

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	100 (2002)
Heft:	8
Artikel:	Faciliter le déplacement des aveugles avec une carte numérique et une interface vocale
Autor:	Rouiller, J. / Perrottet, D. / Ladetto, Q.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-235924

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: 25.01.2026

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

Faciliter le déplacement des aveugles avec une carte numérique et une interface vocale

Le récepteur GPS permet à la personne de se localiser sous certaines conditions de visibilité des satellites et de réception de leurs signaux. Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, il est nécessaire d'utiliser d'autres capteurs pour saisir le déplacement de la personne et son orientation. Ce mécanisme est appelé navigation à l'estime (Dead Reckoning). Si le problème est déjà pratiquement résolu pour les automobiles qui utilisent un odomètre, un gyroscope et un système de reconnaissance cartographique, la solution pour la navigation pédestre est de loin plus complexe. En effet, la navigation à l'estime s'effectue bien avec les mêmes senseurs, mais leur intégration est totalement différente. Un piéton ne reste pas forcément sur un trottoir, il effectue des mouvements brusques et se déplace facilement d'un bout à l'autre d'un quartier en passant à l'intérieur de bâtiments (galeries marchandes). Une fois les signaux analysés et la trajectoire modélisée, des informations peuvent être communiquées à l'utilisateur par l'intermédiaire d'un SIG disponible sur un ordinateur de poche (PDA). L'interaction des personnes aveugles avec l'information géographique est difficile et une interface spécifique doit être développée.

GPS-Empfänger erlauben seinem Benutzer seine Position zu ermitteln. Jedoch müssen dazu einige Bedingungen wie Sichtbarkeit der Satelliten und Empfang deren Signale gewährleistet sein. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, ist man darauf angewiesen, die Fortbewegung und die Orientierung einer Person mit Hilfe anderer Sensoren zu bestimmen. Dieser Vorgang wird Koppelnavigation (Dead Reckoning) genannt. Während dieses Problem für Fahrzeuge mit Hilfe von Odometern, Gyroskop und einem Kartenerkennungssystem bereits gelöst ist, stellt sich eine Lösung für ein Navigationsystem für Fußgänger weit komplexer dar. Im Prinzip werden die selben Sensoren verwendet, wobei sich ihre Integration komplett unterscheidet. Ein Fußgänger bleibt nicht zwingend auf dem Trottoir, bewegt sich brusk und von einem Ende eines Quartier zum anderen, oft auch im Inneren von Gebäuden. All diese Informationen können mit Hilfe eines GIS, installiert auf einem PDA (personal digital assistant), ausgewertet und kommuniziert werden. Für Blinde ist eine solche Interaktion jedoch nicht einfach und bedarf daher einer speziell ausgerichteten Lösung.

Un ricevitore GPS permette ad un individuo di conoscere la sua posizione in certe condizioni di visibilità dei satelliti e di ricezione dei loro segnali. Quando queste condizioni non sono rispettate, è necessario l'utilizzo di altri sensori per determinare lo spostamento di una persona come pure la sua direzione. Questo meccanismo è chiamato navigazione stimata (Dead Reckoning). Sebbene questo problema sia in sostanza risolto per le automobili che utilizzano un podometro, un giroscopio e un sistema di riconoscimento cartografico, la soluzione è più complessa per la navigazione pedestre. In effetti, la navigazione stimata è praticata con gli stessi sensori, ma la loro integrazione è completamente diversa. Un pedone non è obbligato a rimanere sempre sul marciapiede, può fare dei movimenti bruschi e spostarsi facilmente da una parte all'altra di un quartiere passando all'interno delle costruzioni (gallerie). Tutte queste informazioni possono essere analizzate e comunicate all'utente via un SIG disponibile su un palmare (PDA). Tuttavia per i ciechi è difficile interagire con una tecnologia simile, una soluzione appropriata deve dunque essere sviluppata.

J. Rouiller, D. Perrottet, Q. Ladetto,
B. Merminod

Introduction

La plupart de nos déplacements à pied s'effectuent dans un environnement qui nous est familier. Notre capacité à développer une carte cognitive et à reconnaître les lieux tend à nous faire oublier qu'une ville ressemble vite à un dédale lorsque l'on s'écarte des chemins déjà connus. Les passants peuvent alors s'avérer une aide précieuse, mais les lieux ne leur sont pas toujours familiers. Une alternative est le recours à un plan de ville, par rapport auquel il reste à repérer sa position. Quelques bourrasques on tôt fait de rendre sa lecture difficile. D'autre part de nombreux services ne peuvent être représentés sur une carte papier, pour d'évidentes raisons de lisibilité.

On en vient alors à rêver d'un système autonome d'aide à la navigation pédestre. En milieu urbain, les récepteurs GPS ne peuvent garantir ce service. En effet, pour une navigation efficace, la localisation doit être assurée de manière continue, c'est-à-dire également dans les canyons urbains qui ne permettent généralement pas la réception d'un nombre de satellites suffisant.

La continuité de la localisation peut être assurée par une navigation à l'estime. Selon cette approche, la trajectoire est déterminée relativement à une position d'origine. Inévitablement, les erreurs sur la position se cumulent jusqu'à ce que des signaux extérieurs (satellitaires ou GSM) soient à nouveau reçus.

Heureusement, il est possible d'exploiter l'information géographique d'une carte numérique pour rectifier de temps à autre la trajectoire modélisée. Cette opération est connue sous le terme de *map matching* (Bernstein et al. 1998, Shan Hung et al. 1998).

Système utilisé

Le système de navigation actuellement développé (Ladetto 2002) comporte un

récepteur GPS, trois accéléromètres et trois senseurs magnétiques disposés orthogonalement, ainsi qu'un baromètre. Le module de localisation, placé de préférence au bas du dos, permet de connaître la position de la personne tant en planimétrie qu'en altimétrie. Dans le contexte pédestre, la double intégration de l'accélération longitudinale ne permet pas directement une détermination de la distance parcourue. Les mesures des accéléromètres sont alors exploitées par un modèle physiologique afin de dimensionner les pas détectés.

Particularités des trajectoires piétonnes

Au contraire d'une automobile, une personne n'évolue pas toujours parallèlement à l'axe d'une rue: traverser une route, emprunter une galerie marchande, s'approcher d'une vitrine, rentrer dans une allée ou rebrousser chemin comptent parmi les mouvements possibles du piéton. Par ailleurs, des déplacements verticaux ou apparentés sont possibles, comme lorsqu'un escalier ou un ascenseur est emprunté pour passer d'une rue à une autre.

Support cartographique

Pour éviter que la trajectoire modélisée ne s'éloigne excessivement du réseau routier, nous avons recours au produit «MultiNet Shapefile» de la compagnie Tele Atlas. L'information routière peut être présentée selon deux niveaux, le second étant une généralisation du premier. Pour la problématique pédestre, seul le réseau détaillé du premier niveau présente un intérêt.

La base de données «MultiNet», contient de nombreuses informations complémentaires au réseau de transport. Elle permet notamment le géocodage par adresses (interpolées) et renferme plusieurs points d'intérêt qui représentent des services.

Pour référencer de manière plus précise les adresses, l'utilisation d'un produit complémentaire tel que Geo-Post pour la Suisse est envisageable.

Approche de navigation

Chaque élément routier de la base de données «MultiNet» est représenté par une ligne brisée. Ses extrémités, appelées «jonctions», sont désignées par un identifiant permettant une gestion aisée de la topologie entre éléments. Afin de limiter le nombre de calculs de distances entre la position estimée et les segments routiers, la topologie est exploitée. Cette approche permet d'autre part de limiter le risque de *mismatching*, à savoir l'association de la position du piéton à une rue qui n'est pas la bonne.

En navigation pédestre, l'exploitation de la topologie requiert toutefois certaines précautions et deux aspects majeurs doivent être considérés.

Premièrement, si la précision de la localisation initiale est faible, la rue la plus proche de la position du piéton n'est pas forcément celle dans laquelle il se trouve. L'observation de la direction du déplacement sur un certain nombre de pas permet en général de lever cette incertitude. En second lieu, la direction de la marche qui peut être observée à un carrefour (c.-à-d. à une jonction) ne reflète pas toujours celle de la rue empruntée par la suite (Fig. 1).

Ces situations ambiguës mènent à prendre en compte de plusieurs cheminement possibles, chacun étant composé d'une ou de plusieurs rues suivies. Seules les informations relatives au cheminement le plus probable sont annoncées à l'utilisateur. Les autres cheminements jouent en coulisses des rôles de prétendants. Typiquement, après le premier changement de direction des figures 1.c et 1.d, le cheminement A-B est le plus probable, jusqu'à ce que le second changement de direction fasse pencher la balance en faveur du cheminement A-C. Les cheminements jugés trop improbables sont occasionnellement éliminés afin d'éviter un gonflement des opérations nécessaires.

Pour résumer, la prise en compte de plusieurs cheminements permet de profiter de la rigueur d'une approche topologique, tout en assurant la souplesse nécessaire.

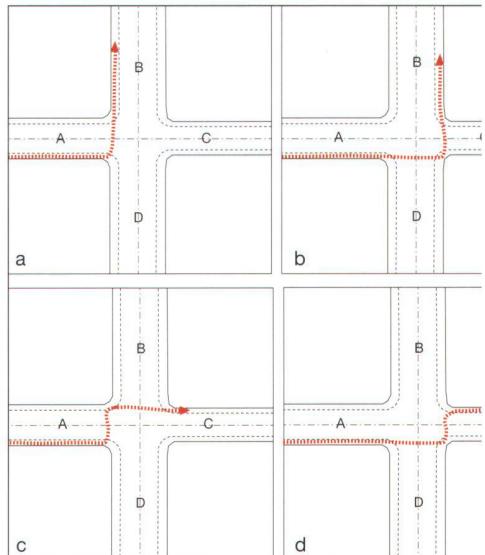


Fig. 1: Variété de situations possibles lorsque le piéton tourne à gauche près d'une jonction.

Initialisation

La phase d'initialisation est déclenchée par l'arrivée des premières coordonnées. Celles-ci peuvent être déterminées à partir d'une adresse, d'un point d'intérêt sélectionné par l'utilisateur ou plus simplement sur la base d'observations GPS.

Dans un premier temps, une sélection des rues possibles est réalisée sur la base de leurs limites spatiales. Pour chaque rue retenue, les segments qui la constituent sont ensuite confrontés l'un après l'autre à la position du piéton. Il est admis que la personne peut se trouver le long d'un segment si sa position initiale tombe dans une zone tampon entourant celui-ci. La largeur de cette région est fonction de la précision de localisation et de la précision absolue de l'élément routier.

Chaque segment retenu se voit associer un point de projection, qui définit la position du piéton relativement à son origine.

Il est admis que le piéton se trouve sur un trottoir et sa position est rectifiée en conséquence: le point de *map matching* associé à un segment routier est placé à la hauteur du point de projection, mais à une distance q de l'axe de la rue. La largeur q , est estimée sur la base de l'importance fonctionnelle de la rue.

A ce stade, chaque point de map matching marque le début d'un cheminement possible. Une probabilité est attribuée à chaque cheminement, de manière inversement proportionnelle à la distance séparant la position initiale du point de *map matching*. La rue correspondant au cheminement le plus probable est alors annoncée à l'utilisateur.

Suivi topologique

L'exploitation de la topologie nécessite un suivi de l'évolution du piéton relativement à chaque cheminement considéré.

En vue de déterminer le moment de passage d'un segment au suivant et éventuellement l'entrée dans une nouvelle rue, il faut périodiquement reporter la distance parcourue le long du segment longé. Ce report s'effectue depuis le point de projection, qui désigne l'endroit où le segment a été abordé. Le point de projection coïncide avec l'une des extrémités du segment, sauf en début de parcours où il correspond à l'endroit du segment le plus proche de la position initiale. La distance est positive lorsqu'elle correspond à un déplacement dans le sens du segment (début → fin) et négative dans le cas contraire.

En navigation automobile, la distance mesurée est intégralement reportée le long du segment (Fig. 2.a). En effet, l'écart – parfois sensible – qui peut être observé entre la direction de déplacement donnée par les dernières époques et celle du segment peut généralement être attribué à la dérive d'un gyroscope bas de gamme, alors que la distance est mesurable de manière relativement précise par un odomètre.

Au contraire d'un véhicule, qui se déplace presque parallèlement à l'axe d'une route, le piéton peut effectuer des mouvements transversaux (contournement d'un panneau d'affichage ou d'un arrêt de bus, passage au trottoir opposé, etc.). Ne pas en tenir compte peut conduire à une surestimation notable de la distance parcourue le long du segment (Fig. 2.b). Ainsi, la distance considérée n'est pas la distance totale, mais celle en ligne droite

depuis le pas auquel est associé le point de projection. De plus, celle-ci est multipliée par le cosinus de l'angle θ entre la direction moyenne du déplacement et le segment, avant d'être reportée le long de ce dernier. La grande précision des compass employés et le caractère aléatoire des erreurs angulaires (i.e. pas de dérive) ne font que renforcer cette affirmation.

Détection des changements de direction

Un changement de direction prononcé indique parfois qu'une jonction a été atteinte. Il peut alors permettre de corriger la trajectoire et d'ajuster les paramètres du modèle de pas. L'évitement tardif d'un obstacle – souvent observé dans la démarche des aveugles – provoque une variation très locale de la direction de déplacement. Le procédé de détection des changements de direction doit rester insensible à de telles perturbations.

La méthode retenue consiste à calculer des azimuts moyens de déplacement sur plusieurs pas. Ces azimuts, stockés dans une fenêtre mobile, permettent de calculer les différences d'azimuts qui correspondent à des pas successifs. Une seconde fenêtre mobile contient ces différences d'azimuts. Un changement de direction effectif est détecté lorsque l'élément central de cette seconde fenêtre dépasse un seuil et représente le maximum au sein de celle-ci. Le pas correspondant est alors appelé «point de pivot». Selon la figure 3 illustrant cette approche, le pas $i-5$ qui vient d'être réalisé permet de reconnaître le pas $i-5$ comme point de pivot, la fenêtre mobile des différences d'azimuts s'étendant ici de $i-7$ à $i-3$. Un changement effectif de la direction de la marche est détecté dans cet exemple avec un retard de cinq pas.

Types de changements de direction

En navigation automobile un changement significatif de la direction de déplacement correspond généralement à un virage de la rue empruntée ou au passage dans une rue non alignée sur celle de la

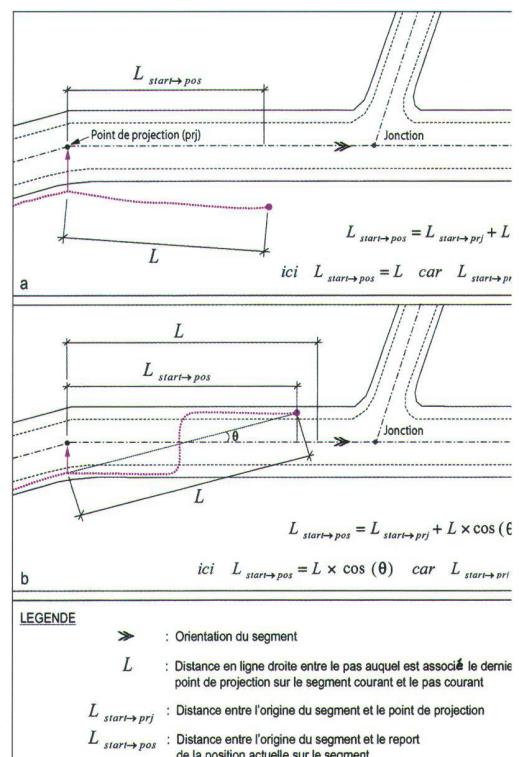


Fig. 2: Différence entre navigation automobile et navigation pédestre dans la mesure de la distance parcourue.

quelle vient le véhicule. Lors de déplacements pédestres, des cas plus variés peuvent se présenter: le passage au trottoir d'en face, l'entrée dans un immeuble et le rebroussement de chemin occasionnent des changements de direction qu'il convient d'ignorer. Ainsi, une variation significative de la direction de marche ne donne lieu à une correction de la trajectoire que si elle se produit à proximité d'une jonction. Cette analyse est menée relativement à chaque cheminement plausible.

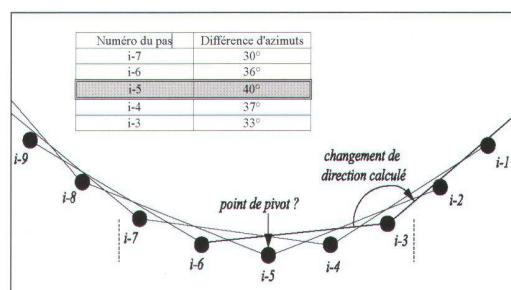


Fig. 3: Méthode de détection des changements de direction effectifs.

Un virage d'une rue provoque également un changement de direction du piéton. Il est cependant plus difficile d'y réaliser un *map matching*, la variation de la direction de la marche s'effectuant sur un nombre de pas plus important et le virage étant souvent modélisé par de courts segments presque alignés lorsque pris deux à deux.

Mise en œuvre du map matching

L'arrivée à une jonction est un moment adéquat pour corriger la trajectoire. Un changement de direction à proximité d'un carrefour peut correspondre à l'entrée dans une rue transversale ou à un changement de trottoir avant de poursuivre dans une rue relativement alignée (Fig. 1).

Lorsqu'il est admis que le piéton est parvenu à un carrefour, autant de cheminements sont générés qu'il y a de rues connectées à la jonction. Chacun de ces cheminements hérite des propriétés de celui qui a mené le piéton jusqu'au carrefour. Ainsi, les nouveaux cheminements reçoivent l'historique des rues du cheminement parent. La probabilité de ce dernier leur est également transmise, pondérée toutefois en fonction de la ressemblance entre la direction actuelle de la marche et celle du segment de rue considéré. Le facteur de pondération est déterminé selon une approche de logique floue, c'est-à-dire en fonction des scénarios possibles et non de la précision des mesures angulaires.

Dans le cas où la direction de la rue considérée diffère sensiblement de celle de laquelle vient le piéton (Fig. 4.a), deux positions candidates pour le map matching sont données par les intersections du trottoir de la rue incidente avec ceux de la nouvelle rue. De ces positions, celle qui est la plus proche du point de pivot est retenue pour corriger la trajectoire.

Lorsque la nouvelle rue est relativement alignée sur celle de laquelle vient le piéton, le calcul du point de *map matching* par intersection des trottoirs est inadéquat. Il est alors admis que le piéton traverse la rue au carrefour, empruntant un

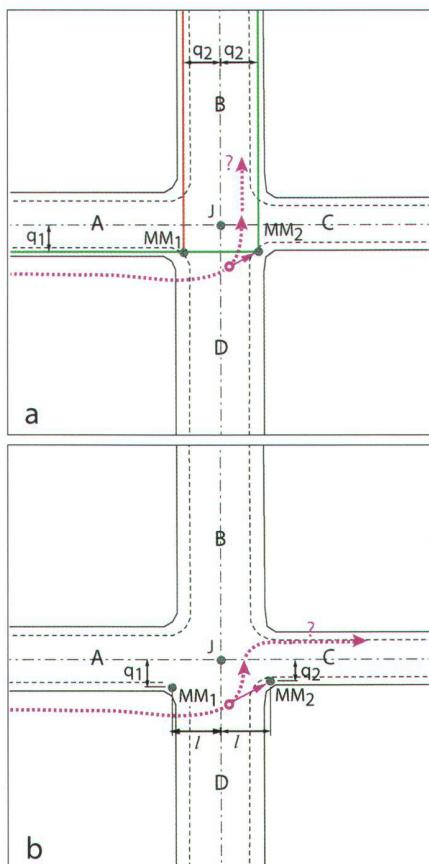


Fig. 4: Map matching à une jonction. La méthode diffère selon l'angle que présente la nouvelle rue par rapport à celle d'où vient le piéton.

passage piéton situé peu avant ou peu après la jonction. Le point retenu pour le *map matching* se trouve à une distance longitudinale I de la jonction et à une distance q_1 ou q_2 du segment longé, selon que le piéton a traversé avant ou après la jonction (Fig. 4.b). Cet écart par rapport à l'axe est estimé en fonction de la classe fonctionnelle de la rue traversée.

Calcul des probabilités des cheminements

Calcul des probabilités des cheminements
La probabilité d'un cheminement est à nouveau déterminée lorsque le piéton atteint l'extrémité du segment vers lequel il se dirigeait. Sa valeur est inversement proportionnelle à l'écart angulaire entre la direction du segment suivi et le vecteur de déplacement observé depuis le dernier point de projection.

L'analyse est menée pour chacun des cheminements en mémoire. Une fois celle-ci achevée, les probabilités des cheminements sont corrigées de sorte à ramener leur somme à 100%. Il est alors facile d'éliminer ceux qui semblent trop improbables.

Interface parlante

Le but recherché dans la création d'une interface pour aveugles est l'utilisation d'un PDA (Personal Digital Assistant) standard pouvant répondre aux spécificités de l'application.

L'interface se compose de différents menus et boutons virtuels sur l'écran tactile. La solution retenue afin d'en faciliter l'utilisation inclut tout d'abord une aide générale (vozale) au chargement de chaque menu qui donne un aperçu des différentes rubriques et fonctions, ainsi que l'emplacement des boutons sur l'écran. Ensuite, l'utilisateur doit toujours valider son choix avec le bouton «Enter» et un message de confirmation est donné. De plus, chaque bouton sélectionné énonce sa fonction. Les boutons sont toujours disposés selon une configuration précise. Il a été choisi de limiter leur nombre à cinq par menu (Fig. 5). Sur chaque menu se trouve un bouton «Enter», qui permet la validation de la sélection, en bas à droite de l'écran. En bas à gauche se trouve un bouton «Up» permettant le retour au menu précédent. Notons encore que les paramètres de configuration de l'interface sont sauvegardés pour la prochaine utilisation du logiciel.

Le menu «Navigation» permet d'effectuer les opérations relatives au calcul d'un trajet entre deux adresses. Ce menu utilise la reconnaissance vocale. Un bouton «Start point» permet d'entrer oralement un lieu de départ qui sera reconnu par le système selon une certaine grammaire, s'il le possède dans sa base de données (sous forme de fichier texte), et qui constituera le point de départ du trajet. «Stop point» permet par la même méthode de sélectionner une destination. Un message vocal confirme que l'adresse a été reconnue par le système. Si l'adresse est erronée, il

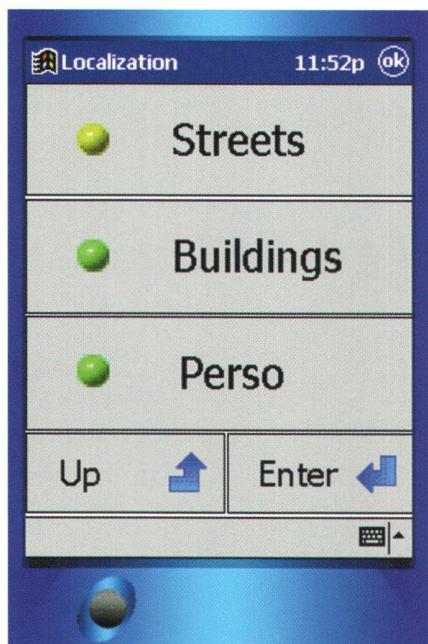


Fig. 5: Exemple de menu comportant cinq boutons se trouvant toujours aux mêmes endroits afin de faciliter l'utilisation aux personnes aveugles.

est possible de recommencer l'opération. Un bouton «*Listen*» permet d'écouter les instructions constituant le trajet calculé à partir de ces deux points, afin de se faire une idée du parcours au préalable. Un cache additionnel a été fabriqué et placé sur le PDA. Des découpes correspon-

dant aux boutons sur l'écran tactile, permettent à l'utilisateur de sélectionner plus facilement l'information désirée et d'éviter toute manipulation involontaire.

Conclusion

Bien que souvent observé en navigation pédestre, le parallélisme entre la direction du déplacement et l'axe de la rue empruntée n'est pas garanti. Pour cette raison, dans le cas où la topologie du réseau routier est exploitée, il est nécessaire de garder en mémoire les caractéristiques les plus importantes de plusieurs cheminement vraisemblables (rues empruntées, dernier tronçon parcouru, points de correction de la trajectoire, etc.). Ainsi, le cheminement effectivement suivi reste possible, même s'il peut paraître peu probable à un moment particulier.

Un autre aspect important réside dans la capacité de distinguer les changements de direction induits par une particularité géométrique du réseau de ceux permis par la grande liberté de mouvement du piéton.

L'utilisation du map matching améliorant fiabilité et précision couplée à une interface parlante facilitant l'interaction avec l'utilisateur, tels sont les nouveaux défis de la navigation pédestre!

Remerciements

Nous remercions Tele Atlas pour la mise à disposition des données routières. Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'un projet industriel (CTI) entre le gouvernement suisse et Leica Geosystems AG.

Bibliographie:

Bernstein, D., Kornhauser, A. (1998). «Map Matching for Personal Navigation Assistants», The Transportation Research Board, 77th Annual Meeting, Washington, D.C., January 11–15.

Ladetto, Q. (2002). «Capteurs et algorithmes pour la localisation autonome en mode pédestre», Doctorat EPFL en prep.

Shan Hung, P., Chuan Su, T. (1998). «Map-Matching Algorithm of GPS Vehicle Navigation System», Geographic Information System Research Center, Reng Chia University.

Quentin Ladetto
Bertrand Merminod
Julien Rouiller
Delphine Perrottet
EPF Lausanne
Institut du Développement Territorial (INTER)
Geodectics Laboratory (TOPO)
Bâtiment GR
CH-1015 Lausanne
<http://topo.epfl.ch>

ABONNEMENTS **BESTELLUNGEN**
unter folgender Adresse

Jahresabonnement 1 Jahr:
Inland sFr. 96.–, Ausland sFr. 120.–

SIGImedia AG
Dorfmattestrasse 26
CH-5612 Villmergen
Telefon 056 619 52 52
Telefax 056 619 52 50