

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 101 (2003)

**Heft:** 7

**Artikel:** Développement d'un système d'information pour piétons

**Autor:** Voisard, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236037>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Développement d'un système d'information pour piétons

Depuis plusieurs années, les systèmes de guidage routier sont clairement établis sur le marché automobile. L'intérêt pour les systèmes d'information va également croissant dans le domaine de la navigation pédestre. Un nombre important de randonneurs et d'autres sportifs utilisent des récepteurs GPS de poche au cours de leurs activités. En parallèle, les services Internet basés sur les techniques du webmapping et du calcul d'itinéraire ainsi que les «location based services» (services géolocalisés) rencontrent beaucoup de succès. Pourquoi alors ne pas combiner tous ces outils pour créer un puissant système d'information pour piétons, fonctionnant sur un ordinateur portable du type PDA (Personal Digital Assistant)? Dans cet article, on présente un concept de système d'information pour piétons axé sur un volet de navigation et guidage étudié dans le cadre d'un travail de diplôme effectué à l'Ecole Polytechnique Fédérale en étroite collaboration avec Geomatic SA. En utilisant les technologies actuelles de la téléphonie mobile, du webmapping et les méthodes de localisation existantes, on a montré que la réalisation d'un système d'information pour piétons complet est déjà possible. Puis on décrit l'architecture d'un tel système et les développements effectués pour la réalisation d'un prototype. Enfin, on résume les résultats obtenus suite aux tests du prototype et on conclut avec les évolutions et perspectives possibles du système.

*Seit mehreren Jahren sind die Strassenleitsysteme auf dem Automobilmarkt fest etabliert. Das Interesse für Informationssysteme nimmt auch auf dem Gebiet der Fussgänger-navigation ständig zu. Eine grosse Anzahl Wanderer und Sportler verwenden bei ihrer Tätigkeit GPS-Taschenempfänger. Parallel dazu verzeichnen die auf der Technik des Webmapping und der Wegberechnung beruhenden Internetdienste sowie die «location based services» (geolokalisierte Dienste) grossen Erfolg. Warum also könnte man nicht alle diese Werkzeuge in einem tragbaren Computer des Typs PDA (Personal Digital Assistant) miteinander zu einem leistungsfähigen Informationssystem für Fussgänger kombinieren? In diesem Artikel wird ein Konzept eines auf Navigation und Führung ausgelegten Informationssystems für Fussgänger vorgestellt, das im Rahmen einer Diplomarbeit an der EPFL in Zusammenarbeit mit Geomatic SA bearbeitet worden ist. In Anwendung der heutigen Mobiltelefonietechnologie, des Webmapping und der bestehenden Ortungsmethoden, wurde gezeigt, dass die Verwirklichung eines Fussgängerinformationssystems schon möglich ist. Weiter werden auch die Architektur eines solchen Systems sowie die Entwicklungen für die Realisation eines Prototyps beschrieben. Schlussendlich werden die aus den Tests des Prototyps erreichten Resultate zusammengefasst sowie die Entwicklung und die möglichen Perspektiven des Systems erläutert.*

Da vari anni a questa parte i sistemi di navigazione stradale si sono chiaramente affermati sul mercato automobilistico. L'interesse per questi sistemi d'informazione si sta estendendo anche nel campo della navigazione pedestre. Sono sempre più numerosi gli escursionisti e altri sportivi che durante la loro attività sportiva usano i ricevitori GPS tascabili. Contemporaneamente i servizi Internet basati sulle tecniche del webmapping e del calcolo degli itinerari, nonché i servizi geolocalizzati (location based services) stanno riportando grande successo. A questo punto si pone giustamente l'interrogativo se non convenga forse abbinare tutti questi strumenti, creando un potente sistema d'informazione per i pedoni, basato su un computer portatile PDA (Personal digital assistant). Questo articolo presenta un concetto di sistema per i pedoni, centrato su un aspetto della navigazione e della guida, che è diventato il tema di un lavoro di diploma al Politecnico federale, effettuato in stretta collaborazione con la Geomatic SA. Ricorrendo a moderne tecnologie della telefonia mobile, del webmapping e dei metodi esistenti di localizzazione si è dimostrato che si è già in grado di realizzare un sistema d'informazione completo per pedoni. Qui di seguito si spiega il concetto e gli sviluppi del prototipo, si presentano i risultati ottenuti dai test sul prototipo e si effettua una prima valutazione delle possibili prospettive di questo sistema.

F. Voisard

## Besoin et informations utiles aux piétons

La première étape de conception consiste en une analyse des besoins et un recensement des informations utiles au piéton. En raison du temps imparti, on s'est contenté de mettre en évidence les idées clés sur la base d'une application particulière. L'étude montre que le besoin général est la simplicité de l'ensemble. Qu'il s'agisse de la simplicité de l'apprentissage de l'outil, de sa manipulation, de sa mise à jour ou encore de la gestion des informations, tous ces concepts sont fondamentaux pour le producteur, l'utilisateur et le gestionnaire. Mais l'appareil doit également être bon marché, le plus petit possible et aisément transportable pour garantir une bonne commerciabilité. Un autre point important est la souplesse quant à l'adjonction de nouveaux instruments de mesure ou le développement de nouveaux volets de service.

Concernant les informations utiles, la plupart dépend fortement du type d'application recherchée (guidage de personnes aveugles, informations pour touristes ou sportifs). Par contre, certaines données de base sont intéressantes indépendamment de l'application. Parmi ces informations figurent les supports cartographiques, de type vectoriel ou raster, qui servent de fond pour la superposition d'autres informations géographiques. Dans la majorité des cas, la position, l'orientation et le trajet actuel de l'utilisateur sont également d'un grand intérêt.

## Aspects techniques

Suite à la définition des besoins, un prochain pas consiste à étudier les méthodes de localisation disponibles. La figure 1 montre la classification des méthodes de localisation les plus répandues. Mais ces techniques ne sont pas toutes employables dans un système d'information pour piétons. Le tableau 1 contient un résumé des principales caractéristiques servant à évaluer l'adaptation des techniques



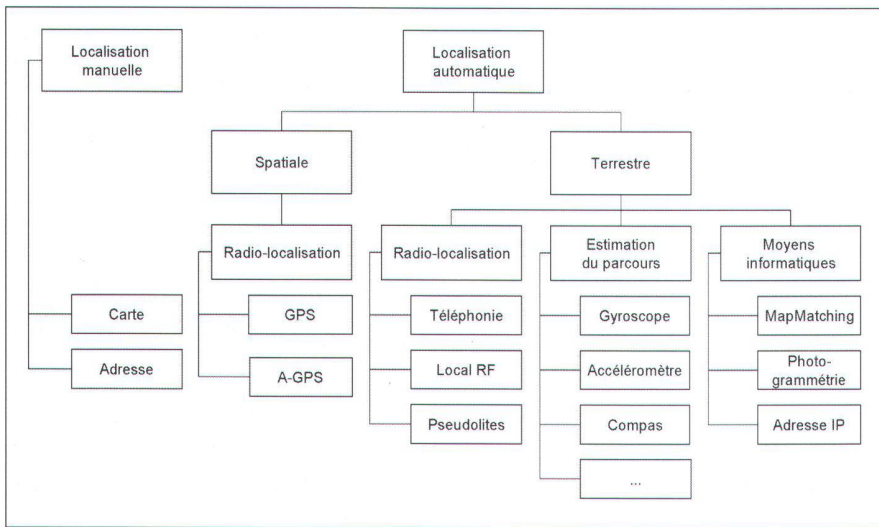


Fig. 1: Classification des méthodes de localisation les plus répandues.

par rapport à l'emploi dans un système d'information pour piétons.

Le piéton peut se déplacer à l'intérieur et à l'extérieur de constructions en ville, en forêt ou en rase campagne. Les conditions environnementales sont donc très variables et les méthodes de localisation retenues doivent être adaptées. En outre, pour la navigation et le guidage d'une personne, on a besoin de la position et de son évolution en temps réel.

Le système développé doit donc au moins intégrer une méthode de localisation absolue (p.ex. un GPS). On préfère aussi les solutions où la localisation se fait en mode autonome pour:

- réduire au strict minimum l'échange d'information avec le réseau;
- limiter le temps de communication nécessaire au fonctionnement du service (génération de coûts);
- mieux assurer la protection de la sphère privée de l'utilisateur.

Ainsi, la combinaison de différentes méthodes de localisation s'impose, car aucune technique ne permet seule une localisation en mode absolu, autonome et en tout temps et lieu.

Le GPS garantit une localisation autonome, absolue et en temps réel dans les zones où les signaux satellitaires ne sont pas obstrués. C'est la raison pour laquelle cet instrument compose le noyau du module de localisation. Les méthodes de localisation par téléphonie mobile (p.ex. E-OTD) satisfont aux mêmes conditions, en offrant en plus une meilleure disponibilité

des signaux à l'intérieur des bâtiments et en zones obstruées. Par contre elles ont le désavantage de demander une modification technique de l'infrastructure qui est loin d'être totalement déployée ainsi que de nouveaux appareils récepteurs qui coûtent cher. En outre la précision de localisation actuellement atteinte est encore beaucoup moins bonne que celle du GPS. Elle est actuellement de l'ordre de 50 à 500 m en zone construite.

Un autre appareil est très intéressant dans ce contexte, puisqu'il combine déjà un certain nombre d'instruments de localisation différents. Le PNM (Pedestrian Navigation Module) de Leica-Vectronix, est doté d'accéléromètres, d'un compas, d'un baromètre et d'un algorithme de re-

connaissance de pas sur la base des mesures accélérométriques. Il peut combler les lacunes d'information sur la position en zones de faible réception GPS. Il faut cependant qu'une position absolue initiale soit disponible. Une telle position de référence peut venir du GPS, du téléphone, de balises locales (infrarouge, ultrason, autres) et même d'une entrée manuelle de l'utilisateur. Le désavantage du PNM est la dérive de la précision des capteurs tout au long du parcours, partiellement évité par un recalage régulier avec son récepteur GPS intégré.

Un prototype basé sur les techniques disponibles a été mis au point. Il se compose des éléments de localisation suivants: un téléphone mobile Nokia qui permet une localisation par la méthode COO (Cell of Origine) + TA (Time Advance), le PNM qui inclut un GPS et la possibilité d'interaction de l'utilisateur par l'entrée manuelle de coordonnées ou d'une adresse. L'appareil comprend aussi un port infrarouge pour accueillir les données d'un autre système de localisation.

## Architecture du système

Le travail est structuré en deux étapes:

1. aborder les réflexions de conception au niveau le plus large possible, commun à tout système d'information pour piétons

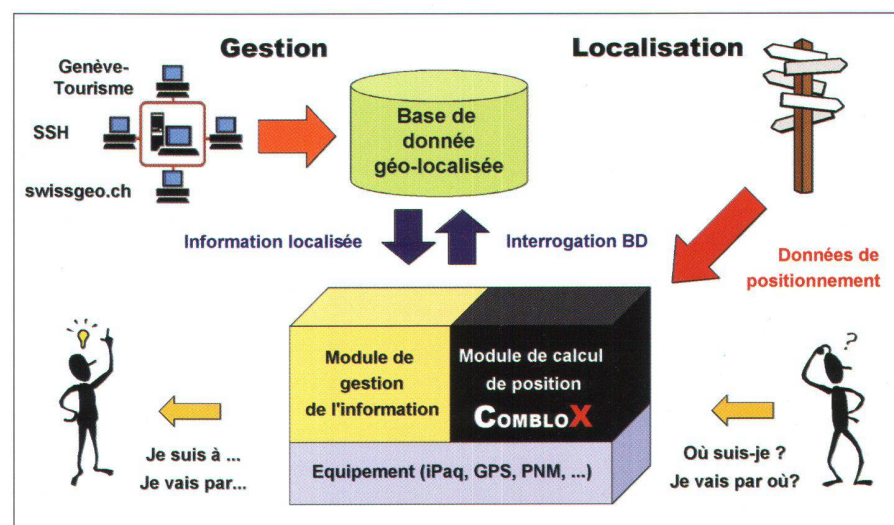


Fig. 2: Schéma simplifié de l'architecture du système d'information pour piétons.



Méthode	Disponibilité	Couverture	Calcul de la position	Temps réel	Précision 2D	Infrastructure	Facteur limitant	Coûts d'implantation
Cell ID + TA	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par réseau	oui	100 m–qq. Km	Pas de changements	Taille de la cellule	faible à nul
AOA	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par réseau	oui	< 125 m	Nécessite antennes sectorielles	Réception d'au moins deux antennes et angles couverts	faible à moyen
TOA	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par réseau	oui	50–150 m	Changements à la station de base	Synchronisation des horloges, effets multipath	moyen à élevé
TDOA	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par réseau	oui	250–1000 m	Changements à la station de base	Synchronisation des horloges, effets multipath	moyen à élevé
E-OTD	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par récepteur	oui	< 75–150 m	Changements à la station de base et au récepteur	Synchronisation des horloges, effets multipath	élevé
Rx-Level (RSS)	Extérieur et intérieur	pourcentage du réseau de télécommunication équipé	Par réseau	oui	–	Changements à la station de base	Amplitude du signal	moyen à élevé
Pseudolites	Intérieur	salles équipées	Par récepteur	oui	<5 m–20 m	Installation d'émetteurs	Constellation des émetteurs et obstructions	moyen
W-LAN	Extérieur et intérieur	qq. 10–qq.100 m	Par récepteur	oui		Changements à la station de base	Amplitude du signal	moyen
GPS	Extérieur	mondial	Par récepteur	oui	<5 m–20 m	Récepteur mobile à équiper	Constellation satellitaire et obstructions	faible à nul
PNM	Extérieur et intérieur	mondial	Par récepteur	oui	<10 m	A lier au PDA par une connexion bluetooth	Précision des capteurs et reconnaissance des pas	moyen
Infrarouge	Extérieur et intérieur	salles (ou zones) équipées	Par réseau ou récepteur	oui	<10 m	Installation d'émetteurs ou récepteurs	–	moyen
Ultrason	Principalement à l'intérieur	salles équipées	Par réseau	oui	< 1 m	Installation d'émetteurs	–	moyen
Carte et coordonnées	Extérieur et intérieur	mondial	Par utilisateur	quasi instantané	dépendant de l'échelle	aucune installation nécessaire	Qualité et disponibilité des cartes, échelle	faible à nul
Adresse	Extérieur et intérieur	adresses géoréférencées	Par réseau	oui	10–100 m	Base de donnée géolocalisé	Précision du géoréférencement	faible à moyen
Reconnaissance visuelle, traitement d'images	Extérieur et intérieur	images et objets géoréférencés	Par réseau	dépendant de la technique	–	Equipement informatique puissant et base de donnée géolocalisé	Puissance l'équipement, base de données	moyen
Internet	Extérieur et intérieur	mondial, mais dépendant du réseau local	Par réseau	oui	pays et ville	Pas de changements	Connaissances liés à l'adresse IP du récepteur	faible à nul
GIS, Map Matching	Extérieur et intérieur	mondial, selon base de données	Par réseau	quasi instantané	dépendant des données	Base de données importante et ordinateurs puissants	Qualité et actualité des données, acquisition et mise	élevé

Tab. 1: Comparaison des caractéristiques des méthodes de localisation.

2. étudier les implications pour une application particulière à des fins touristiques.

Dans le cas général, le système proposé se compose de sept modules visualisés à la figure 2.

1. Le module de mesure regroupe les ins-

truments de localisation et une unité mobile avec un processeur embarqué.

2. A partir de cet élément, les observations sont transférées à un module de localisation qui consiste en un algorithme déterminant la position optimale de l'utilisateur par une moyenne

pondérée. Cette moyenne est calculée en fonction de la fiabilité et de la précision des mesures en essayant de reconnaître le type d'environnement dans lequel l'utilisateur se déplace (à l'intérieur, à l'extérieur, dans une zone de visibilité GPS ou non).



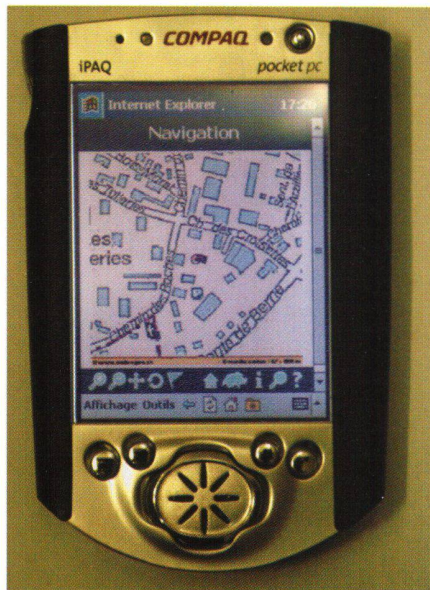


Fig. 3: Copie-écran de l'interface utilisateur en mode navigation.

3. Une interface utilisateur, assure l'interaction du piéton avec le système. Cette interface lui permet d'introduire manuellement des informations de position connues (p.ex. une adresse) et de formuler des requêtes.
4. La position optimale et les requêtes sont ensuite transférées par un module de communication à un centre de traitement externe. L'interface de communication entre l'unité mobile et le serveur central est assurée par une infrastructure de télécommunication.
5. Un affinage de la position peut avoir lieu sur les serveurs du centre de traitement dans un module d'affinement de position ou module de MapMatching.
6. Une interface de saisie et de gestion des données par les gestionnaires du service y est également installée et constitue le sixième module.
7. Mais, principalement, le centre de calcul se charge de traiter la requête de l'utilisateur et lui renvoie les informations demandées à partir d'une base de données spatiale qui constitue le dernier module.

L'affichage des informations se fait de nouveau sur l'unité mobile.

Le module de mesure du prototype se

compose d'appareils disponibles dans le commerce. Il en est de même pour le module de gestion et de transfert des données ainsi que pour la base des données géolocalisées qui sont basées sur des solutions existantes.

Une bonne partie du travail s'est concentré au développement du module de positionnement appelé CombloX (COMBinated LOCation System) et à la réalisation de l'interface utilisateur.

Cet algorithme CombloX est un petit programme qui procède au calcul de la position optimale d'une personne, sur la base des mesures disponibles. Il est un des éléments clés du projet. Actuellement, il prend en compte un maximum de cinq instruments pour effectuer une localisation. Il assure également la synchronisation des observations, leur contrôle, ainsi que l'uniformisation des formats de mesures qui peuvent varier entre les différents outils de positionnement. Il inclut aussi partiellement, le contrôle des disponibilités des différents capteurs et récepteurs intégrés.

De plus, il assure la transformation des coordonnées du référentiel WGS84 dans le système de coordonnées local choisi par l'utilisateur.

En l'occurrence, L'interface utilisateur sert à étudier, développer et montrer les fonctionnalités à implanter dans un système d'information pour piéton. En même

temps elle permet une visualisation du travail de développement effectué (figure 3).

## Tests et résultats

Des simulations et un parcours test au centre ville de Lausanne ont servi à tester et à valider les éléments du prototype sous des conditions «de laboratoire» et dans une situation réelle.

Au niveau des simulations, nous constatons deux phénomènes. D'une part, nous observons le bon fonctionnement de l'algorithme dans sa première version. D'un autre côté il s'avère que les indicateurs de fiabilité des mesures et les paramètres servant à l'affinement du calcul ne correspondent pas encore tous au choix idéal. Il reste un grand travail de calibrage et d'optimisation à faire.

Au niveau de la précision de localisation on s'attendait à une erreur de position moyenne de l'ordre de 5 à 50 m pour le récepteur GPS, de 50 à 200 m pour le téléphone portable, de 10 à 100 m pour l'entrée manuelle et de 1 à 50 m pour le PNM. Les résultats du parcours test confirment les hypothèses émises par rapport à la précision et la qualité des mesures de position sous conditions réelles. Seule exception: la localisation par téléphone mobile donne des résultats assez décevants: on espérait obtenir une erreur de position sensiblement plus faible que les 300 à

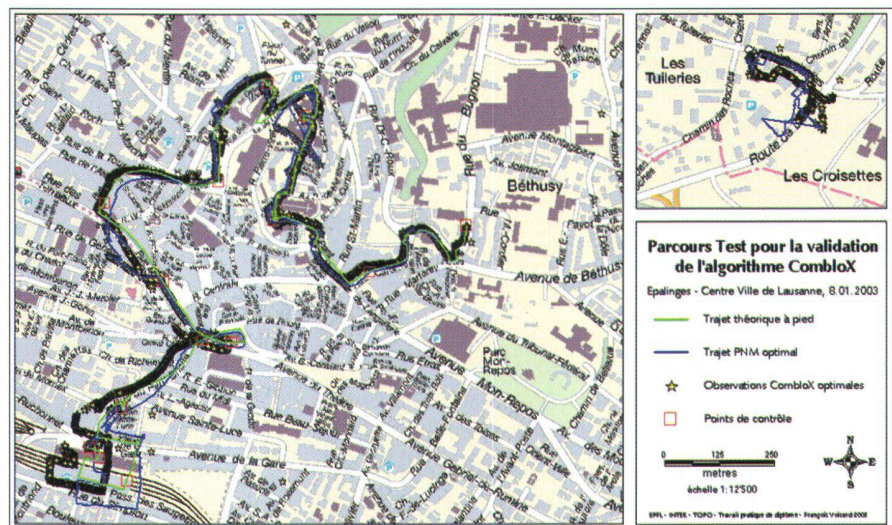


Fig. 4: Comparaison entre le parcours effectué, le trajet obtenu par PNM et les positions optimales obtenues par l'algorithme CombloX.



800 m atteints. En outre ces résultats montrent que l'algorithme combinant les observations fonctionne déjà bien en conditions réelles et fournit des résultats au moins aussi bons que pour la localisation par instruments séparés.

### Conclusions et perspectives

Ce projet met clairement en évidence que tout le savoir-faire pour la réalisation technique d'un système d'information pour piétons est disponible. Un prototype combinant différents appareils de mesure a été réalisé et son fonctionnement dans des conditions réelles a été jugé satisfaisant lors de tests. Même si la localisation par télécommunication n'arrive pas encore à répondre aux besoins et que l'établissement des indicateurs de qualité et fiabilité demande encore un effort, une bonne base pour des développements futurs existe.

D'ailleurs, quelques premiers systèmes simples de navigation pour piétons sont disponibles sur le marché. Cependant, la réalisation de solutions complexes s'arrête encore trop souvent au niveau théorique, car le développement du matériel et l'installation de l'infrastructure nécessaire génèrent des coûts beaucoup trop importants pour une mise en œuvre rapide et à large échelle. On constate également que les exigences de certaines applications particulières, comme par exemple le guidage de personnes aveugles, ne sont pas encore remplies. Les perspectives de voir apparaître bientôt les premiers systèmes avancés d'information pour piétons sont bonnes. Au niveau du matériel, la qualité et la miniaturisation des capteurs progresse constamment. Les méthodes de localisation sont également un sujet permanent de recherches et des grands progrès dans le domaine de localisation par téléphonie mobile sont certains.

#### Définition

Il convient d'effectuer une distinction entre les technologies de localisation absolue et relative, ainsi qu'entre les localisations autonome et à distance.

On parle de localisation absolue, lorsque les coordonnées d'une personne ou d'un objet sur la Terre sont déterminées directement dans un système de référence global donné. Pour la localisation relative les coordonnées d'un point sont calculées dans un référentiel local ou sont données par le vecteur par rapport à un point de référence.

Lorsque l'on parle de localisation autonome (self-positioning), le calcul de la position est réalisé par le système de localisation embarqué à partir de signaux reçus. La position est alors tout de suite disponible pour l'utilisateur. Dans le cas contraire, où un système externe procède à la détermination de la position à partir des signaux qu'émet l'unité mobile, on parle d'une localisation à distance (remote-positioning). La position est ensuite renvoyée à l'utilisateur.

Un point important dans la perspective du développement d'un système d'information pour piétons serait l'analyse approfondie des besoins, des informations utiles au piétons et de la gestion de ces données.

En ce qui concerne l'algorithme CombloX et l'interface d'utilisateur présenté dans cet article, il est tout à fait imaginable de continuer leur développement pour aboutir à une solution concrète commercialisable. Une partie de ces développements pourrait consister à intégrer enco-

re davantage de moyens de localisation (MapMatching, Infrarouge, Wireless Local Area Networks) qui n'ont pas été considérés dans cette approche. Une autre partie pourrait être une extension de la fonctionnalité de l'interface utilisateur.

#### Bibliographie:

- J. Wehrmann, M. Amberg: Universität Erlangen-Nürnberg, Situationsabhängige Dienste – Grundlagen ihrer Entwicklung, Aachen, 2001.
- C. Drane, C. Rizos: Positioning Systems in Intelligent Transportation Systems, ITS series, Artech House, London 1998.
- V. Gabaglio: GPS/INS System Integration for Pedestrian Navigation, EPFL, Département de Génie Rural, Institut de Géomatique, Lausanne 2002.
- Q. Ladetto: Capteurs et algorithmes pour la localisation autonome en mode pédestre, EPFL, Département de Génie Rural, Institut de Géomatique, Lausanne 2002.
- H. Ingensand, ETH Zürich; P. Bitzi, Leica Geosystems, Unterentfelden: Technologien der GSM-Positionierungsverfahren, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 8-9/2001.

#### Ressources Internet

- J. Baus, A. Krüger, W. Wahlster, Department of Computer Science, Saarland University: A Resource-Adaptive Mobile Navigation System. The Location Based Services Report, Newsletter, <http://pulver.com>.
- Location Based Services, Vipul Sawhney, Columbia University EE E6951.

François Voisard  
EPFL  
Institut du Développement Territorial (INTER)  
Laboratoire de Topométrie (TOPO)  
Bâtiment GR  
CH-1015 Lausanne  
<http://topo.epfl.ch>