CO-079

ACTIVITES ET DEPLACEMENTS INTRA-URBAINS DES ENFANTS SCOLARISES A LUXEMBOURG-VILLE

KLEIN O., SCHNEIDER M.
CEPS/INSTEAD, DIFFERDANGE, LUXEMBOURG

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le projet Interreg IVb ICMA (Improving Connectivity and Mobility Access), regroupant 11 partenaires du nord-ouest européen, vise à favoriser des alternatives à la voiture, notamment dans les premiers et derniers kilomètres des déplacements. L'objectif principal de ce projet est d'inciter les individus au report modal en faveur des transports en commun ou des modes doux. Une des possibilités d'action passe par des phases d'information et d'éducation. Dans ce contexte, les enfants forment un groupe cible particulier toujours intégré dans une phase d'apprentissage.

Le public auquel s'intéresse cette étude est à un âge charnière, où l'individu se situe dans un entre-deux : la préadolescence. Il n'est plus tout à fait petit, mais pas encore assez grand pour disposer d'une réelle autonomie et indépendance. Pourtant, ce préadolescent éprouve de plus en plus le besoin de quitter le cocon familial pour des activités quotidiennes indépendantes. Au demeurant, ses sorties restent encore très limitées puisqu'à l'âge considéré (entre 10 et 12 ans), l'usage d'engins motorisés pour se déplacer n'est pas encore autorisé. Par conséquent, la dépendance envers les adultes semble encore très marquée surtout pour les déplacements les plus lointains et les plus contraignants. Pour beaucoup d'auteurs, ces besoins d'indépendance et d'autonomie sont deux aspects primordiaux caractérisant ces jeunes adolescents (Bachiri, 2006). Des travaux, notamment dans le domaine de la psychologie (Palmonari et al., 1994), montrent qu'au début de l'adolescence, ces individus affichent un besoin d'autonomie, de mouvements et d'espaces qui se manifestent par une augmentation des sorties et des rencontres en dehors de l'univers familial et de la sphère de contrôle des parents. Jusque très récemment, peu d'informations étaient disponibles sur cette catégorie d'usagers urbains. En effet, l'enquête ayant trait à des enfants est toujours un processus délicat à mettre en place notamment à cause de réglementations spécifiques strictes liées aux droits de l'enfants et, par conséquent, aux multiples autorisations préalables indispensables (parents, éducation nationale, commission de protection des données, etc.).

Pourtant, l'enfant est un véritable acteur de la ville. Mais, il est aussi un individu très vulnérable, notamment lors de ses déplacements. Dans le cas de la ville de Luxembourg, 15 accidents de la circulation impliquant directement des 10-12 ans ont été dénombrés en deux ans (Ley, 2010). C'est pourquoi, dans une démarche de sensibilisation à la sécurité routière, la ville de Luxembourg a entrepris d'élaborer un plan de ville pour les enfants. Ce Kinderstadtplan a été construit sous la forme d'une démarche participative ayant impliqué près de 400 enfants scolarisés dans les écoles primaires de la ville (Streitz, 2009). Bien que ce plan, au demeurant très riche en informations, recense l'ensemble des lieux ayant de l'intérêt pour les enfants, il n'apporte aucune information sur les espaces réellement fréquentés par les préadolescents dans la ville.

Face à ce constat d'absence de connaissances au sujet des mobilités quotidiennes des enfants au Grand-duché, cette communication s'attache à présenter les premiers résultats d'un projet en cours ayant pour terrain d'étude la ville de Luxembourg. Les premiers résultats présentés se concentrent sur des possibilités de représentations cartographiques des espace-temps des préadolescents. Pour ce faire, face à l'insuffisance des données existante, dans un premier temps, une démarche d'enquête adaptée au public est mise en place et, dans un second temps, de premières représentations cartographiques sont proposées.

2. APPROCHES ET MÉTHODES

En cherchant à appréhender le quotidien de préadolescents, la représentation spatialisée de l'information offre un support de visualisation qui permet d'étudier leur mobilité quotidienne en prenant en compte l'ensemble des déplacements qui relient leurs activités. Néanmoins, pour aboutir à de telles visualisations, il est indispensable d'avoir à dispositions les données adéquates.

En premier, les informations nécessaires aux activités peuvent être abordées par les trois questions classiques de la géographie, à savoir : Quoi ? – nature des activités, Où ? – localisations des activités, et Quand ? – horaires des activités (figure 1).

Questions	Information à collecter
Quoi ?	- activités quotidiennes établissements et lieux d'activités
Où ?	- localisation des lieux d'activités
Quand ?	- heures de début et de fin d'activités

O. Klein et M. Schneider - 2011
d'après O. Klein - 2007

Figure 1 - Caractéristiques des informations "activités" à collecter

En second, le déplacement est lui plus complexe à appréhender. Il est envisagé comme une clé d'entrée permettant d'effectuer successivement des activités distantes spatialement. Ce déplacement peut donc ici se définir comme un mouvement qu'effectue une personne en fonction d'un but entre une origine et une destination, selon un horaire de départ et d'arrivée à l'aide d'un ou plusieurs modes de transports (Klein, 2010). Certes, l'ensemble des données caractérisant un déplacement est complexe à collecter, puisqu'il combine à la fois des données spatiales (localisations), temporelles (horaires) et thématiques (modes de déplacements, motifs...). L'ensemble des éléments à collecter est détaillé dans le tableau ci-dessous (Figure 2).

Questions	Information à collecter
Qui ? et avec qui ?	- individus : écoliers • caractéristiques associées (âge, sexe, type de ménage...) - individus en co-présence (parents, instituteur, amis...)
Quoi ?	- activités quotidiennes • lieux d'activités et caractéristiques associées
Où ? → d'où ? / vers où ? / par où ?	- localisation de la résidence des écoliers - localisation des activités quotidiennes - tracé des déplacements entre activités • origine(s) • destination(s) • itinéraire(s) entre origine(s) et destination(s)
Quand ? → A quel moment ? → Combien de temps ? → Combien de fois ?	- constitution des emplois du temps quotidiens • jours et horaires des activités • jours et horaires des déplacements • temps de trajets • fréquence des activités et des déplacements
Pourquoi ?	- motifs de déplacements
Comment ?	- modes de déplacements

O. Klein & M. Schneider - 2011
d'après O. Klein - 2007

Figure 2 - Caractéristiques des informations "déplacements" à collecter

La masse de données à collecter pour chaque déplacement et chaque activité constitue un véritable obstacle lorsqu'on utilise des techniques d'enquêtes classiques par questionnaires. Avec de telles techniques, l'individu enquêté se retrouve rapidement submergé par la quantité d'informations à renseigner et risque, non seulement, d'oublier de renseigner certains éléments, mais aussi, de refuser de répondre. Aussi, les techniques d'enquêtes en face à face, par téléphone ou à l'aide de carnets de bord auto-administrés sont bien limités. Lors de pré-test, le constat est fait que bien souvent les enquêtés omettent, involontairement, de mentionner certaines informations comme les déplacements les plus courts. Un retrait bancaire lors d'un trajet entre le domicile et un centre commercial est un exemple d'oubli fréquemment observé en réinterrogeant ultérieurement les enquêtés. De prime abord, les parcours sont très difficiles à décrire avec précision et les chemins suivis par les individus sont généralement difficiles à reproduire a posteriori.

Aussi, l'utilisation de la technologie GPS constitue une alternative aux enquêtes classiques puisqu'un tel suivi permet de disposer d'informations fournissant l'association d'un positionnement géographique à une donnée temporelle. Toutefois, l'utilisation de GPS sans l'associer à un tableau de bord limite l'exploitation de l'enquête. Dans leurs travaux E.H. Chung et al. (2005) montrent l'intérêt de combiner des données d'enquête par questionnaire avec un suivi par GPS. Cette association offre une véritable valeur ajoutée à plusieurs niveaux :

(1) Les déplacements entre les origines et les destinations, ainsi que les chemin suivis par les individus, sont collectés automatiquement sans surcharge de travail pour les enquêtés.

(2) Les chemins parcourus sont collectés pour tous les déplacements, même les plus courts. Des arrêts intermédiaires non déclarés avec l'approche classique peuvent ainsi être détectés.

(3) Les horaires de départ et d'arrivée sont déterminés après 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.

(4) Le GPS peut également être utilisé pour vérifier les informations reportées par les enquêtés dans leurs questionnaires de suivis.

Toutefois, le choix du GPS est un élément à ne pas négliger. Face aux solutions technologiques disponibles sur le marché, il est nécessaire que le matériel choisi puisse collecter des données permettant de reconstruire les chemins spatio-temporels des individus. L'appareil doit également être relativement petit, peu encombrant et léger afin de ne pas gêner l'enquêté. Dans le cadre d'un suivi des préadolescents, nous avons retenu un système pouvant s'attacher au poignet. Une fois démarré, l'appareil doit pouvoir fonctionner en totale autonomie sur au moins une journée complète et enregistrer l'ensemble des localisations. Enfin, les données recueillies doivent être facilement transférable vers un SIG.

L'enquête mise en place auprès des écoles de la ville de Luxembourg se compose donc de deux parties : un questionnaire se remplissant via une interface accessible par internet et un suivi par GPS. Cette combinaison "Questionnaire - GPS" demande de suivre un protocole précis. Il s'agit de fournir préalablement un nombre suffisant de GPS à l'ensemble des élèves d'une classe après avoir obtenu une autorisation parentale de chacun d'eux. Ainsi, la veille du premier jour d'enquête (jour - 1), les enfants reçoivent les consignes de la part d'un membre de l'équipe de recherche qui leur présente les contours du projet. L'ensemble du processus d'enquête est communiqué à la classe avec une explication détaillée du fonctionnement du GPS. Le lendemain matin, le premier jour d'enquête (jour 1) commence dès le réveil avec le démarrage du GPS par l'enfant pour toute cette journée. Lors du second jour d'enquête (jour 2), tout comme le jour précédent, l'enfant doit porter une attention plus particulière à ses activités et déplacements afin qu'il puisse remplir en fin d'enquête le questionnaire le plus fidèlement possible (via une interface de saisie sur Internet). Enfin, le dernier jour (jour 3), l'enfant doit répondre à un questionnaire concernant ses déplacements et ses activités pour les jours 1 et 2 (Figure 3). Pour ce faire, la classe enquêtée accède à une salle informatisée où chaque élève répond individuellement à un questionnaire interactif diffusé par internet. Pour le bon fonctionnement de l'enquête, la classe est encadrée par l'instituteur assisté par trois membres de l'équipe de recherche. Le taux d'encadrement des élèves est d'environ un adulte pour quatre enquêtés. Selon le nombre d'activités de chaque enfant, le remplissage du questionnaire peut prendre entre 1h et 1h30, sachant qu'il est préférable que l'ensemble des enfants avance au même rythme pour minimiser les risques d'erreurs.

Jour	Action	Encadrement
Jour -1	Mise à disposition des GPS et explications	1 chercheur
Jour 1	1er jour d'enquête + relevé GPS	Enseignant (contrôle GPS)
Jour 2	2ème jour d'enquête	-
Jour 3	Remplissage du questionnaire relatif aux jours 1 et 2	3 chercheurs (minimum) 1 enseignant

Figure 3 - Extrait de l'interface de saisie du questionnaire

A l'issue de cette phase de collecte de données, les deux enquêtes combinées nous permettent de disposer de données les mieux adaptées à notre problématique initiale. A présent, l'exploration et la communication de résultats s'effectuent selon des méthodes de représentations adaptées, en fonction des objectifs de visualisation.

3. PREMIERS RÉSULTATS

La question des représentations est incontournable lorsqu'on cherche à appréhender les mouvements quotidiens. Le cœur du problème est de représenter graphiquement les mouvements quotidiens en portant l'attention à l'aspect dynamique des données. Toutefois, l'utilisation conjointe de deux techniques d'enquête permet en premier lieu de conforter la qualité des données collectées.

Les résultats issus des premières exploitations statistiques des données collectées permettent de mettre en évidence l'apport de la combinaison des données d'enquête. En se focalisant, tout d'abord sur les activités quotidiennes, la technique de suivi par GPS permet d'augmenter la qualité de l'information recueillie. Sur la figure 4, l'individu enquêté a, par exemple, omis de renseigner deux activités qui ont été détectées lors de l'analyse des données GPS. Etant données les bases de données géoréférencées à disposition et nos connaissances du terrain d'étude, les lieux d'activités ont pu être qualifiés a posteriori. En premier, la piscine, qui étant donnée la pratique dans le cadre scolaire, n'avait pas été identifié comme un déplacement par l'enfant et, en second, l'arrêt à la poste a également été oublié lors du déplacement vers le centre commercial. Par ailleurs, le GPS a également permis d'affiner les horaires des activités avec plus de précision et a surtout offert la possibilité de compléter les horaires que le préadolescent n'avait pas complété.

	Activité					
	Enquête		GPS		Différence (abs)	
Lieux	Heure de début	Heure de fin	Heure de début	Heure de fin	Heure de début	Heure de fin
Maison	-	7h20	-	7h23	-	3
Ecole	7h45	12h30	7h41	11h43	4	47
Piscine (avec l'école)	?	?	11h47	12h28	?	?
Maison	12h45	13h10	12h45	14h39	0	1h29
Poste/Banque	?	?	14h41	14h44	?	?
Centre Commercial	14h05	15h40	15h04	15h43	36	3
Ecole de Musique (Conservatoire)	16h00	18h00	15h55	17h57	5	3
Maison	18h20	?	18h27	20h10	3	?
Restaurant	20h30	21h50	20h33	22h14	3	24
Activité Nocturne	22h00	23h50	22h37	23h54	37	4
Amis	00h05	-	00h21	-	16	-

Figure 4 - Exemple d'un emploi du temps des activités d'un écolier

Concernant les déplacements, des vitesses peuvent être calculées à partir des données GPS collectées. Celle-ci permettent compte-tenu des parcours suivis de compléter les modes supposés avec une certaine marge d'erreur qui peut être précisée au niveau des métadonnées. Par contre, les heures de départ et d'arrivée peuvent être déterminées avec certitude, dès qu'un mouvement est détecté (figure 5).

Déplacement						
Enquête				GPS		
Mode	Heure de départ	Heure d'arrivée	Accompagnement	Mode supposé	Heure de départ	Heure d'arrivée
-	-	-	-	-	-	-
En Voiture	7h20	7h45	Père	En Voiture	7h23	7h41
?	?	?	?	A pied	11h43	11h47
En voiture	12h30	12h45	Père	En voiture	12h28	12h45
?	?	?	?	En voiture	14h39	14h41
En voiture	13h10	14h05	Mère	En voiture	14h44	15h04
En voiture	15h40	16h00	Mère	En voiture	15h43	15h55
En voiture	18h00	18h20	Mère	En voiture	17h57	18h27
En voiture	?	20h30	Parents	En voiture	20h10	20h33
A pied	21h50	22h00	Parents	A pied	22h14	22h37
A pied	23h50	00h05	Parents	A pied	23h54	00h21

Figure 5 - Exemple d'un emploi du temps des déplacements d'un écolier

A partir de ce croisement de données issues des deux techniques d'enquêtes combinées, les premiers résultats peuvent être cartographiés. Ainsi, la carte de la figure 6 montre l'ensemble des trackpoints (4707) de la journée d'un enfant de 12 ans qui habite à environ 7,5 km de son école. Le nombre de point peut donner une certaine forme "d'intensité de points" en un lieu donné. Cette "intensité" cartographiée utilise la méthode statistique d'estimation de la densité de probabilité d'une variable aléatoire (densité de Kernel) et permet de représenter l'intensité des points en un lieu donné. Dans l'ensemble, les informations recueillies par les GPS sont d'assez bonne qualité, le temps ensoleillé et l'absence d'édifices élevés à proximité (immeuble par exemple) de la zone d'étude y ont participé. Evidement, une fois que le GPS se situe à l'intérieur d'un bâtiment (Ecole, Centre Commerciale…), une perte de signal se produit. Dans des cas plus rares, des trackpoints aberrants peuvent apparaître.

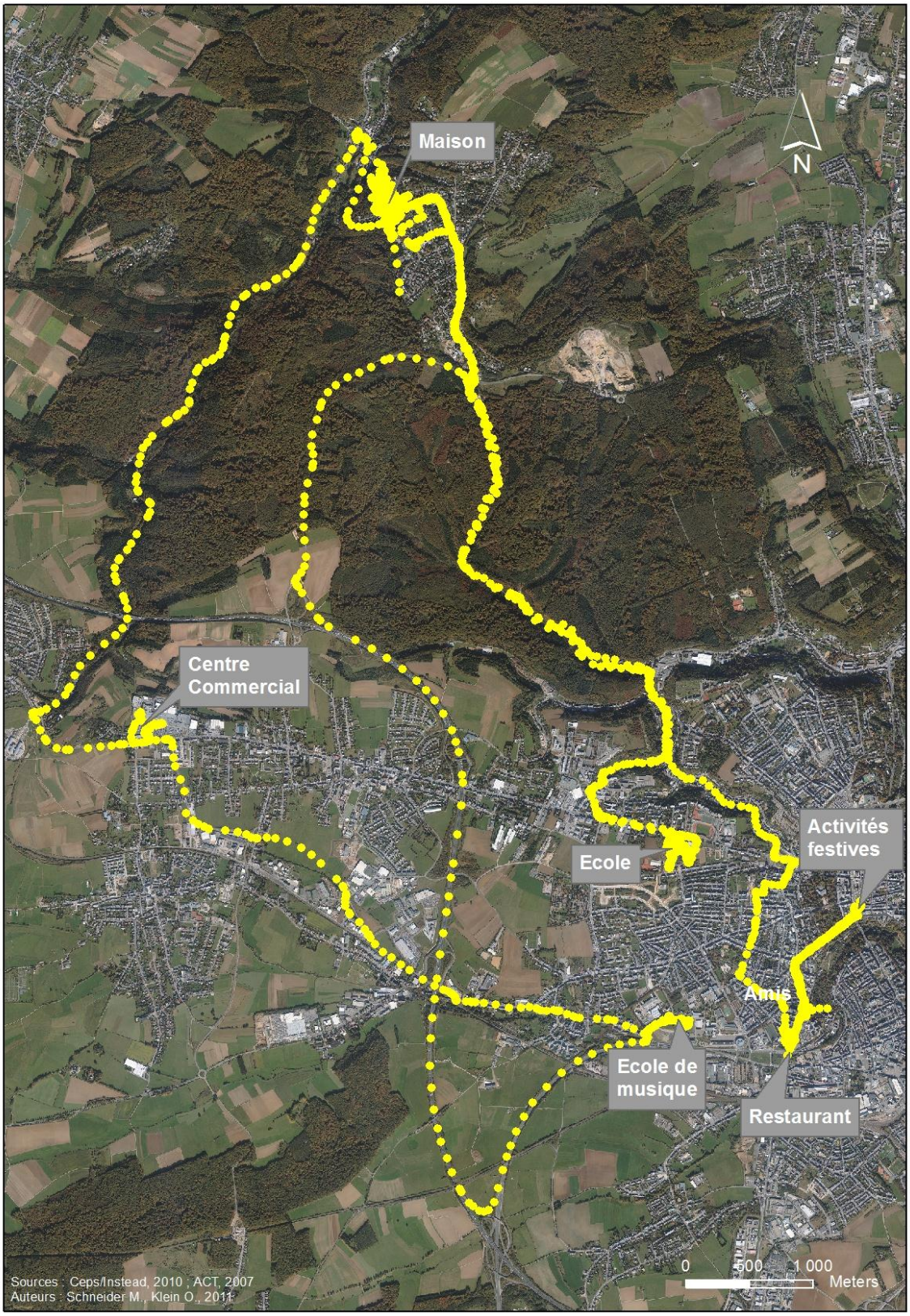

Figure 6 - Exemple d'un suivi par GPS d'un élève habitant Luxembourg-Ville

La figure 7 témoigne de l'utilisation de la carte permettant de révéler distinctement les lieux de stationnement, et donc d'activités, dès que la densité de trackpoints dépasse un seuil significatif. A l'opposé, en dessous de ce seuil, cette densité plus faible traduit la dynamique des déplacements. Le couplage des points GPS avec le questionnaire permet de repérer spatialement les déplacements selon un

mode donné, notamment grâce à la vitesse calculée. Pour l'écolier considéré dans l'exemple, il est ainsi possible de distinguer deux grands modes : voiture et piéton. L'essentiel des trajets est effectué en véhicule motorisé, sauf la partie reliant le restaurant, l'activité festive et le retour chez les amis (couleur orange).

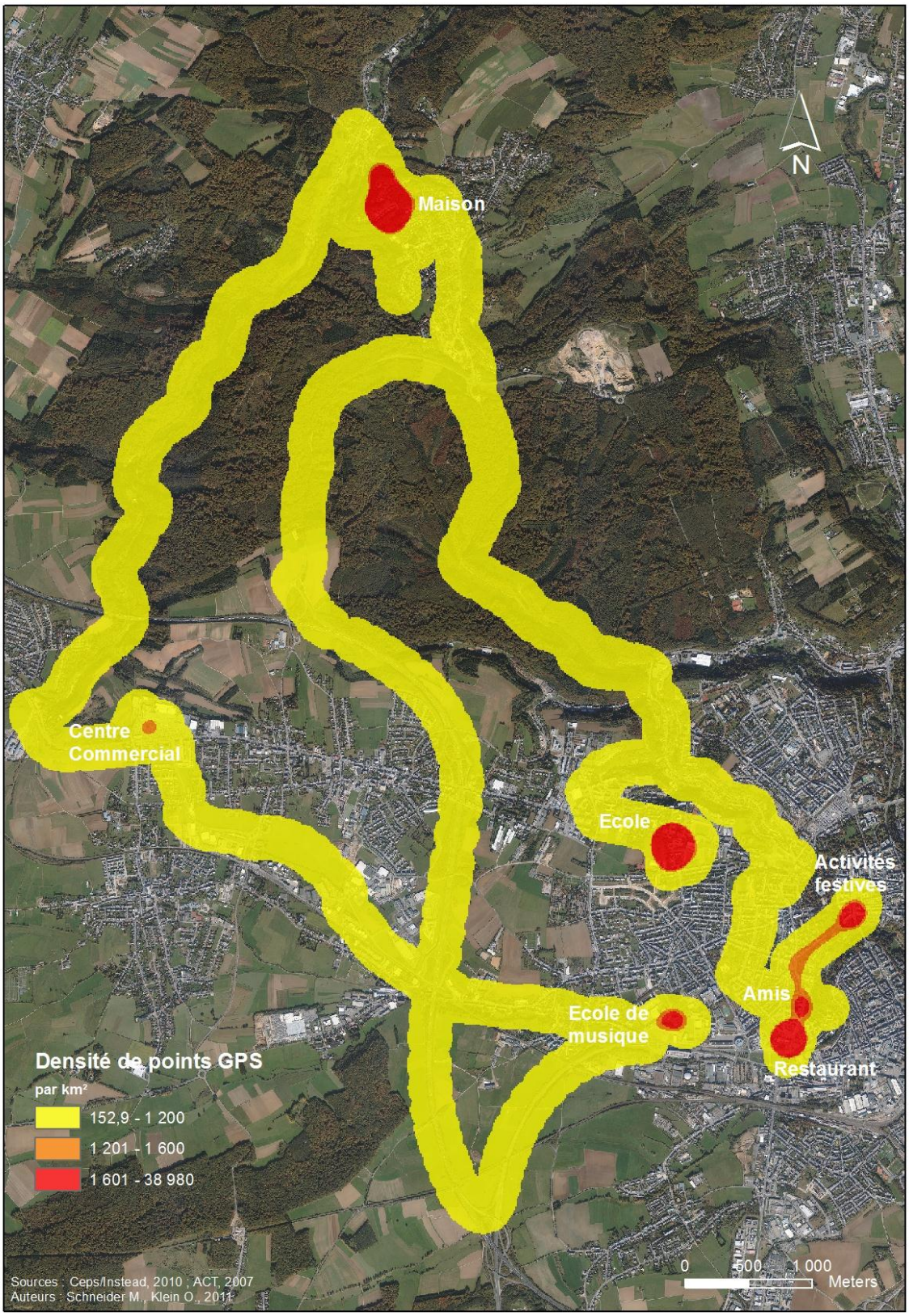

Figure 7 - Identification des lieux d'activités et des déplacements

Sur l'ensemble de la journée, l'enfant, dont les déplacements et les activités ont été cartographiés sur les figures 6 et 7, a parcouru plus de 56 km (incluant 3,3 km à pied). Il a été à l'école une demi-journée et a effectué cinq activités extrascolaires dans l'après-midi et la soirée (Figure 8).

Activités/Déplacements	Durée
Somme totale des temps dédiés aux activités de la journée (statique) :	14h02
• Maison	3h37
• Ecole	4h43
• Activités de loisirs	5h42
Somme des temps dédiés aux déplacements de la journée (dynamique) :	2h56
• trajets Maison/Ecole/Maison	0h35
• trajets Maison/Loisirs	2h21

Figure 8 - Tableau de synthèse des temps d'activités et de déplacement d'un enfant

Une autre approche s'appuyant sur le cadre conceptuel de la Time Geography offre la possibilité de décrire les activités quotidiennes, aussi bien, dans l'espace que dans le temps. Cette approche issue des travaux menées au début des années 70 par T. Hägerstrand, connait un nouvel intérêt depuis une dizaine d'années. Ce regain d'intérêt s'explique principalement par les possibilités qu'offrent les outils informatiques. L'intérêt principal de l'approche est de donner des possibilités de rendre compte des mouvements simultanément dans l'espace et dans le temps. Cette approche se fonde sur un langage graphique défini dans un espace tridimensionnel composé de deux dimensions spatiales associées à une dimension temporelle (Figure 9).

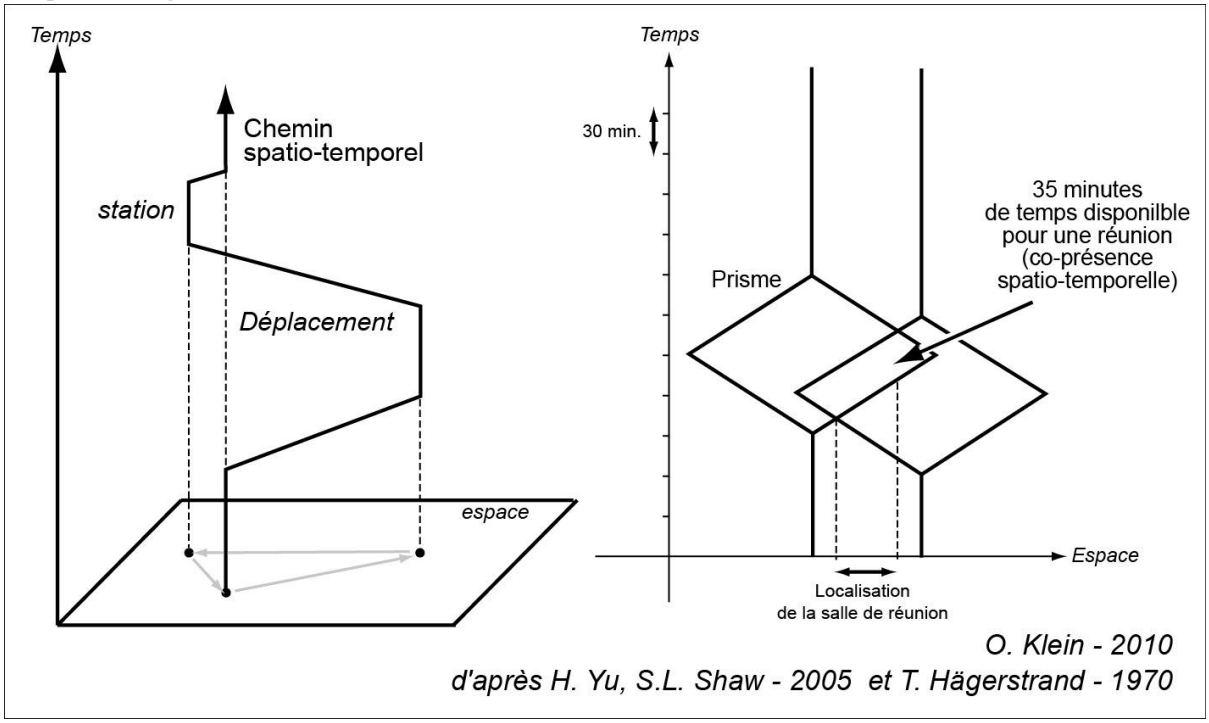

Figure 9 - Primitives élémentaires de la Time Geography

Les trois primitives graphiques élémentaires (McBride et al., 2002 ; Yu, 2006) forment les éléments de base de ce type de représentations : chemins spatio-temporels, stations et déplacements. Ils permettent d'appréhender visuellement les déplacements et les lieux d'activités quotidiens des enfants. Ces représentations combinant directement espace et temps permettent d'utiliser pleinement le potentiel des données GPS collectées lors de l'enquête. Elles ne sont cependant pertinente qu'en se limitant à un nombre restreint d'individus. Selon les auteurs (Chardonnel, 1999 et Klein, 2007) et selon les configurations spatio-temporelles, le seuil de lisibilité peut varier entre une vingtaine et un demi-millier d'individus représentés. Toutefois, la borne supérieure de ce seuil est fortement dépendante du phénomène représenté. Ainsi, si un élément synchronise spatialement et temporellement l'ensemble des individus, le nombre d'individus représenté pourra être plus important. Dans le cadre de notre application, à cette étape du projet, nous nous limitons volontairement, à la représentation des individus d'une seule classe afin de voir si selon l'école fréquentée les territoires du quotidien sont identiques. Ce type de représentation (figure 10)

permet de se focaliser sur les chaînes d'activités d'un préadolescent afin de le comparer à des individus et des sous-groupes d'individus d'un point de vue spatial, temporel et spatio-temporel.

Figure 10 - Exemple de chemin spatio-temporel d'un élève

Pour mieux appréhender les mobilités quotidiennes, les approches classiques semblent quelques peu limitées et nécessitent d'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 al., 2003). Les données sont actuellement en cours de traitement pour mettre en place ce type d'animations cartographiques.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'utilisation combinée de deux techniques d'enquêtes permet non seulement de consolider les données collectées mais aussi de rassembler un grand nombre de données sociodémographiques (caractéristique du ménage...), de données de mobilité sur les enfants (Motorisation, Permis de conduire, modes de transport

utilisés...) et de données spatio-temporelles permettant de caractériser les temps quotidiens, la durée des activités, les déplacements et leurs localisation.

Le projet ICMA dans lequel s'inscrit cette recherche se poursuit encore pendant plus d'un an. La phase de collecte de données est à présent achevée. Le travail poursuivit doit maintenant permettre de continuer les investigations en cherchant des possibilités de représentations cartographiques adaptées pour procéder à des analyses des activités et des déplacements quotidiens des préadolescents. L'idée sous-jacente est d'utiliser ici la carte dans le rôle d'un outil révélateur, c'est-à-dire comme un moyen par lequel des structures spatiales sous-jacentes peu ou non visibles directement peuvent être identifiées. Cette démarche s'appuiera également sur de nouvelles formes de représentations spatio-temporelles rendues possibles par la multiplicité des technologies actuelle intégrant l'animation et l'interactivité.

5. BIBLIOPGRAPHIE

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.

Bachiri N., 2006, L'étalement urbain et la mobilité quotidienne d'adolescentes et adolescents de territoires rurbains de la Communauté Métropolitaine de Québec, Mémoire de maîtrise, Ecole d'Architecture, Faculté d'Aménagement, d'Architecture et des Arts Visuels, Université Laval, Québec, 145 p.

Chung E.H., Shalaby A., 2005, "A trip reconstruction Tool for GPS-based Personal Travel Surveys". Transportation Planning and Technology, vol. 28, n°5, pp. 381-401.

Klein O., 2007, Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains. Application à l'Aire Urbaine Belfort-Montbéliard. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 232 p. (+ Annexes + CD-ROM).

Klein O., 2010, "Visualiser les mobilités quotidiennes : vers d'autres modes de représentations". In Banos A. Thevenin T., Systèmes de transport urbain. Caractérisation de l'offre et estimation de la demande, Traité IGAT, Hermes - Lavoisier, pp. 145-186.

Ley L., 2010, "Kinderstadtplan Luxemburg : Idee, Konzeption, Umsetzung - ein Erfahrungsbericht". ICMA Workshop: Mobility Scenarios for Children and Families. Luxembourg, 30 novembre.

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.

Palmonari A., Speltini G., 1994, "Aspects psychosociaux de la préadolescence". In Bolognini M. et al., Préadolescence, théorie, recherche et clinique. ESF.

Streitz E., 2009, "Als Kind durch die Stadt". In Bousch P., Chilla T., Gerber P., Klein O., Schultz C., Sohn C., Wiktorin D. Der Luxemburg Atlas / Atlas du Luxembourg. Emons, pp. 154-155.

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.