



**Pierre-Yves Gillieron**  
École polytechnique  
fédérale de Lausanne  
Laboratoire de Topométrie  
1015 Lausanne, Suisse  
<http://topo.epfl.ch>

[pierre-yves.gillieron@epfl.ch](mailto:pierre-yves.gillieron@epfl.ch)



**D' Quentin Ladetto**  
Vectronix AG  
9435 Heerbrugg, Suisse  
<http://www.vectronix.ch>

**Daniela Büchel  
Ivan Spassov**  
École polytechnique  
fédérale de Lausanne  
Laboratoire de Topométrie

**Christian Hagin**  
Geosat SA  
3960 Sierre, Suisse  
<http://www.geosat.ch>

**Prof. Martial Pasquier**  
Université de Lausanne  
Institut de hautes études en  
administration publique  
1022 Chavannes-près-Renens  
<http://www.idheap.ch/>

# Navigation pédestre : le futur en marche

## 1. Introduction

Lorsque l'on évoque la navigation pédestre, passablement d'idées préconçues influencées par le monde cinématographique viennent à l'esprit. Connaître sa position, et principalement celle des autres, en tout temps et en tous lieux, a influencé bon nombre de croyances ainsi que le syndrome du « grand frère qui veille sur vous – Big brother is watching you », malheureusement pas toujours à des fins protectrices. La réalité est pourtant d'une grande complexité, car le simple usage d'un GPS ne permet pas de déterminer avec précision sa position 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 pour n'importe quel endroit sur la planète. L'exemple présenté à la figure 1 permet de le démontrer.

Dans le cadre de la navigation pédestre, des recherches parallèles et complémentaires sont actuellement en cours entre le Laboratoire de Topométrie de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Geosat SA et Vectronix AG, afin de créer un système de navigation autonome optimisé pour la navigation pédestre urbaine et intégrant plusieurs technologies. Cet article aborde les différentes facettes de cette coopération. Il présente dans un premier temps le développement de systèmes de localisation et de navigation pour les piétons avant de les illustrer avec deux exemples d'applications : le premier est consacré à la navigation à l'intérieur des bâtiments, et le second est lié à la localisation de personnes en milieu urbain pour des études de marketing.

## 2. Enjeux de la navigation pédestre

Vouloir connaître l'endroit où une personne se trouve peut relever de plusieurs critères allant de la simple curiosité à une nécessité vitale. Selon les exigences des utilisateurs, la qualité de la localisation jouera un rôle déterminant. De plus, le degré de dépendance d'une infrastructure et de moyens de communication est souvent un enjeu essentiel dans les applications exigeantes. Ainsi, la précision et la fiabilité de la position recherchée, les types de technologies et les coûts de l'information sont des variables indissociables d'un service de navigation [Gillieron et Ladetto, 2002].

Ces aspects de qualité et de performance sont au cœur des défis de la navigation pédestre. Les enjeux liés à la miniaturisation des systèmes, à la qualité de la localisation ainsi qu'à la consommation électrique présentent en effet des problématiques différenciées selon les applications de la géomatique et de la navigation.



**Figure 1 - Tests de navigation à Genève**

*Comparaison de trajectoires dans la vieille ville de Genève (Suisse). De part les ruelles escarpées, la visibilité satellitaire est pratiquement nulle et les quelques solutions calculées sont fortement influencées par le multitrajet.*

### Développons ces notions dans un petit exemple véridique.

*Au mois de janvier passé, un Suisse qui n'a pas peur du froid voyage en voiture entre les villes de Montréal et de Québec, et reçoit 3 appels téléphoniques de personnes différentes. Le premier, d'un ami le contactant après plus de 2 ans de silence. Le fait de savoir que notre voyageur n'était pas en Suisse mais au Canada lui suffisait, car le degré d'information nécessaire était relativement binaire : présent/absent. Le deuxième appel fut celui d'un membre de sa famille qui apprenait qu'il venait de quitter Montréal pour rejoindre Québec. Une localisation à l'aide de la téléphonie mobile suffit à fournir ce type de réponse.*

*Le dernier appel fut celui de ses amis québécois, qui se renseignaient sur sa position précise afin de le guider jusqu'à leur appartement. Puisqu'il venait de franchir le pont Pierre-Laporte, une certaine description des lieux était requise afin qu'il puisse choisir le bon croisement et prendre la bonne route. Sans communication téléphonique, un système de navigation automobile (GPS, base de données routière, carte digitale, etc.) aurait été nécessaire.*

Type de réponse attendue	Précision nécessaire	Type de système répondant au besoin (exemple)
Je suis au Canada	< 500 km	GSM, GPS
Je suis à Québec	< 5 km	GSM, GPS
Je me trouve sur la rue de la Navigation	< 50 m	GPS + Map matching
Je me trouve au 55, rue de la Navigation	< 20 m	GPS + Map matching ou GPS + DR + Map matching
Je suis chez mes amis au 55, rue de la Navigation, au deuxième étage	< 2-5 m	GPS + DR + Map matching

*DR : Dead Reckoning, navigation à l'estime; Map matching : projection d'une ou plusieurs positions sur le réseau de navigation d'une carte vectorielle; GSM : système de téléphonie mobile en Europe.*

Selon le type d'application envisagée, l'utilisation ou non de technologies reposant sur une infrastructure extérieure (GPS, réseau de téléphonie) peut se révéler discriminante, tout comme la coopération ou non de l'utilisateur avec le fournisseur de service de localisation. Le besoin d'information en temps réel ou en temps différé joue également un rôle non négligeable sur la qualité du service et, par conséquent, sur l'algorithme utilisé. Finalement, il faut distinguer deux classes d'applications : la localisation et la navigation. **La localisation** est la détermination d'un lieu à un instant donné, par exemple la trajectographie et le suivi de véhicules. **La navigation** est l'art d'atteindre une destination donnée par la détermination de la position, le calcul d'une trajectoire optimale et le guidage.

Prenant en considération les différents aspects cités, on comprendra que se déplacer à pied dans une ville peut paraître une opération banale lorsque l'on connaît bien les lieux et que l'on a développé ses propres repères. Lorsque le terrain est inconnu, l'opération se complique, et il est nécessaire de recourir à des moyens auxiliaires et performants. Face à ces enjeux, la combinaison entre système de localisation et base de données est un élément clé dans le développement de services de qualité.

## NOTRE EXPÉRIENCE À VOTRE SERVICE

### SUR L'EAU

BATHYMÉTRIE  
DRAGAGE  
HYDROLOGIE  
NAVIGATION  
POSITIONNEMENT

**DGPS**

### SUR TERRE

ARPENTAGE  
GÉODÉSIE  
GÉOMATIQUE  
TOPOGRAPHIE  
VOLUMÉTRIE

**GPS**

## ENTREPRISES NORMAND JUNEAU INC.

1376, Chemin Filteau, C.P. 605, Saint-Nicolas, Québec G7A 1A6

Téléphone: (418) 836-7072 • Télécopieur: (418) 836-2125 • E-mail: enji@globetrotter.qc.ca



### 3. PNM : vers un système de navigation pédestre autonome

Fruit de deux travaux de recherche [Ladetto, 2002 ; Gabaglio, 2002] et d'une étroite collaboration entre Vectronix AG et l'EPFL, le Pedestrian Navigation Module (PNM), dans sa version standard, conjugue un récepteur GPS, un compas magnétique, un gyroscope ainsi qu'un baromètre pour un poids inférieur à 400 grammes.



Figure 2 - Vues du système de navigation pédestre PNM

Le Pedestrian Navigation Module dans sa version 2004. Un condensé de capteurs dans un minimum de place pour un module permettant d'intensifier les tests dans toutes sortes d'environnements. Cette version n'est que transitoire, et son optimisation jointe à sa miniaturisation sont en cours.

Légèrement plus volumineux qu'un téléphone mobile, il se place à la ceinture et fournit à l'utilisateur, pas après pas, ses coordonnées avec ou sans réception de signaux GPS. Délivrant l'information géographique dans un format standard (NMEA - National Marine Electronics Association) ou propriétaire, son interfaçage avec une grande majorité de logiciels de navigation permet de bénéficier de toutes les fonctionnalités de ce dernier. Le principal avantage du PNM est son autonomie quasi totale par rapport aux signaux satellitaires.

#### 3.1 Principes de fonctionnement

À l'instar des empreintes digitales, chaque personne a un profil de marche qui lui est propre. Ainsi, si le contenu fréquentiel varie autant, l'établissement de tout modèle général nécessitera obligatoirement un processus de normalisation. Normalisation, parce que la fréquence de

pas, lors de déplacement sans contraintes, est à peu près semblable pour tous les individus. Les paramètres seront ensuite automatiquement adaptés afin de décrire au mieux le style de marche de la personne. Les différences de vitesse pour une même fréquence sont donc une conséquence directe de la taille des pas. L'hypothèse que la taille des pas est proportionnelle à la taille de la personne ou, plus justement, à celle de ses jambes, est raisonnable. En normalisant la vitesse de déplacement en fonction de ces paramètres, il est donc théoriquement possible de passer de modèles individuels à un modèle plus universel. Cependant, une personne marchant à une fréquence donnée n'effectue pas toutes ses enjambées de la même longueur. La variabilité des foulées en référence à une constante, chez une même personne et à une fréquence donnée, est de fait impossible à prédire. Le but ne sera donc pas de modéliser un événement « pas » de manière précise, mais de reproduire une distance parcourue, composée d'un ensemble de pas, le plus fidèlement possible.

Cette approche se base sur un principe pouvant s'énoncer de la manière suivante : « Pour une fréquence de pas donnée, la taille des pas chez une même personne peut être considérée comme constante. La variation naturelle de ceux-ci suit une loi normale centrée à l'origine et dont la variance est inversement proportionnelle à la fréquence de marche. » Cela signifie qu'à un pas plus long correspondra un pas plus court, ramenant ainsi la distance parcourue en un nombre déterminé de pas, pour une fréquence donnée, à une valeur considérée comme constante. Les écarts de longueurs entre deux pas successifs seront d'autant plus importants que la vitesse et la fréquence des pas seront lentes.

Le déplacement d'une personne peut être perçu comme similaire à une polygonale (ou cheminement) en topométrie. La distance entre deux points correspond à une enjambée, alors que l'angle permettant d'aller d'un point à l'autre est tout simplement l'azimut de déplacement.

Les perturbations magnétiques influençant grandement la qualité de l'azimut calculé avec le compas, une détection de celles-ci est nécessaire. On les identifie par l'utilisation d'un gyroscope. Ce dernier, basé sur un principe physique différent du compas, fournit un azimut fiable même en présence de perturbations magnétiques. Selon l'information et les données disponibles, divers traitements sont effectués. Les deux points de rattachement aux extrémités de la polygonale sont des positions géographiques connues ou obtenues par mesures GPS.

L'intégration de données GPS permet non seulement une localisation absolue de la personne, mais également le calibrage du modèle de marche, ainsi que le défaut d'alignement du PNM avec l'axe de marche. Par contre, il n'est pas nécessaire de recourir aux signaux GPS pendant le parcours. En effet, une précision inférieure à 5 % de la distance parcourue (1 % - 2 % dans des cas favorables et pour une marche avant régulière) peut être garantie en toute autonomie.

#### 3.2 Système multicapteurs distribué pour une plus grande liberté de mouvement

Désireux de pouvoir se déplacer sans restriction de mouvements avec un maintien constant de précision, les professionnels de la sécurité et les militaires ont des attentes qui requièrent le développement d'un système intégré plus complexe. Comment en effet déterminer et mesurer les déplacements dans toutes les conditions (marche avant-arrière, latérale, de biais, ramping, marche accroupi, course, saut, etc.), alors que l'on ne dispose que d'un système unique, placé idéalement à l'endroit le plus stable de la personne.

Pour répondre à cette problématique, un système distribué composé de plusieurs capteurs a été imaginé. La distance parcourue n'est plus estimée comme c'était le cas avec le PNM, mais elle est mesurée relati-

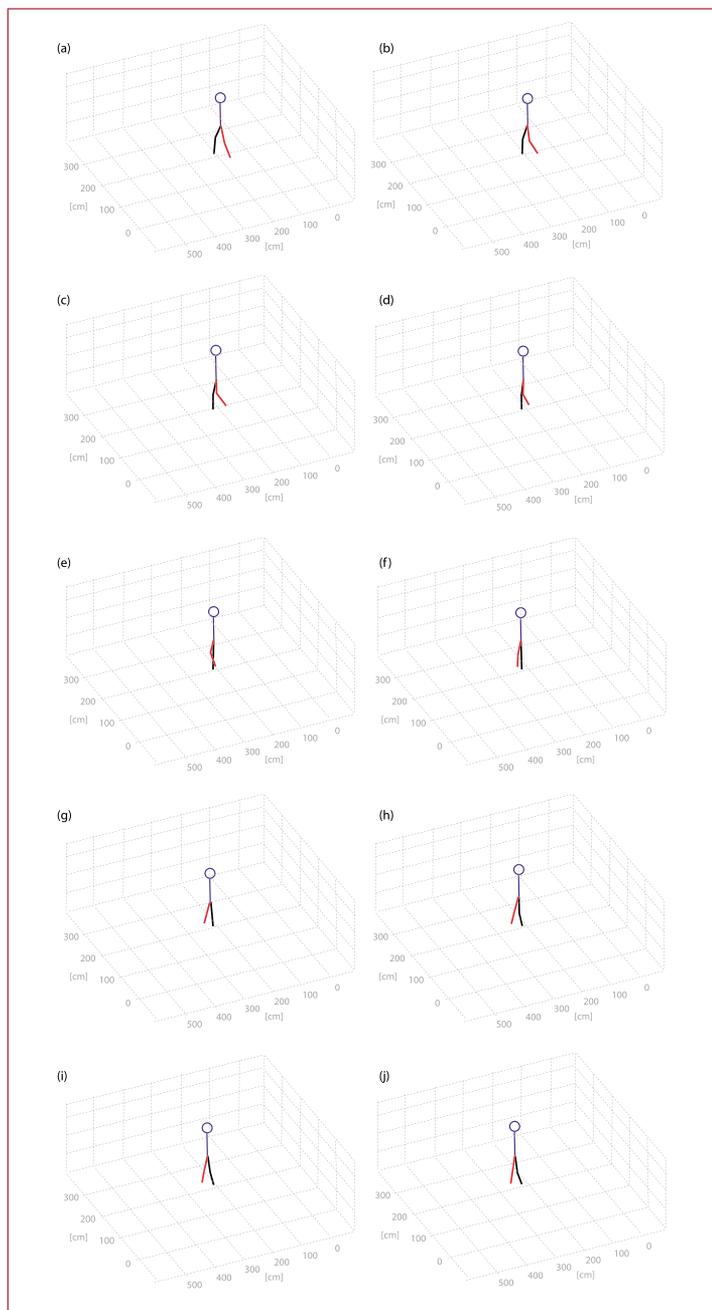
69, RUE SAUVAGEAU  
BEAUPORT (QUÉBEC) G1C 5N2  
TÉLÉPHONE : (418) 664-0885  
TÉLÉCOPIEUR : (418) 660-7945  
WWW.COMMUNICATIONRECTOVERSO.CA  
INFO@COMMUNICATIONRECTOVERSO.CA  
RÉJEAN CLOUTIER  
DIRECTEUR ARTISTIQUE

CONCEPTION GRAPHIQUE  
INFOGRAPHIE  
DESIGN WEB  
MULTIMÉDIA  
PHOTOGRAPHIE  
IMPRESSION NUMÉRIQUE

IMPRIMÉS  
SITES WEB

vement à la posture et au déplacement du corps de la personne par rapport à l'azimut de navigation.

Il est donc possible de séquencer et d'analyser le mouvement de la personne à chaque instant comme l'illustre la figure 3. La liberté de mouvement est à ce moment-là quasi totale, ce qui représente un atout non négligeable pour des applications exigeantes nécessitant une concentration particulière et se déroulant dans des milieux souvent hostiles.



**Figure 3 - Analyse de mouvements avec un système multicapteurs distribué**

*Le système multicapteurs distribué permet une division du mouvement en plusieurs étapes augmentant la fiabilité et la précision du système de navigation tout en augmentant la liberté de mouvement de l'utilisateur. L'exemple ci-dessus représente quelques séquences successives de l'information obtenue en temps réel pour une marche avant normale.*

## 4. Navigation en environnement construit

L'évolution des cartes informatisées, liée à la transmission vocale ou visuelle de l'information, offre des produits qui répondent à une partie de la demande des utilisateurs. Le calcul d'un itinéraire, afin d'atteindre une adresse précise, est une prestation que proposent plusieurs sociétés sur l'Internet. L'avènement de l'informatique portable et communicante permet à l'utilisateur de consulter ce type de service durant son déplacement. Ces technologies ont permis aux opérateurs de téléphonie de développer des services géodépendants (Location Based Services) en combinant le profil de l'utilisateur avec les services se trouvant à proximité de sa position.

La multiplicité de ces services d'aide à la localisation va certainement profiter aux utilisateurs sans toutefois répondre complètement à certaines attentes comme la sécurité et la santé. La recherche d'un parcours évitant des carrefours dangereux ou certaines barrières architecturales est une préoccupation d'un nombre croissant de personnes. Néanmoins, plus la position de la personne est connue de manière précise et fiable, plus l'information transmise s'approchera de la situation réelle.

### 4.1 Sécurité et autonomie

La navigation est une technique qui s'est développée avant tout sur mer et dans les airs. En l'absence de routes visibles, il était primordial de déterminer correctement sa position, de la reporter sur une carte et de la comparer à un trajet désiré. Les navigateurs ont toujours eu un grand souci d'assurer leur autonomie grâce à leurs propres instruments et cartes. Ainsi, même si le développement de la radionavigation les rend dépendants d'une infrastructure, la nécessité de contrôler l'information avec d'autres moyens persiste pour des raisons de sécurité.

L'évolution de la navigation pédestre doit s'inspirer de cette tradition qui prône indépendance et sécurité. C'est dans ce contexte que le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL conduit des recherches dans le domaine de la conception d'instruments aux applications exigeantes [Gilliéron et Merminod, 2003].

Le projet de navigation en environnement construit s'inscrit dans cette perspective de mise en application d'un concept de navigation pour les piétons où l'accent est mis sur une information de qualité et sur la sécurité de l'utilisateur. L'intégration d'un système de navigation pour piétons avec une base de données spécifique est un objectif majeur de ce

la vraie nature des couleurs



IMPRIMERIE  
**BOURGROYAL**  
INC.

	TÉLÉPHONE	(418) 661-2992
	SANS FRAIS	1 888 900-1166
	TÉLÉCOPIEUR	(418) 661-7790
	784, RUE ARDOUIN, BEAUPORT (QUÉBEC) G1C 7M9	

PAPETERIE • BROCHURES CORPORATIVES • RAPPORTS ANNUELS  
DÉPLIANTS • POCHETTES • CARTES D'AFFAIRE • AFFICHES • ET PLUS...



projet, dont un des points forts est l'aide au déplacement de personnes handicapées.

Un système de navigation qui ne fournit que des positions n'est pas encore l'instrument adapté aux besoins de l'utilisateur qui cherche à optimiser son déplacement dans une ville ou à l'intérieur des bâtiments. Ainsi, ce projet tente d'associer la performance du système de navigation pédestre avec des bases de données géographiques dont le contenu est adapté aux besoins d'une navigation performante et fiable (figure 4).

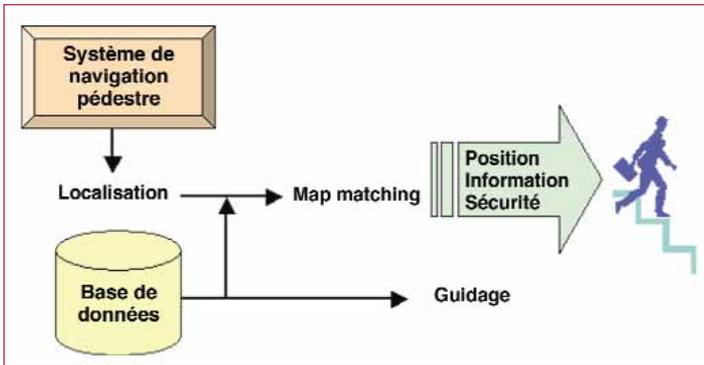


Figure 4 - Concept de navigation pédestre

Cette recherche a permis le développement d'un système intégré de navigation qui inclut une base de données contenant le réseau de navigation, des algorithmes permettant le calcul précis d'itinéraires et une

procédure, appelée *map-matching*, pour la combinaison efficace de la localisation avec les données de la carte numérique.

## 4.2 Application sur le campus EPFL

Le campus de l'EPFL offre un univers de constructions propice à la mise en œuvre d'un système de navigation pédestre associé à une base de données géographiques. Ce laboratoire géant a permis de construire une application de navigation mettant en jeu la plupart des scénarios que l'on peut rencontrer dans un environnement construit.

Un système de plans d'orientation basé sur Internet rassemble déjà de nombreuses informations sur la situation et la description des bâtiments et locaux [Büchel 2003]. Cette source d'information a permis la création d'une base de données spécifique à la navigation dans laquelle les locaux, les couloirs et les passages doivent être décrits selon une certaine logique (figure 5). C'est un modèle topologique du réseau piétonnier qui a été choisi de façon à implémenter de manière efficace les algorithmes de navigation.

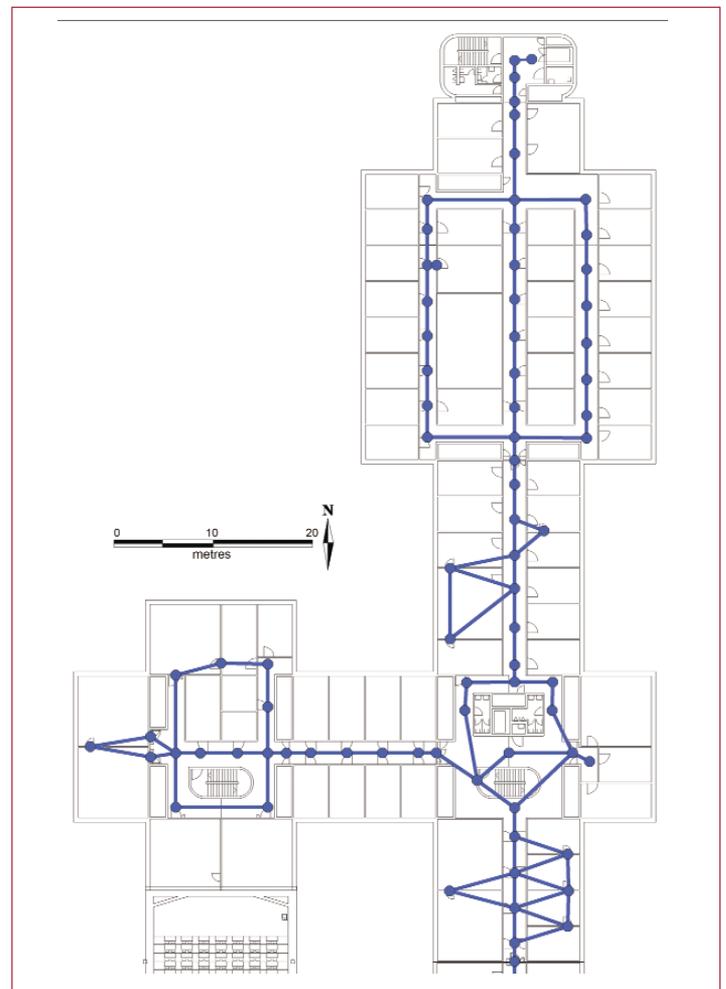


Figure 5 - Réseau de navigation arête/nœud de l'EPFL

L'interaction entre un système qui fournit des positions et une base de données qui contient le réseau de circulation passe par des algorithmes de calcul d'itinéraires et par des fonctions de *map-matching*. C'est un atout indispensable à la réalisation d'un concept de navigation qui doit fournir à l'utilisateur une information fiable et sûre.



**Géomatique  
DUMONT Inc.**

- Spécialiste en levés GPS (mobile et stationnaire)
- Établissement de réseaux géodésiques
- Traitement de données satellitaires
- Ajustement de réseaux (GEOLAB)
- Assistance et collaboration pour des projets gouvernementaux, municipaux, etc.
- Levés d'arpentage de tous genres (résidentiel - commercial - industriel)

**Téléphone : (450) 922 4567**  
**Télécopieur : (450) 922 0822**  
**Courriel : mdumont@gdinc.ca**



**MARIO DUMONT**  
Arpenteur-géomètre

Le calcul d'itinéraires tient compte du profil de l'utilisateur selon qu'il doit emprunter tel ou tel type de chemin ou bien encore éviter les escaliers ou certaines barrières architecturales. L'optimisation de parcours est une des clés de ce calcul multicritère. C'est également un moyen efficace pour qu'une personne évite certains endroits, ou passe par des cheminements sécurisés.

### 4.3 Tests à l'EPFL

L'application développée sur le campus de l'EPFL a permis de réaliser des tests en grandeur nature avec des données réelles. Une série de trajets ont été parcourus par une personne équipée du système de navigation de Vectronix, le PNM. La personne s'est déplacée dans des couloirs, a pris des escaliers, l'ascenseur, est sortie et rentrée dans les bâtiments. La fréquence des mesures correspond à celle de la marche, soit une position fournie à chaque pas. L'ensemble du trajet parcouru à l'intérieur des bâtiments est couvert par le réseau de navigation décrit précédemment [Büchel, 2004].

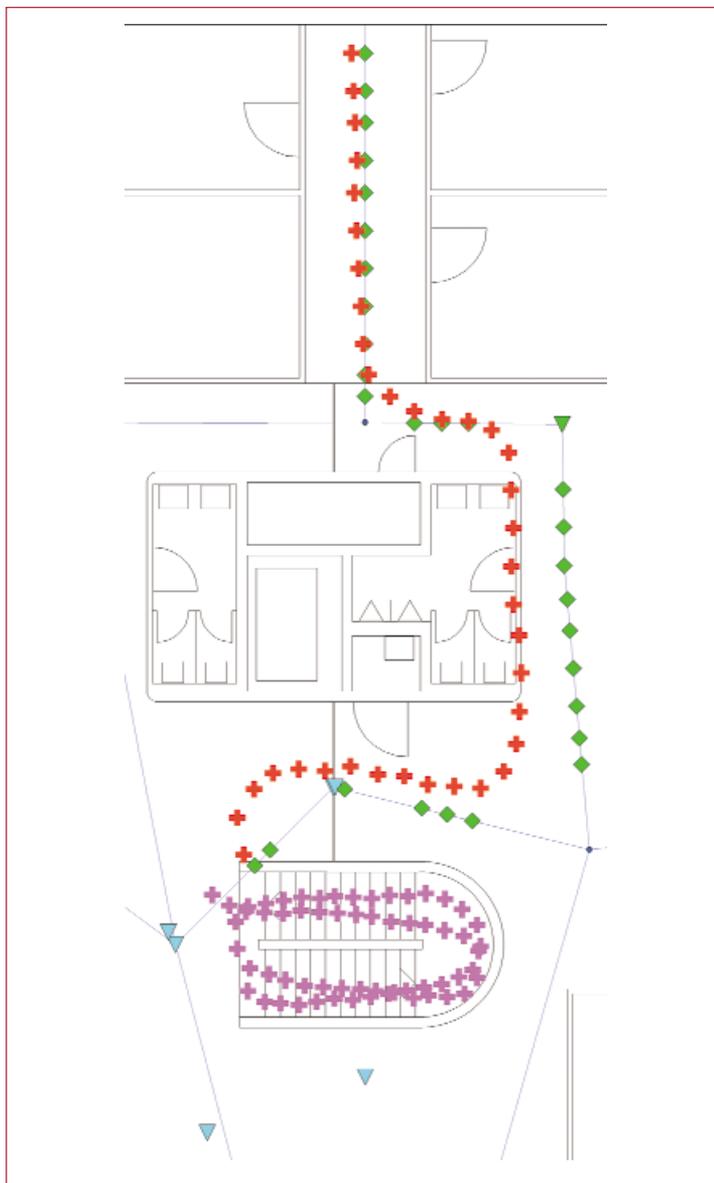


Figure 6 - Test de navigation et *map-matching*

Lors de ces tests, chaque trajet a été combiné aux éléments de la base de données de navigation. Les procédures de *map-matching* ont permis de projeter les positions issues du PNM aux arêtes décrites dans le modèle spatial du campus de l'EPFL. La figure 6 illustre le principe du *map-matching* appliqué à une partie d'un trajet à l'intérieur d'un bâtiment.

Les signes (+) symbolisent le trajet original mesuré par le PNM. Les losanges et les carrés sont les points de *map-matching* projetés sur les arêtes de la base de données. Les tests réalisés montrent que le processus de *map-matching* permet d'augmenter la performance du système de navigation et surtout d'y associer un identifiant comme le nom d'un couloir ou le numéro d'un bureau.

Quelques points du parcours ont été projetés sur le réseau d'un autre étage aux abords de l'escalier. Cette petite imperfection montre que le modèle de navigation doit être affiné dans ces endroits stratégiques et que les algorithmes de *map-matching* doivent également prendre en compte la variation d'altitude. Les recherches actuelles s'orientent vers un traitement en 3D de l'information de navigation.

## 5. Swiss Poster Research

### 5.1 Contexte

L'objectif du projet Swiss Poster Research (SPR) est de développer et de mettre en œuvre un concept de recherche permettant de mesurer l'audience des panneaux d'affichage en milieu urbain en Suisse. Dans la recherche média, on entend par audience le pourcentage d'une population donnée (par exemple d'une agglomération, d'une région ou d'un pays) qui a la possibilité de voir, pendant une période donnée, au moins un panneau d'affichage compris dans un dispositif d'affichage. La connaissance des déplacements d'une population est donc centrale pour pouvoir mesurer l'audience de la publicité extérieure.

Alors que les méthodes de sondage reposaient jusqu'à récemment sur un système déclaratif, le groupe mandaté pour le développement d'un nouveau concept de recherche a fait le pari, en 2000, d'utiliser des systèmes passifs de saisie de la mobilité de la population, d'expérimenter la technologie GPS pour saisir les déplacements de la population et d'introduire les données recueillies sur des systèmes d'information du territoire afin de mettre en relation les positions des panneaux d'affichage et les déplacements des personnes.

### 5.2 Les méthodes de recueil de la mobilité de la population

Depuis le début des années 50, le recueil des déplacements d'une population donnée s'effectue principalement sur la base d'un système déclaratif (les systèmes automatiques de comptage ne permettent pas de différencier les informations obtenues par groupe de population). Deux possibilités s'offrent pour ces inventaires. La première consiste à demander à un échantillon de la population de reporter à la main tous les trajets effectués la veille de l'interview sur des plans d'une ville ou d'une agglomération. L'autre variante, plus moderne et mise en pratique dans les années 80, consiste à interroger par téléphone un échantillon de la population. Les personnes interrogées indiquent les positions de départ et d'arrivée des différents trajets effectués, et un système informatique propose des itinéraires qui sont validés par la personne interrogée. Cette deuxième variante est plus économique et permet une saisie informatisée directe des déplacements de la population. Elle est encore très largement utilisée par les organismes statistiques nationaux et par des sociétés actives dans le géomarketing.

Le recueil des données sur une base déclarative présente plusieurs inconvénients. Le premier d'entre eux réside dans le fait que seule la mobilité d'une personne pendant une journée est recueillie. Il est donc fondamental de répartir les enquêtes sur l'ensemble des jours de la semaine afin d'obtenir une représentativité de la mobilité, ce qui a pour conséquence d'accroître la taille des échantillons. Le deuxième inconvénient correspond au biais de mémoire. Comme les données reposent sur le souvenir que la personne a des déplacements de la veille de l'interview, des oublis, volontaires ou non, biaisent les résultats. C'est le cas notamment pour l'ensemble des microdéplacements effectués à l'intérieur d'un périmètre délimité (aller chercher les enfants à l'école, effectuer une course de moindre importance, rendre visite à un voisin, etc.). Un dernier inconvénient est lié à la simplification de la mobilité déclarée. En se concentrant sur les positions de départ et d'arrivée, et souvent sur une optimisation des itinéraires, différentes parties d'un déplacement peuvent être oubliées. C'est typiquement le cas d'un automobiliste qui cherche une place de stationnement dans un quartier et qui fait plusieurs fois le tour du pâté de maison pour arriver à ses fins.

Tous ces inconvénients sont palliés par l'introduction d'un système passif de recueil de la mobilité grâce à la technologie GPS. En effet, à part le fait d'enclencher et de déclencher le récepteur GPS, la personne participant à l'enquête reste absolument passive et toutes les positions de ses déplacements sont sauvegardées. Ainsi, en superposant les trajectoires avec les positions des panneaux d'affichage et leur champ de visibilité, il est possible, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), de déterminer l'audience d'un ensemble de panneaux d'affichage.

### 5.3 Mobility Meter

Développé en 2000, ce concept a fait l'objet de plusieurs tests techniques et méthodologiques en 2001 et en 2002. En effet, les GPS existants sur le marché ne pouvaient être utilisés pour ce projet (autonomie, capacité mémoire, taille, design, maniement, etc.) : il a fallu développer des appareils spécifiques au projet SPR, appelés Mobility Meter. Durant cette première phase, l'accent du développement a été mis sur la capacité mémoire, l'autonomie et l'optimisation de l'utilisation du GPS en milieu urbain.

Cette première phase terminée, 50 Mobility Meter ont été produits afin d'effectuer un test durant l'hiver 2002-2003 dans une agglomération suisse. Un échantillon de 320 personnes a porté un appareil de mesure pendant une semaine. Au vu des résultats positifs de ce test, les mandants, à savoir les deux principales sociétés d'affichage actives en Suisse, ont décidé d'utiliser ce concept et la technologie GPS pour les futures études d'audience. À cet effet, 300 nouveaux Mobility Meter de deuxième génération ont été produits, et près de 12 000 personnes participeront ces prochaines années à des enquêtes dans les 10 principales agglomérations de la Suisse.

Pour cette deuxième génération d'appareil (figure 7), une attention particulière a été donnée au design, ainsi qu'à la convivialité d'utilisation et à l'optimisation des transferts des mesures dans le SIG *Swiss Mobility Office*, développé dans le cadre du projet SPR.

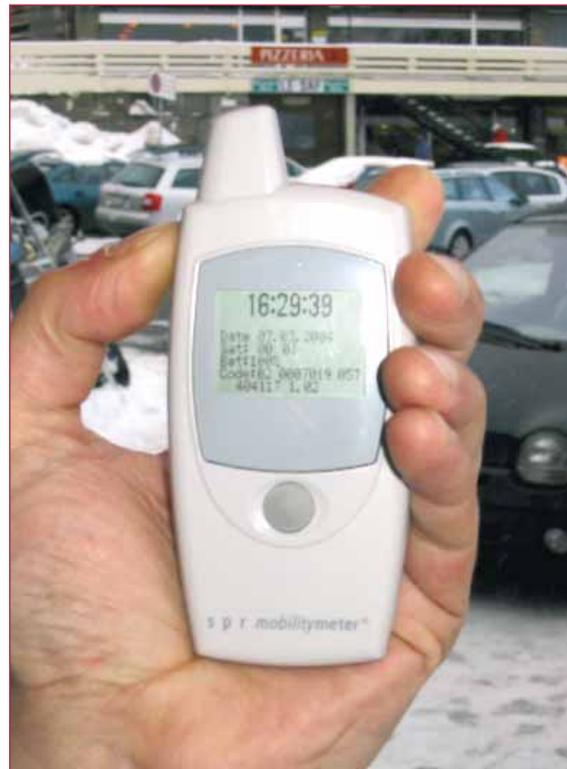


Figure 7 - L'appareil Mobility Meter

Ces nouveaux appareils ont les caractéristiques techniques suivantes : une autonomie de plus de 15 heures avec un temps de recharge de 2 heures, une capacité mémoire de 3 semaines avec une fréquence d'enregistrement dès 4 Hz, une antenne GPS optimisée pour le milieu urbain, un temps d'acquisition des signaux des satellites de quelques secondes, un design semblable au téléphone portable ainsi qu'un écran LCD.

## Profils et sections accrues de 300 % sans coupe de lignes ?

**Oui, c'est possible avec le Niveau+Chaîne GDD**

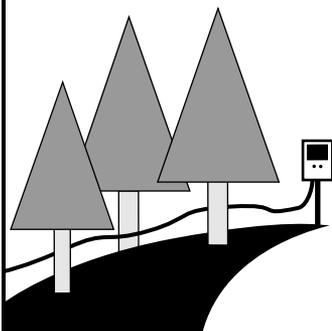
#### Caractéristiques :

- Pas de contact visuel ni de coupe de lignes entre les points à mesurer.
- Rapidement opérationnel, simple à utiliser.

**Cas types disponibles sur demande.**

#### Nouveautés :

- Supporte les normes du M.T.Q.
- Supporte le logiciel Multi-Carnet sur plate-forme de type PC9000 ou Mémo4.
- Supporte tous les formats de sortie pour les logiciels de COGO.



**GDD**

**Instrumentation GDD inc.**

3700, boul. de la Chaudière  
Sainte-Foy (Québec) G1X 4B7

Tél. : (418) 877-4249

Télé. : (418) 877-4054

<http://www.gddinstrumentation.com>

E-Mail : [gdd@gddinstrumentation.com](mailto:gdd@gddinstrumentation.com)

L'affichage fournit, en plus des informations traditionnelles comme la date, l'heure, le nombre de satellites et l'état de la pile, une série de codes permettant à distance d'avoir des informations sur le nombre de positions, d'heures et de jours déjà enregistrés dans l'appareil.

Le transfert des mesures se fait par un logiciel qui transforme directement les mesures du Mobility Meter dans le format du SIG en coordonnées suisses. Simultanément, les données sont filtrées afin de supprimer les mesures redondantes ou trop rapprochées les unes des autres. Ceci permet de limiter la quantité de données à gérer dans l'application SIG.

L'application *Swiss Mobility Office* permet de construire les trajets des personnes, de reconstruire de manière automatique ou semi-automatique les trajets où la couverture GPS n'était pas suffisante.

La reconstruction des trajets se fait de deux manières : la première consiste à analyser les mesures à l'écran. Un message avertit l'opérateur si la distance entre les points est supérieure à un seuil fixé. L'opérateur doit alors valider ou non l'opération. La seconde possibilité permet de projeter les mesures sur une carte vectorielle contenant les axes des routes. Ainsi, les positions sont rabattues sur ces axes afin d'assurer la cohérence des différents parcours (figure 8).

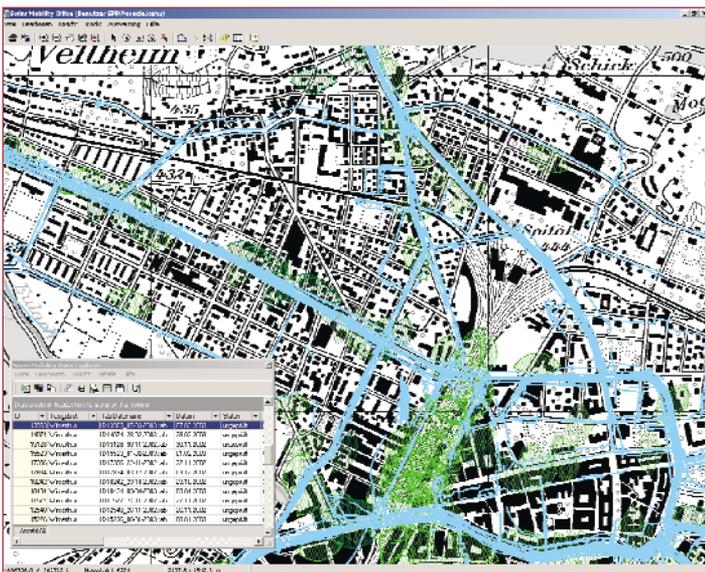


Figure 8 - Report des positions du GPS sur la carte

Les lignes bleues correspondent aux trajets des personnes sondées et les secteurs verts sont les zones de visibilité des panneaux d'affichage.

Finalement, cette application permet de calculer le recouplement des trajets des personnes sondées avec l'emplacement des panneaux d'affichage et inversement. De plus, toute sorte de requêtes permettent une interprétation très fine des relations entre les panneaux d'affichage et les personnes.

## 6. Conclusion

Les enjeux de la navigation pédestre sont multiples, et les attentes des utilisateurs sont grandes. Cet article a présenté quelques facettes de ce domaine liant développement technologique et applications concrètes. Les deux projets présentés illustrent bien la différence entre localisation et navigation dans des contextes particuliers. Ces exemples montrent d'une part qu'il est nécessaire de développer des outils

simples et bon marché pour un domaine comme le géomarketing, mais d'autre part qu'il est également indispensable de concevoir des systèmes de navigation plus complexes répondant aux exigences spécifiques des utilisateurs.

L'offre grandissante des services géodépendants ne répondra qu'à une partie des besoins sans forcément apporter la garantie exigée par certains utilisateurs. Le souci d'autonomie et d'indépendance vis-à-vis une infrastructure de services est partagé par des personnes qui doivent se déplacer en toute sécurité.

Le développement d'un système de navigation comme le PNM se poursuit en intégrant la mesure du déplacement d'une personne dans toute sorte de conditions. Le couplage du système de navigation avec une base de données spatiales est également un axe de recherche prioritaire qui permettra de proposer des applications exigeantes. Ces projets tracent donc une vue futuriste du déplacement sécurisé et efficace des personnes dans une ville et à l'intérieur des bâtiments.

À titre d'exemple, des essais avec des personnes malvoyantes ont été réalisés à Lausanne [Ladetto, 2002]. L'aide à la navigation s'est révélée précieuse pour ces personnes qui sont souvent tributaires d'un trajet déterminé. La perspective de disposer d'un système de navigation performant couplé à une base de données spécifique pour de tels déplacements est encourageante et prometteuse.

## 7. Bibliographie

- Büchel D. (2003), *Méthodes de guidage applicables au plan d'orientation de l'EPFL*, séminaire EPFL, Lausanne.
- Büchel D. (2004), *Développement d'une solution de navigation robuste pour l'environnement construit*, travail de diplôme EPFL, Lausanne.
- Cliquet G. (éd.) (2002), *Le géomarketing : méthodes et stratégies du marketing spatial*, Hermès, Paris.
- Gabaglio V. (2002), *INS/GPS Integration for Pedestrian Navigation*, travail de thèse, EPFL, Lausanne.
- Gilliéron PY, Ladetto Q. (2002), *De l'évolution du GPS à la navigation pédestre*, Flash Informatique EPFL, Lausanne.
- Gilliéron PY, Merminod B. (2003), *Personal Navigation System for Indoor Applications*, IAIN World Congress, Berlin 2003.
- Ladetto Q., Merminod B. (2002), *In Step with INS – Navigation for the Blind*, Tracking Emergency Crews, GPS World.
- Ladetto Q. (2002), *Capteurs et algorithmes pour la localisation autonome en mode pédestre*, travail de thèse, EPFL, Lausanne.
- Latour Ph., le Floc'h J. (2001), *Géomarketing. Principes, méthodes et applications*, Éditions d'Organisation, Paris. ▲