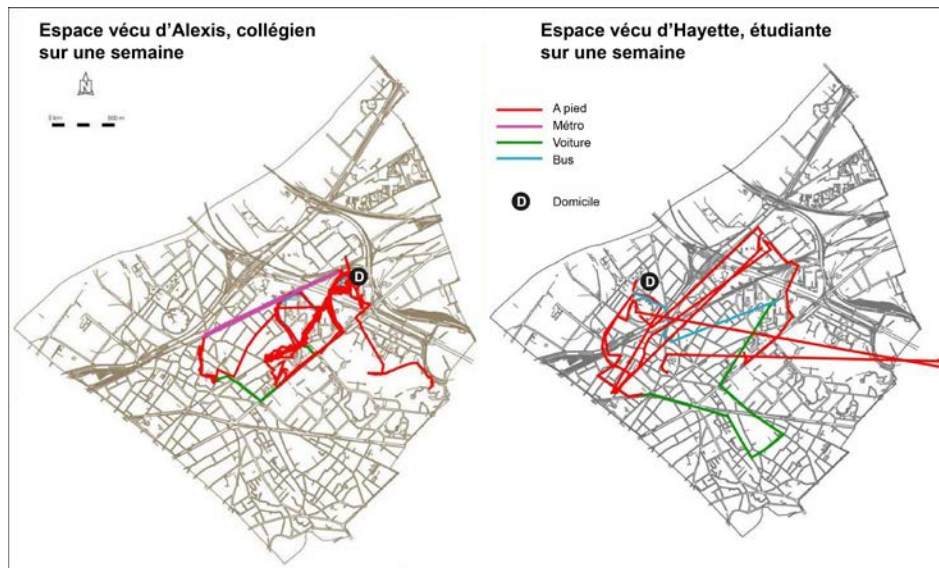


Figure 4. Trace des parcours effectués par les jeunes

Sources : Schlienger S., Gwiazdzinski L., 2006

La visualisation des déplacements quotidiens cumulés sur une semaine met bien en évidence les comportements spatiaux différenciés des jeunes. Le territoire parcouru est d'autant plus étendu que les individus sont plus âgés. Pour Hamed, 11 ans, le tracé montre la routine, le « *train-train quotidien* » domicile-collège en bus avec une petite échappée dominicale en voiture avec ses parents vers les zones commerciales. Pour le lycéen Soufiane, on voit l'importance du trajet en bus obligatoire de son domicile de Nanterre à son lycée hors de la commune. Hayette, 22 ans, habitante de Nanterre, étudiante à Paris X et surveillante dans un collège dispose d'un véhicule qui lui permet de se déplacer au delà de la commune.

D'un point de vue technique, l'utilisation d'un carnet de bord papier plus complet a notamment permis de spécifier les modes de transport utilisés par les jeunes. La cartographie des données recueillies a permis de poursuivre les échanges avec les jeunes et les adultes. La représentation des traces a bien mis en évidence la non concordance entre la demande communale de repenser les services et le fonctionnement largement intercommunal des jeunes.

Le GPS comme facilitateur pour des publics particuliers. La réflexion sur les pratiques spatiales et temporelles des jeunes s'est poursuivie dans le cadre d'un projet sur « les temps et espaces de sociabilité des adolescents » pour l'Union Française des centres de vacances (UFCV) qui a porté sur une dizaine de centres et de structures

périscolaires de France (Gwiazdzinski, 2007) complétée par une étude sur la mobilité des adolescents dans la périphérie de l'agglomération de Besançon (Gwiazdzinski, 2008, 2013). Une dizaine d'adolescents volontaires ont été équipés de GPS ainsi que huit parents et deux élus du territoire (Figure 5).

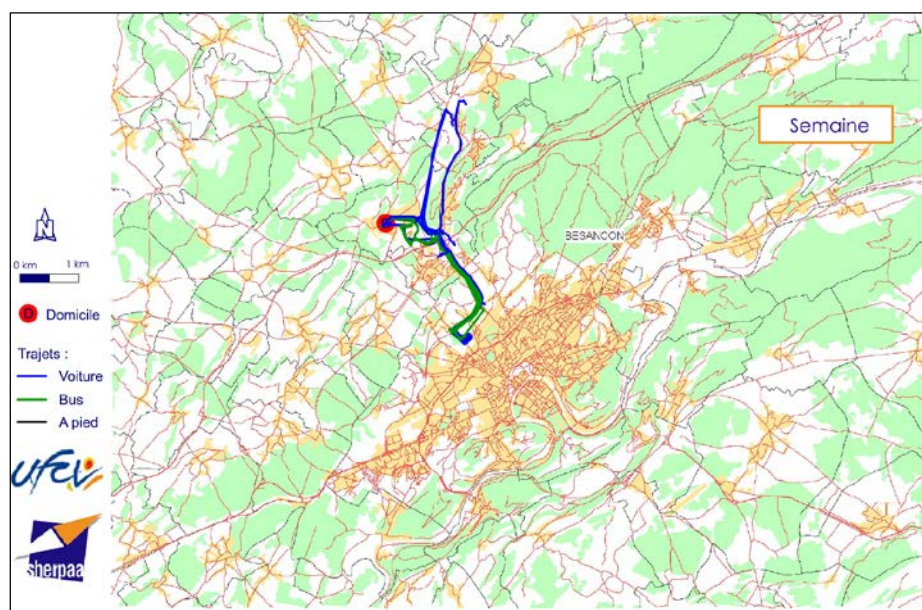


Figure 5. Déplacements hebdomadaires d'une lycéenne

Sources : Schlienger S., Gwiazdzinski L., 2008

Lorsque l'on suit le parcours d'un adolescent grâce au GPS, et que l'on examine le tracé de ses allers et venues sur la carte on peut prendre la mesure de son espace de vie. Au-delà de ses trajets quotidiens pour l'école, le collège ou le lycée, ses mouvements trahissent des sociabilités et un territoire plus ou moins large selon qu'il utilise un vélo, un cyclomoteur, les transports en commun ou la marche à pied et selon qu'il soit un garçon ou une fille.

Le caractère ludique des technologies avec le boîtier GPS a permis de mobiliser les jeunes qui ont facilement accepté de participer à l'étude. Aucun matériel n'a été perdu ou endommagé et les protocoles ont été respectés. Le cadre d'une démarche territoriale d'intérêt général co-portée par l'intercommunalité a convaincu les parents qui ont facilement donné leur autorisation pour cette expérimentation. La production des premières cartographies dynamiques de données GPS a servi de support à l'organisation de riches séances de réactivation de parcours. La mobilisation croisée d'adolescents et d'adultes a constitué un atout durant ces réunions de bilan permettant les comparaisons, le débat et les prises de conscience. D'autres études GPS menées notamment dans le

Carmausin pour un programme européen Equal sur l'équilibre vie professionnelle et vie familiale (2007) ont permis de développer une approche plus ciblée en termes de genre mettant en évidence le « parcours du combattant » des femmes salariées en milieu rural.

Une premier couplage GPS et caméras pour la sensibilisation des acteurs. Un autre projet de recherche mené sur le secteur de Lyon avec l'agence d'urbanisme pour une étude sur le suivi de métropolitains (Daoud *et al*, 2009) a constitué une étape supplémentaire dans l'observation de la mobilité avec le croisement des traces GPS et de la vidéo dans le suivi individuel de parcours quotidiens de salariés. Le but de l'étude était de mieux identifier les ruptures, les blocages dans la chaîne de mobilité et de déterminer des leviers d'actions conséquents. Cette méthode d'observation de la mobilité s'est appuyée sur des observations qualitatives à partir d'entretiens embarqués, de suivi de salariés pendant leurs déplacements quotidiens et de captures vidéos.

Un film sur la mobilité quotidienne d'une jeune salariée monté à partir du couplage vidéo et GPS a permis une sensibilisation des acteurs locaux et des élus aux difficultés des trajets quotidiens des métropolitains et à la nécessité de mieux appréhender ces mobilités individuelles.

Jusqu'alors, l'observation continue des déplacements via la technologie GPS nous a permis de représenter les déplacements dans le temps sur une journée ou une semaine. Les tracés ont permis d'identifier précisément le parcours de l'individu et le carnet de bord a renseigné les différents motifs et modes utilisés. La connaissance des positions successives des individus a donné lieu à la réalisation de premières cartes animées. Les données GPS nous ont également donné la possibilité d'identifier les points de ruptures modales et de calculer les temps de parcours, les distances et les vitesses.

Suite à ces travaux, les recherches se sont orientées vers le croisement de ces données localisées avec d'autres thèmes, d'autres technologies et des matériels à présents disponibles.

Un outil d'évaluation de l'autonomie spatio-temporelle d'un public spécifique. Afin d'appréhender la mobilité quotidienne et l'autonomie d'enfants scolarisés à Luxembourg-Ville, un premier suivi GPS de population a été mené au Luxembourg en 2010. Cette recherche, qui s'est inscrite dans le cadre du projet

INTERREG⁴ ICMA, visait à offrir de vraies alternatives à la voiture privée. Ce suivi par GPS d'une durée de 2 jours (Figure 6) associé à une enquête déplacement prenant la forme d'un carnet de bord informatisé portait sur les activités et déplacements d'une cinquantaine de pré-adolescents scolarisés dans quatre écoles publiques de la ville de Luxembourg. L'objectif de cette démarche était d'identifier et de mieux comprendre les facteurs favorisant une certaine autonomie et un recours à des modes de déplacements alternatifs à la voiture. Pour ce faire, une analyse statistique des traces GPS collectées a été menée. Elle a permis d'identifier trois groupes principaux comportements de mobilité (Klein *et al.*, 2011 ; Klein *et al.*, 2012). Un premier groupe d'enfants peu mobile dispose d'un espace d'action relativement restreint ancré dans le quartier scolaire autour du domicile familial. Un second, plus mobile, accède régulièrement au centre-ville et dispose d'une expérience relativement marquée de déplacements en modes doux et/ou en transports en commun. Enfin, un troisième groupe, très mobile, davantage ancré dans le péri-urbain, réalise de nombreuses activités très éloignées les unes des autres. Ce dernier groupe bien que très mobile s'avère en dépendance totale envers les parents et l'automobile.

⁴ Le projet ICMA – Improving Connectivity and Mobility Access – est un projet européen financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) dans le cadre du programme INTERREG IVB NWE.

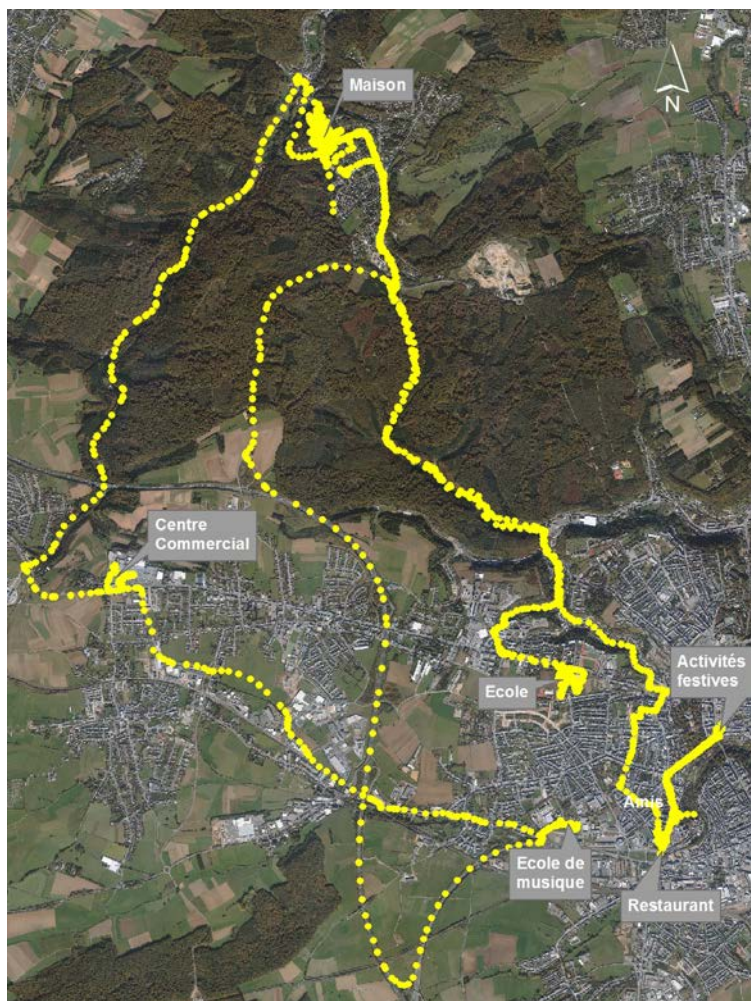


Figure 6. Exemple de parcours d'un élève habitant Luxembourg-Ville

Sources : Schneider M., Klein O., 2011

Esquisse d'une analyse des rythmes et articulation micro-macro et individu-groupe. Le même protocole a été utilisé pour un projet sur l'espace frontalier Belgique, Luxembourg, France, Allemagne dans un but de connaissance des mobilités des frontaliers et de mise en place de nouveaux services de mobilités (Figure 7). Le carnet de bord papier a été remplacé par un questionnaire intégré dans un smartphone qui assure également le suivi par GPS (Drevon, 2010). L'intégration du questionnaire dans l'interface smartphone a permis un gain de temps dans le codage et les premiers traitements des données.

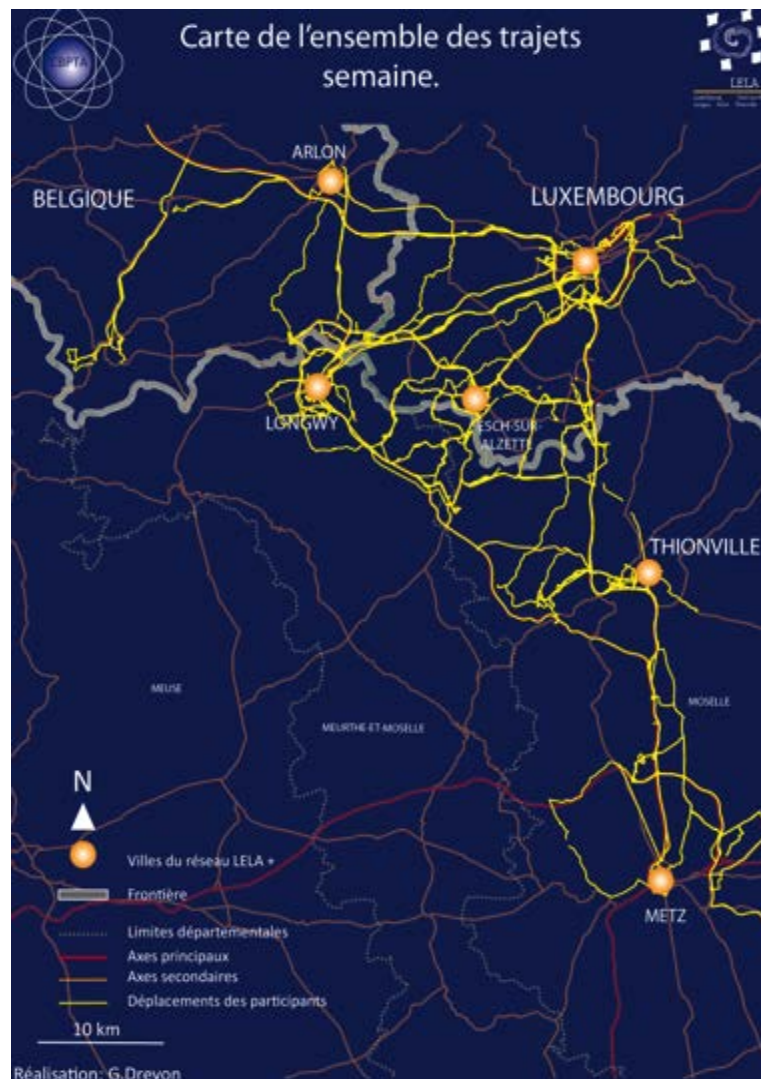


Figure 7. Ensemble des déplacements de la semaine des frontaliers enquêtés

Sources : Drevon G., Gwiazdzinski L., 2010

L'articulation GPS-Caméra comme premier outil d'enquête qualitatif.

Tous ces suivis d'individus par GPS produisent une masse d'informations dont le traitement peut être au moins en partie automatisé avec entre autres l'identification automatique des modes et des motifs de déplacements. En retournant vers l'enquête, un enrichissement sémantique des données géolocalisées devient possible. Ainsi, lorsque la vidéo est simultanément couplée à une géolocalisation, de nouvelles perspectives sont-elles offertes à la visualisation et à l'analyse des données de déplacements (Figure 8). L'application de cette méthodologie à un contexte frontalier

aide à mieux appréhender les déplacements des actifs et nous renseigne sur les caractéristiques des barrières rencontrées par les individus et leurs stratégies d'adaptation (Drevon et Klein, 2013). De plus, la visualisation du parcours par l'enquête permet d'améliorer l'exercice de la réactivation et amorce la discussion avec l'enquêteur.

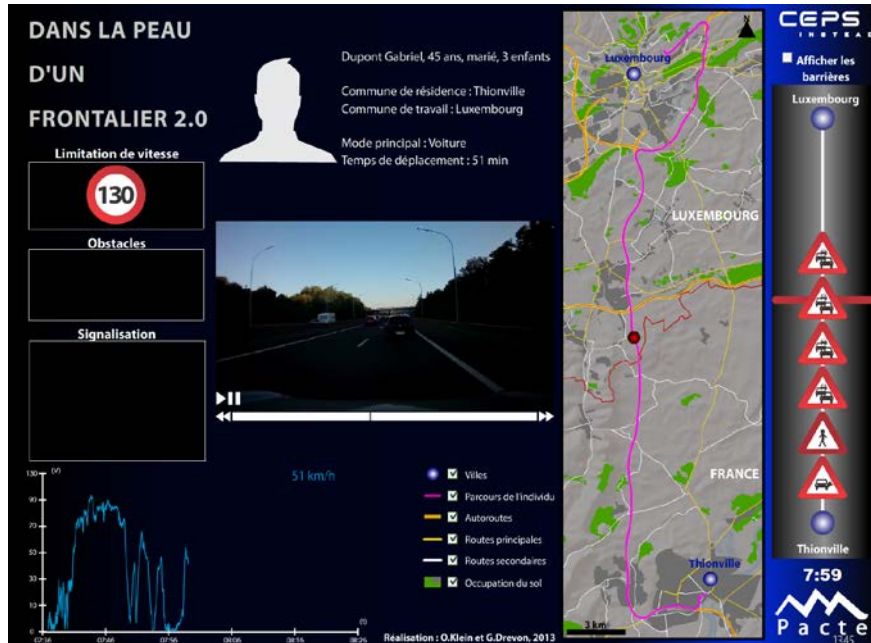


Figure 8 – Dans la peau d'un frontalier 2.0 – Vidéo géoréférencée du déplacement d'un actif frontalier mosellan vers le Luxembourg
Sources : Drevon G., Klein O., 2013

Besoin de dépasser l'approche descriptive. Bien souvent l'importance en durée et en moyens de la phase de collecte et de traitement des données GPS aboutit à négliger ou réduire considérablement la phase d'analyse qui se limite généralement à l'interprétation d'une juxtaposition de traces. Toutefois diverses approches complémentaires permettent de dépasser la simple interprétation.

En préalable, avant toute analyse, la masse de données collectées par GPS doit être traitée afin d'isoler, pour chaque enquêté, les lieux d'activités et les déplacements. Les lieux d'activités fréquentés par les individus, représentés géométriquement sous la forme de points, peuvent ensuite être étudiés à l'aide de méthodes issues de l'analyse spatiale. Parmi l'éventail des solutions, l'ellipse standard est un outil d'analyse adapté permettant de mesurer et de résumer les semis de points d'activités, de caractériser la dispersion et d'identifier une direction prédominante (Pumain et Saint-Julien, 1997). Cette analyse prend explicitement en compte la dimension temporelle puisque chaque

lieu est pondéré par la durée de l'activité qui y est pratiquée. L'ensemble des paramètres de cette analyse centrographique combiné avec des distances et des temps de parcours par modes est ensuite résumé et hiérarchisé à l'aide d'une analyse en composantes principales (Figure 9) et d'une classification hiérarchique ascendante (Drevon *et al.*, 2014).

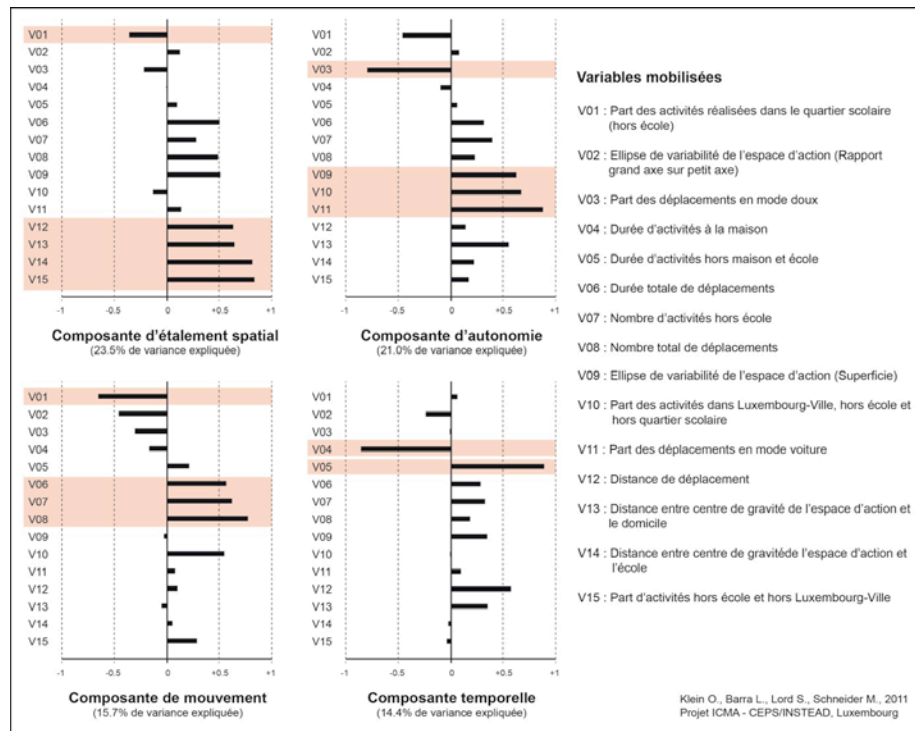


Figure 9. Exemples de composantes issues d'une analyse en composante principales de données issues d'un suivi par GPS

Sources : Klein O., Barra L., Lord S., Schneider M., 2011

Une telle approche statistique permet de créer des groupes d'individus ayant des comportements proches mais ne peut être envisagée sans une étape de visualisation spatialisée des résultats.

Visualisation. La visualisation est une complémentaire de l'analyse statistique, indispensable lors de la manipulation de données GPS. Elle propose une représentation cartographique adaptée face de la masse de données collectées. Les cartographies classiques semblent quelques peu limitées et doivent être complétées par des représentations interactives et animées. Ces formes ont un rôle déterminant notamment pour assurer le passage d'une dimension exploratoire à une communication adaptée (Antoni et Klein, 2003). Selon les caractéristiques du mouvement analysées (trace,

direction, flux...) différentes options s'offrent aux chercheurs ou aux décideurs. Toute une gamme de solutions cartographiques incluant les nouvelles technologies (Klein et Cauvin, 2011) est possible : possibilités sémiotiques, filtrage spatio-temporel ou encore modélisation en ayant recours à différentes formes de champs vectoriels. Parmi ces opportunités, la *Time Geography* permet de décrire les activités quotidiennes simultanément dans l'espace et dans le temps. Cette approche décrite plus haut, a connu un regain d'intérêt au début des années 2000 grâce aux possibilités offertes par les outils informatiques. Elle se fonde sur un langage défini, basé sur trois primitives graphiques élémentaires (McBride *et al.*, 2002 ; Yu, 2006) : stations, déplacements et chemins spatio-temporels. Ce type de représentation permet des analyses visuelles aussi bien des chaînes d'activités que de la coprésence d'individus partageant les mêmes lieux d'activités, à l'instar de M.P. Kwan (2000, 2002) appliquant cette démarche à l'identification de disparités de genre.

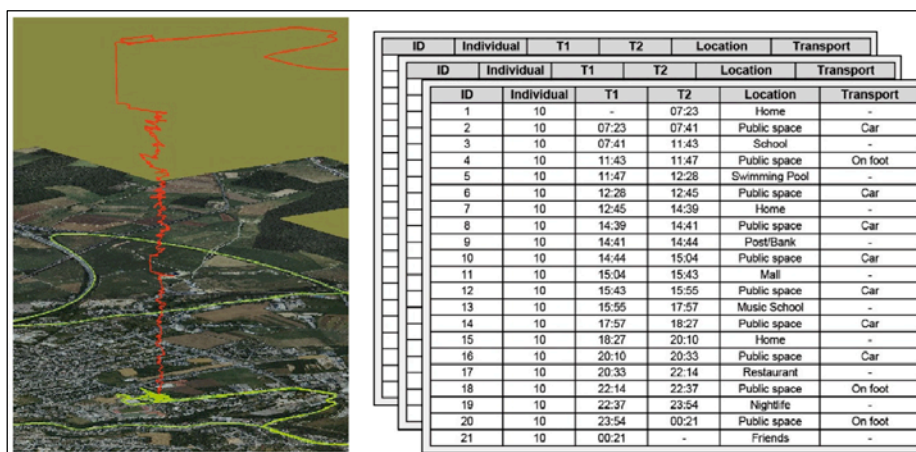


Figure 10 - Exemple de chemin spatio-temporel d'un élève scolarisé à Luxembourg-Ville

Sources : Klein O., Schneider M., 2011

Ces différents travaux menés au cours des dernières années sur de nombreuses thématiques, avec de multiples acteurs et sur de différents territoires permettent de tirer un certain nombre d'enseignements en matière de technologie et d'analyses thématiques.

2. APPORTS ET OUVERTURES

Sur la base des travaux et expérimentations de suivi GPS présentées un certain nombre d'éléments peuvent être mis en avant.

2.1. Des apports multiples

Apport des GPS. Associé à un carnet de bord, le suivi par GPS permet **une meilleure compréhension des parcours**. Cette association est une plus-value à différents niveaux. (1) Les déplacements entre origines et destinations, ainsi que les chemins suivis par les individus sont collectés automatiquement sans surcharge de travail pour les enquêtés. (2) Les itinéraires sont collectés pour tous les déplacements, même les plus courts. Des arrêts intermédiaires généralement non déclarés avec l'approche classique peuvent aussi être détectés. (3) Les horaires de départ et d'arrivée sont déterminés après les traitements des données GPS. Ils permettent d'identifier, d'une part, la durée d'une activité localisée et, d'autre part, la localisation des origines et destinations des déplacements. De ce fait, le recours au GPS apparaît comme **une véritable alternative aux enquêtes classiques** avec un enrichissement des données géographiques. Un tel suivi permet de disposer d'informations fournissant l'association d'un positionnement géographique à une donnée temporelle. Le GPS peut également être utilisé comme **un instrument de validation** permettant de vérifier les informations reportées par les enquêtés dans leurs carnets de bord. L'intégration de ce carnet de bord sous la forme d'un CAWI (*Computer-Assisted Web Interviewing*) dans une solution mobile permet aux interviewés de répondre aux questionnaires directement via internet comme dans le projet développé dans le cadre du réseau de villes Lela+.

Les technologies GPS déployées obligent également à prendre quelques précautions et à poursuivre les recherches. En amont, ils nécessitent notamment une phase d'explication sur le fonctionnement du GPS, les attentes et les objectifs avec les usagers porteurs des boîtiers. En aval du suivi à l'issue du recueil GPS, on rencontre encore des problèmes dans le séquençage des données recueillies, c'est-à-dire l'individualisation et l'identification automatisée des lieux d'activités et des déplacements, et le nettoyage des traces qui devront être résolus afin de permettre un usage plus partagé.

D'un point de vue thématique, l'enquête par GPS sollicitant moins l'enquêté peut être déployée sur plusieurs jours, semaines ou mois, sous condition d'un protocole rigoureux de recharge des batteries et de transfert de données collectées à intervalles réguliers. Les déplacements ayant traits à la routine peuvent être mieux identifiés. Parallèlement le suivi sur une plus longue période de certaines mobilités moins étudiées comme celles se déroulant le week-end est possible. Il permet d'appréhender les déplacements et les activités régulières, c'est-à-dire des déplacements non quotidiens mais ayant tout de même une fréquence non négligeable. Dès lors que la durée de l'enquête est plus longue, des analyses peuvent être menées selon des filtres temporels variables (quotidien, hebdomadaire, mensuel...). Les traces représentées mettent

particulièrement bien en évidence une pratique réticulaire des territoires, un usage quotidien limité aux axes de transports individuels et collectifs avec de larges portions du territoire qui ne sont pas directement explorés.

Apport des représentations dynamiques. Il faut insister sur l'importance des cartes dynamiques et de l'animation des représentations dans les recherches, dans les séances de réactivation avec un public variable, pour des démarches de co-construction de dialogue territorial et de développement d'une intelligence des mobilités. En ayant recours à la 3D, à l'interactivité, à l'animation et au multimédia différentes spécificités du mouvement peuvent être mises en avant en pouvant insister davantage sur certains aspects comme le déplacement, la trajectoire, les flux ou les variations d'occupation de l'espace. Par leur côté ludique et appropriable, ces représentations proches du dessin animées facilitent les analyses et la réactivation par les personnes étudiées elles-mêmes.

Apport de la réactivation. La réactivation des parcours a posteriori lors de l'analyse de déplacement individuel permet d'ajouter un volet qualitatif aux données de localisation collectées. Ces séances individuelles ou collectives alliées au décryptage des carnets de bord constituent un support solide pour les acteurs et les chercheurs. Le couplage GPS-vidéo réalisé sur plusieurs projets permet d'ajouter à la dimension observation une dimension pédagogique et de sensibilisation des acteurs locaux.

2.2. Des précautions

Au-delà des aspects technologiques, les expérimentations et recherches menées obligent à poser la question de l'acceptation de la démarche par le public concerné. Bon nombre des approches présentées nécessitent de tirer un échantillon important car les individus ne sont pas toujours prêts à être suivis, même virtuellement, durant une longue période. En effet, une majorité de la population reste frileuse face à ces technologies de géolocalisation. Pour 72 % des personnes interrogées par l'IFOP (2010) il est risqué de diffuser sur Internet en temps réel sa localisation géographique. Paradoxalement, ces mêmes personnes sont souvent des usagers actifs involontaires d'applications mobiles ayant recours à la géolocalisation. Ainsi acceptent-ils de fait les conditions d'utilisation des applications et l'éventuelle exploitation des données localisées induites qu'ils refusent dans les protocoles d'étude. Pour les commissions de protection des données – CNIL en France ou CNPD au Luxembourg – la géolocalisation est légalement encadrée et considérée comme une donnée individuelle. Les dispositifs permettant de collecter des données relatives à la géolocalisation de véhicules ou de personnes et d'identifier leurs déplacements, doivent être considérés comme des traitements de

données à caractère personnel (CNIL, 2013⁵). C'est pourquoi, dans toutes ces approches, un dispositif éthique accompagné d'un consentement éclairé des personnes interrogées doivent être rigoureusement mis en place et validé par les autorités compétentes.

Ces avancées permettent d'imaginer d'autres expérimentations, innovations et recherches.

2.3. Des pistes pour demain

Développements technologiques. Ces approches mobilisent des innovations technologiques et permettent de réfléchir à des fonctionnalités nouvelles susceptibles d'enrichir les enquêtes déplacements et au-delà. Le RFID peut être utilisés pour analyser la mobilité à d'autres échelles, à l'intérieur de lieux clés, comme les pôles d'échanges, les lieux publics ou encore au cœur même des logements. La combinaison de la localisation par GPS et de l'accélérométrie permet d'individualiser les modes dits actifs et d'estimer la part de mobilité active afin de déterminer l'impact de cette mobilité sur la santé pour lutter contre l'obésité et favoriser le vieillissement actif et en bonne santé. Des systèmes additionnels aux GPS et connectés mettent directement en lien mobilité et santé en temps quasi-réel avec des gains espérés en termes de qualité de vie. Ces objets connectés, mesurant des constantes médicales (bracelet ou ceinture connectés, tensiomètre bluetooth...) et calorimétriques (fourchette connectée), connaissent actuellement un succès marqué sur le grand public et des potentialités élevées pour une utilisation dans le cadre d'enquêtes mobilité et santé. L'association du GPS et de capteurs de pulsations permet d'imaginer une « cartographie émotionnelle des villes ». Les nouvelles lunettes connectées permettent d'envisager un suivi vidéo multimodal. A terme, à condition de pouvoir bénéficier d'une plus grande autonomie, les nouvelles montres connectées devraient pouvoir remplacer les boîtiers GPS.

L'enregistrement et la combinaison de l'ensemble des données numériques localisées créées quotidiennement par chaque individu (Tweet géolocalisés, check-ins sur Foursquare...) est également une voie d'exploration à privilégier en lieu et place des classiques enquêtes déplacements. Il reste à développer les méthodologies de traitement pour que ces *Big Data* deviennent des solutions viables pour appréhender les déplacements quotidiens. L'analyse exploratoire de données spatio-temporelles

⁵ CNIL, 2013, *Délibération n°2013-404 du 19 décembre 2013 portant avis sur un projet de loi relatif à la géolocalisation*, Demande d'avis n°13036690. <http://www.cnil.fr/fileadmin/documents/approfondir/dossier/geolocalisation/D2013-404-geolocalisation.pdf>

massives et le *data mining* semblent être les pistes privilégiées pour mieux analyser ces données : émergence de comportement, de structures ou de processus.

Développements thématiques. Les démarches et méthodologies utilisées, associées aux croisements possibles, permettent d'imaginer une multitude de développements thématiques comme l'approche des mobilités selon les sexes et les CSP, l'analyse des mobilités hors des déplacements domicile-travail, la mobilité événementielle, la mesure des vitesses ou la géographie présente des populations temporaires. Le couplage en cours entre ces suivis GPS et des protocoles de questionnaire qualitatifs en temps réels dans des entretiens embarqués dans les transports, permettent d'imaginer une exploration de l'« habiter réticulaire » de la route et des territoires à partir d'informations plus qualitatives sur les comportements.

Le croisement de ces données et traitements des déplacements avec d'autres éléments d'analyse des architectures spatio-temporelles comme l'offre urbaine permettent d'imaginer une approche plus complète de la complexité territoriale et de mesurer les inadéquations et les décalages entre l'offre et la demande (Figure 11).

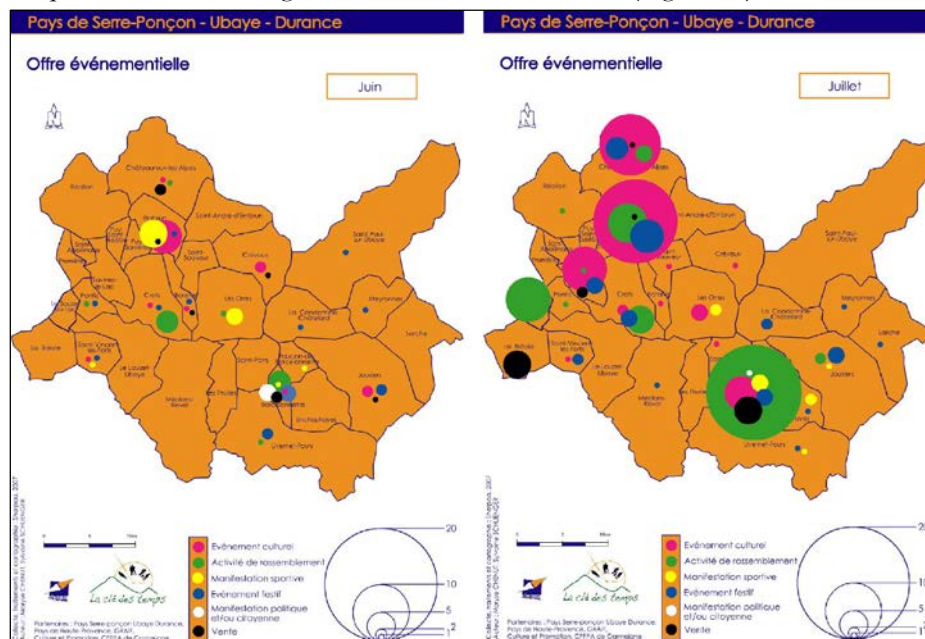


Figure 11 : Offre événementielle annuelle dans les Alpes de Haute-Provence

Sources : Chenut M., Schlienger S., Gwiazdzinski L., 2007

Toutes ces orientations s'inscrivent dans une approche plus large de la ville et des territoires, des espaces et des temporalités. Elles permettent d'imaginer le

déploiement d'un chrono-urbanisme et obligent à réfléchir à une identité de trace, une identité en mouvement (Gwiazdzinski, 2007a).

CONCLUSION

L'intégration du suivi GPS dans des démarches d'aménagement de réseaux, de développement ou d'animation territoriale développées depuis une quinzaine d'années a permis d'affiner les diagnostics, d'appréhender les usages des individus et de mobiliser des données et acteurs jusque là peu associés. Les premières représentations cartographiques des mobilités spatiales rendues possibles par l'utilisation du GPS sont de formidables outils de recherche, d'animation et de développement territorial qui peuvent être mobilisés par les politiques publiques, du diagnostic à l'évaluation en passant par la co-production de solutions adaptées. L'expérience a montré qu'elles permettaient notamment une meilleure appropriation individuelle et collective de la complexité des situations et des territoires. Au-delà du diagnostic, elles permettent une « imagilité » (Lynch, 1969) territoriale, amorcent un imaginaire, un potentiel et une « activité effective de réalisation » (Simondon, 2006).

Les premières cartes produites avec le GPS mettent l'homme au centre. Elles « désocialisent » moins « le territoire qu'elles représentent » (Harley, 1995) que d'autres formes plus classiques dans lesquelles l'individu est absent. Elles participent à la prise de conscience que les êtres humains bougent et « *vivent dans le paysage* » et non à distance. En mettant l'homme et les usages au centre, elles permettent de glisser du *hardware* au *software*, du matériel à l'intelligence collective, du béton à une architecture temporelle et sensible des villes et des territoires.

Ces recherches et expérimentations locales sont une invitation à explorer les contours d'un urbanisme à la fois temporel et temporaire et une incitation à imaginer les formes inédites de régulation d'une « ville malléable » (Gwiazdzinski, 2014), flexible, souple et adaptable dans ses espaces et dans ses temps, capable de limiter l'étalement et de favoriser l'intensité urbaine. Ces représentations obligent chercheurs et acteurs de la fabrique urbaine à changer de regard, pour penser, concevoir et gérer la ville en prenant en compte de manière simultanée la matérialité urbaine, les flux et les emplois du temps. Enfin, elles permettent d'imaginer des politiques publiques capables de participer à l'émergence de villes plus humaines, accessibles et hospitalières.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTONI, J.P., KLEIN, O. (2003), "L'animation d'anamorphoses. Un atout pour la communication en cartographie". In JOSSELIN D., FABRIKANT S. (coord.), *Cartographie animée et interactive, Revue Internationale de Géomatique*, vol. 13, n°1/2003, pp. 81-92.
- ALLEMAND, S., ASCHER, F. et LEVY, J. (dir.) (2005), *Les sens du mouvement. Modernité et mobilités dans les sociétés urbaines contemporaines*, Paris, Belin.
- AXHAUSEN, K.W. SCHONFELDER, S. WOLF, J. OLIVEIRA, M. SAMAGA, U. (2003), "80 weeks of GPS-traces: Approaches to enriching the trip information", 83rd Transportation Research Board meeting, Zürich, August 2003, 28 p.
- BARTHES, R. (1957), *Mythologies*, Paris, Seuil.
- BERGSON, H. (1907), *L'évolution créatrice*, Ouvrage originalement publié en 1907. 86e édition. Paris, Les Presses universitaires de France, 1959, 372 p.
- BONFIGLIOLI, S. (1990), *L'architettura del tempo*, Milano, Liguori Editore.
- CARLSTEIN, T. PARKES, D. THRIFT, N. (1977), *Timing Space and Spacing Time*, London, Arnold.
- CAUVIN, C. GWIAZDZINSKI, L. (2002), Représenter l'espace, représenter le temps, in BOULIN J.-Y., DOMMERGUES P., GODARD F., *La nouvelle aire du temps*, La Tour d'Aigues, Editions de l'Aube, DATAR, pp. 63-91.
- D'AMICO, P. (2013), *Partendo dalle periferie e un professore come guida*, Corriere della Sera, Milan, 16 décembre 2013
http://archivistorico.corriere.it/2013/dicembre/16/Maxistudio_del_Politecnico_per_leggere_co_0_20131216_ce55c0de-6619-11e3-9ab1-d0a8f0dc30ed.shtml
- DAOUD, R., GWIAZDZINSKI, L. FILLOD-BARBARINO N. (2009), *Le projet zigzag, un outil innovant pour observer les mobilités*, Rapport de recherche Pacte territoire, Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise sous la direction de N. Fillod-Barbarino et L. Gwiazdzinski, Agence d'urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, décembre 2009, 6p. [http://www.urbalyon.org/AffichePDF/Le_projet_ZIG-ZAG - un outil innovant pour observer les mobilités-2304](http://www.urbalyon.org/AffichePDF/Le_projet_ZIG-ZAG_-_un_outil_innovant_pour_obsERVER_les_mobilités-2304)
- DREVON, G. (2010), *Observation des mobilités transfrontalières*, Mémoire de master 2^{ème} année, sous la direction de Luc Gwiazdzinski, Grenoble, Université Joseph Fourier.
- DREVON, G., GERBER, P., KLEIN, O., ENAUX, C. (2014), « Intégration spatiale des frontaliers à travers les activités quotidiennes. Le cas de la région métropolitaine luxembourgeoise ». *Urbia – Les cahiers du développement durable*, n°16, pp.147-163.

- DREVON, G., KLEIN, O. (2013), « *Observation des mobilités quotidiennes. La vidéo géoréférencée, un changement de regard sur les déplacements des individus* ». Conférence Géomatique, Festival International de Géographie, Saint-Dié-des-Vosges.
- ESTEBE, P. (2008), « Gouverner la ville mobile. Intercommunalité et démocratie locale », *Lectures [En ligne], Les comptes rendus*, 2008, mis en ligne le 28 avril 2008, consulté le 10 juillet 2014. URL : <http://lectures.revues.org/571>
- FREMONT, A. (1976), *La région, espace vécu*, Paris, PUF, 223 p.
- GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E., LAWSON, C.T. (2012), "A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City", *Computers, Environment and Urban Systems*, 36, pp. 131-139.
- GONG, L., MORIKAWA, T., YAMAMOTO, T., SATO, H. (2014), "Deriving Personal Trip Data from GPS Data: A Literature Review on the Existing Methodologies". *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 138, pp. 557-656.
- GREENFIELD, A. (2006), *The dawning age of ubiquitous computing*, Berkeley, New Riders.
- GWIAZDZINSKI, L. (2014), Face aux nouveaux régimes temporels métropolitains. Les pistes du chrono-urbanisme pour une ville malléable, *Revue Urbia* n°16, Observatoire universitaire de la ville et du Développement durable, Lausanne, p.179-192.
- GWIAZDZINSKI, L. (2013a), Teenagers in the contemporary city: Hypermodern times, spaces et practices, in HENCKEL D., KONECKE B., STABILINI S., THOMAIER S., ZEDDA, R. (Eds) (2012), *Space-Time Design of the Public City. Urban and Landscape Perspectives*, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, Springer.
- GWIAZDZINSKI L. (2013b), *Genève explore sa nuit*, Rapport final, Ville de Genève, Université Joseph Fourier. http://www.ville-geneve.ch/fileadmin/public/Departement_3/Documents_d_actualite/Geneve-explore-sa-nuit-rapport-final.pdf
- GWIAZDZINSKI, L. (2011), La ville par intermittence. Des temps de la fête à un urbanisme des temps, *Cidades, Revista científica*, volume 8, n°13, pp.318-335.
- GWIAZDZINSKI, L. et al., (Dir.), (2009a), *La Clé des temps, Saison 1*, DIACT, Région Provence Alpes Côte d'Azur, 166p.
- GWIAZDZINSKI, L. (2009b), Chronotopies. L'événementiel et l'éphémère dans la ville des 24 heures, *BAGF*, vol 86, n°3, pp. 345-357.
- GWIAZDZINSKI, L. (dir.), (2008), *Le temps des adolescents, Une approche spatio-temporelle des adolescents en périphérie de Besançon*, Rapport d'étude à l'Union française des centres de vacances (UFCV), 89p.
- GWIAZDZINSKI, L. (2007a), Redistribution des cartes dans la ville malléable, *Revue Espace, Population, Sociétés* n°2007-3.

- GWIAZDZINSKI, L. (2007b), *L'évolution des temps de loisirs, rapport d'étude à l'Union française des centres de vacances (UFCV)*, 148p.
- GWIAZDZINSKI, L., RABIN, G. (2007c), *Périphéries, Un voyage à pied autour de Paris*, L'Harmattan.
- GWIAZDZINSKI, L. (2007d), *Nuits d'Europe, Pour des villes accessibles et hospitalières*, Ministère des transports, Belfort-Montbéliard, UTBM Editions, 206p.
- GWIAZDZINSKI L., (2007e), *Etude « T comme Temps », Programme Equilibres vie familiale, vie professionnelle*, Equal, Union européenne, Communauté de communes du Ségala Carmausin
- GWIAZDZINSKI, L. (2006), *Déplacements des jeunes de Nanterre*, Assises de la jeunesse, 4-10 décembre 2006.
- GWIAZDZINSKI, L. (2005a), *Programme de recherche « Mobijeunes, la mobilité des jeunes en soirée »*, PREDIT, 2004-2005.
- GWIAZDZINSKI, L. (2005b), *Programme de recherche « Nocturnes, Services de mobilités nocturnes en Europe »*, PREDIT, 2003-2005.
- GWIAZDZINSKI, L. (2004a), *Petite géographie des temps sociaux*, *Revue Tempos* n°2, Institut du temps Chronopost, juin 2004, pp.14-26.
- GWIAZDZINSKI, L. (2004b), *Programme « NUIT » pour l'Institut pour la ville en mouvement*, 2002-2004.
- GWIAZDZINSKI, L. (2003a), *La ville 24h/24 ?* Editions de l'Aube, DATAR, 252p.
- GWIAZDZINSKI, L. (2003b), *Recherche-action dynamiques solidaires, « Nouvelles organisations des temps sociaux et nouvelles inégalités »*, pour le Secrétariat à l'Economie solidaire auprès de la Ministre de l'Emploi et de la solidarité, 2002-2003.
- GWIAZDZINSKI, L. (Dir.), (2001a), *Premières balises pour le futur, de la résistance à l'offensive*, Rapport final de la démarche prospective Carnets 2010, Conseil général du territoire de Belfort, 39p.
- GWIAZDZINSKI, L. (2001b), *Penser l'espace et le temps*, *Revue Territoires*, n°420, septembre 2001, pp. 5-9.
- GWIAZDZINSKI, L., KLEIN, O., PUJO, E., 2001, *Une fonction essentielle d'observation et de représentation*, *Territoires*, n°420, septembre 2001, pp. 14-24.
- HÄGERSTRAND, T. (1970), *What about people in regional science?* Papers of the Regional Science Association, n°24, 7-21.
- HARLEY, B. (1995), *Cartes, Savoir et pouvoir*, in *Le pouvoir des cartes, Brian Harley et la cartographie*, Peter GOULD et Antoine S. BAILLY, Paris, éd. Anthropos, pp 19-51.
- HENKEL, D., EBERLING, M. (2000), *Alles zu jeder Zeit, Die Städte auf dem Weg zur kontinuierlichen Aktivität*, Berlin, Difu-Beiträge zur Stadtforschung.

- KLEIN O., CAUVIN C. (2011), *How to grasp the geographic movement? A heuristic guide for its cartographic representation*, Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, International Cartographic Association, 9 p.
- KLEIN, O. SCHNEIDER, M. (2011), *Activités et déplacements intra-urbains des enfants scolarisés à Luxembourg-Ville*. Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, International Cartographic Association, 10 p.
- KLEIN, O. LORD, S. SCHNEIDER, M. BARRA, L. (2012), *Mieux comprendre les déplacements quotidiens des écoliers de Luxembourg-Ville grâce au GPS. Vivre au Luxembourg*, CEPS/INSTEAD, n°80, Mars 2012, 2 p.
- 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*, vol. 8, n°1-6, pp. 185-203.
- KWAN, M.P. (2002), Feminist Visualization: Re-envisioning GIS as a Method in Feminist Geographic Research. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 92, n°4, pp. 645-661.
- LEFEBVRE, H. (1992), *Eléments de rythmanalyse*, Syllepse.
- LEPETIT, B., PUMAIN, D. (1993), *Temporalités urbaines*, Anthropos.
- LIPOVETSKY, G. (2004), *Les temps hypermodernes*, Grasset.
- LYNCH, K. (1969), *L'image de la cité*, Paris, Dunod.
- MCBRIDE, S., MA, D., ESCOBAR, F. (2002), *Management and Visualisation of Spatiotemporal information in GIS*. Presented at SIRC 2002, The 14th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Center, University of Otago, Dunedin, New Zealand, December 3-5th, 13 p.
- MURAKAMI, E., WAGNER, D.P. (1999), Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting?, *Transportation Research Part C*, vol. 7, pp. 149-165.
- SIMONDON, G. (2006), *Cours sur la perception (1964-1965)*, Paris, Editions de la Transparence.
- STOPHER, P.R., FITZGERALD, C., XU, M. (2007), Assessing the accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS", *Transportation*, vol. 34, n°6, pp. 723-741.
- STOPHER, P.R., GREAVES S.P. (2007), "Household travel surveys: Where are we going?", *Transportation Research Part A*, vol. 41, pp. 367-381.
- SWELLER, J. (1994), *Cognitive Load Theory, learning difficulty and instructional design*, *Learning and Instruction*, vol. 4, 1994.
- THOENIG, J.-C. (2010), Politique publique, in Boussaguet L. et al., *Dictionnaire des politiques publiques*, Editions de Sciences Po, pp. 420-427.
- WAGNER, D.P. (1997), *Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys. Lexington Area Travel Data Collection Test*. Final Report. Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 92 p.

- WOLF, J., GUENSLER, R., BACHMAN, W. (2001a), *Elimination of the Travel Diary: An experiment to derive trip purpose from GPS travel data*. 80th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington D.C., 22 p.
- WOLF, J., LOECHL, M., MYERS, J., ARCE, C. (2001b), *Trip rate analysis in GPS-enhanced personal travel surveys*. International Conference on Transport Survey Quality and Innovation, Kruger Park, South Africa, August 2001, 14 p.
- YU, H. (2006), Spatio-temporal GIS Design for Exploring Interactions of Human Activities". *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 33, n°1, pp. 3-19.
- ZEDDA, R., GWIAZDZINSKI, L. (2006), Il Piano degli spostamenti per il sito industriale della PSA Peugeot Citroën di Sochaux. Un approccio spazio-temporale, *Revue Trasporti & Territorio (T&T)*, Eupalino Erl, Milano, Politecnico de Milano - Centro per lo sviluppo del polo di Piacenza.