

---

# Modélisation de l'utilisateur et exploitation dans un système «adapté» d'aide au déplacement piéton

Vivien Guillet<sup>\*,\*\*</sup> — Béatrice Rumpler<sup>\*\*</sup> — Jean-Marie Pinon<sup>\*\*</sup>

\* *E.O.-E.D.P.S.*

69, rue Gorge de Loup  
69009 LYON

Vivien.Guillet@lisi.insa-lyon.fr

\*\* *LIRIS - CNRS FRE 2672*

INSA - Bâtiment Blaise Pascal  
7 Avenue Jean Capelle  
F-69621 Villeurbanne Cedex

{Beatrice.rumpler, Jean-Marie.Pinon}@insa-lyon.fr

---

*RÉSUMÉ.* Cet article présente tout d'abord le domaine de l'adaptation à l'utilisateur par modélisation, son fonctionnement, son utilisation et ses possibilités. Nous spécifions ensuite notre système d'aide au déplacement piéton urbain adapté à des utilisateurs handicapés et discutons l'opportunité de l'utilisation de mécanisme d'adaptation sur trois aspects du système. Enfin, nous présentons deux approches possibles pour la modélisation de l'utilisateur, ainsi que notre modélisation de l'environnement.

*ABSTRACT.* In this paper, we present the user modeling domain, its current and possible uses. We describe our urban guidance system for the impaired user, and discuss the possible benefits of using user modeling for three of its components. We present two possible approaches for user modeling, our environment modeling. Then we conclude and present our future work.

*MOTS-CLÉS :* adaptation, aide au déplacement, modélisation de l'utilisateur, stéréotypes, handicap

*KEYWORDS:* adaptation, guidance, user modeling, stereotype, impairment

---

## 1. Introduction, projet

Si les personnes voyantes disposent aujourd'hui de dispositifs technologiques pour l'aide à la circulation routière comme piétonne, celles visuellement déficientes n'ont souvent pu en bénéficier que sous la forme de transpositions maladroites. Le système commercial «Trekker» de la société Visuaid, destiné spécifiquement aux aveugles et censé représenter, selon ses concepteurs, une révolution pour les déplacements de ses usagers, en est une bonne illustration.

« I would like to try it and if I liked it, and if I could afford it, I would use it [ . . . ] My problem is the way it is presented. Blind people have been traveling without it. If some blind people can travel and others can't, that means that other factors than blindness are at work. If new technology in general and this product in particular help to make more blind people independent, or more to the point if it helps them regard themselves as independent, that is praiseworthy. But it is not the opening of a new world for the blind [ . . . ]. »

Cet extrait d'un texte, publié sur une liste de diffusion électronique à l'usage de déficients visuels utilisateurs de systèmes informatiques<sup>1</sup> lors de l'annonce de ce système, met en lumière deux aspects oubliés par ses concepteurs : d'une part l'absence de prise en compte des différences réelles entre ses utilisateurs et d'autre part le flou sur le niveau de granularité des descriptions de trajet qu'il fournit.

De ce flou découle la difficulté, pour des personnes aveugles, de suivre effectivement un trajet conseillé et de savoir si le trajet suivi est le bon. Nous considérons qu'une solution possible est de réduire la granularité des descriptions de trajet : plutôt que d'établir les points de repère du déplacement au niveau de noms de rues, nous voulons fonder nos descriptions de trajet sur les indices utilisables par les non-voyants au cours de leurs déplacements (abaissments de trottoirs, bandes podotactiles, etc.).

Les différences entre non-voyants quant à la manière de se déplacer, qui se font plus évidentes avec la réduction de la granularité, ainsi que la manière d'appréhender l'utilisation d'une «béquille technologique» telle que notre système nous amènent à prendre en compte la spécificité de chaque utilisateur (décrite par son *profil*) de façon à adapter les trajets conseillés aux utilisateurs ainsi que la description de ces trajets. La mise en place de ces deux adaptations passe par la modélisation de l'environnement et celle de l'utilisateur du système.

Dans la première partie de cet article, nous décrivons les possibilités offertes par la modélisation de l'utilisateur, les principales catégories d'adaptation, les classes de formalismes utilisables pour la description des connaissances relatives au domaine de l'application et à l'utilisateur lui-même, ainsi que l'intérêt et le fonctionnement de la modélisation par stéréotypes. Notre proposition de spécification d'un système d'aide au déplacement pour piétons (principalement non ou mal-voyants) et, en particulier,

---

1. Liste gui-talk (<http://www.nfbnet.org/mailman/listinfo/gui-talk>).

l'architecture technique générale propre à notre prototype<sup>2</sup> sont présentées dans la seconde partie de l'article. Cette description permet alors d'envisager trois types d'adaptations dans le cadre de notre projet : adaptation de l'interface utilisateur, adaptation des trajets proposés à l'utilisateur et adaptation de la description de ces trajets. La troisième partie définit la modélisation des connaissances permettant la mise en place de certaines des adaptations décrites précédemment. Cette modélisation se décompose en : modélisation de l'environnement – commune à tous les utilisateurs potentiels du système (handicapés ou non) – et modélisation de l'utilisateur du système. Pour cette dernière, deux approches sont comparées, l'une fondée sur l'utilisation de connaissances à priori sur l'utilisateur, l'autre sur l'analyse des interactions homme-machine et l'explicitation de l'évaluation présente implicitement dans ces interactions. Enfin, nous présentons nos travaux ultérieurs.

## 2. Les «profils utilisateurs»

Les techniques de modélisation de l'utilisateur permettent de mettre en place différents types d'adaptation à l'utilisateur (*cf.* section 2.1). Les recherches dans ce domaine ont abouti à la conception d'architectures de systèmes fondés sur la modélisation de l'utilisateur qui partagent des objectifs de généralité vis à vis du domaine d'utilisation (*cf.* section 2.2). Ces systèmes se distinguent par la représentation des connaissances qu'ils mettent en oeuvre (*cf.* section 2.3). La majorité de ces systèmes permet le recours au raisonnement fondé sur des *stéréotypes* (*cf.* section 2.3.2).

Nous désignons par «User Modeling Shell (System)» (système de gestion des profils utilisateurs) ou «U.M.S.», un composant logiciel chargé de maintenir à jour une base d'information sur les utilisateurs d'un système informatique dans le but de l'adapter à chacun de ses utilisateurs, représenté par son «profil».

### 2.1. Types d'adaptations à l'utilisateur

En dehors de la dynamique propre au domaine scientifique (aujourd'hui solidement constitué) de la modélisation des utilisateurs, on peut regrouper les objectifs du recours à un U.M.S. en quatre catégories non exclusives : filtrage, personnalisation de document, personnalisation d'interface homme-machine et incitation à l'achat.

1) Domaine documentaire : filtrage (sélection du document) — Si l'on en croit la grande majorité des travaux de recherche autour du «document», l'homme, placé devant une masse croissante d'«information», ne serait plus aujourd'hui en mesure de

---

2. Le prototype correspondant a pu être réalisé et est développé grâce au soutien financier de la région Rhône-Alpes, à la Mission Handicap, Université Claude Bernard, Lyon 1, au Liris-Insa de Lyon, en partenariat avec la société E.O.-E.D.P.S. Les projets régionaux INCA-TICE «Guidance» 2000-2003 et «Ouvej» 2003-2005 dans le cadre desquels notre prototype est développé ont pour objectif la réalisation d'un système d'aide au déplacement ouvert à tout public dans le cadre de l'amélioration de l'accessibilité des campus aux personnes handicapées.

faire le tri seul. Il lui deviendrait alors nécessaire de recourir à un filtrage «intelligent», mais surtout *automatique*, pour ne lui en présenter que la part (la plus) «pertinente» [JER 01]. A l'U.M.S. la tâche de relier cette pertinence avec la spécificité perçue et stockée de l'utilisateur modélisé.

2) Domaine pédagogique et cognitif : personnalisation (ou adaptation) de la présentation du document — L'étude des processus d'apprentissages a montré que l'assimilation d'une information peut varier sensiblement d'une personne mise en présence d'un document à une autre (par exemple, selon l'intérêt et la connaissance du domaine) comme selon sa présentation (comprise au sens large : modalité de restitution utilisée, mise en page, quantité d'information. . .). Afin de favoriser l'apprentissage, il convient donc d'adapter le document à son lecteur (ou à son auditeur, etc.).

3) Domaine de l'interfaçage : personnalisation (ou adaptation) du comportement de l'interface homme-machine — L'obtention, par l'utilisateur, d'un document filtré et personnalisé est l'aboutissement d'une interaction avec le système informatique qui peut être également personnalisée. Un cas d'adaptation nécessaire est celui de l'accessibilité des interfaces aux personnes handicapées. Le domaine des interfaces adaptées peut avoir recours à la modélisation de l'utilisateur dans le but de maximiser l'efficacité de ses rapports avec le système informatique médiatisé par l'interface et/ou de réduire la charge mentale d'un utilisateur [MÜL 01].

4) Domaine commercial — La vente aux particuliers de produits uniformes et impersonnels étant de plus en plus mal vue par les consommateurs, il apparaît aujourd'hui nécessaire de leur proposer des «offres personnalisées». Le vendeur tirera également parti de cette personnalisation peu coûteuse grâce au mécanisme de fidélisation qu'elle met en jeu.

## 2.2. *Généricité dans un U.M.S.*

Alfred Kobsa situe le début de la recherche dans le domaine de la modélisation de l'utilisateur aux travaux de Allen, Cohen et Perrault de 1978 à 1979 [KOB 89].

«Dans ces premiers travaux, les tâches relatives à la modélisation de l'utilisateur étaient réalisées par le seul système applicatif et la distinction n'était pas faite entre les composants du système utilisés pour la modélisation et les composants directement liés à la tâche finale. Cette séparation est apparue progressivement, à partir du milieu des années quatre-vingt, sans pour autant que ces composants ne soient réutilisables pour d'autres systèmes adaptatifs.» [KOB 01a]

En 1986, Finin propose le système Gums (General User Modeling System) [FIN 89], qui offre des mécanismes génériques d'exploitation des profils. Gums ne sera jamais utilisé dans un système applicatif, mais son principe est définitivement adopté quand Kobsa [KOB 90] propose la désignation de tels systèmes par l'expression U.M.S..

Un U.M.S. peut donc être vu comme un serveur de profils avec lequel toute application cliente communique en utilisant une interface de programmation commune. La difficulté est alors principalement la conception de profils valant pour des applications distinctes et surtout la conception de mécanismes de raisonnements sur les profils les plus indépendants possibles du domaine d'utilisation.

### 2.3. Représentation des connaissances et mécanismes dans les U.M.S.

Les mécanismes de raisonnement d'un U.M.S. permettent, à partir des données «objectives» collectées par l'U.M.S. sur l'utilisateur de construire des *suppositions* à son propos, directement utilisables dans le mécanisme d'adaptation. Quatre tâches sont identifiables dans la gestion des suppositions de l'utilisateur [SCH 00].

**Acquisition des suppositions :** ces suppositions sont construites à partir des interactions entre l'utilisateur et le système et ajoutées au modèle de l'utilisateur.

**Représentation :** le modèle de l'utilisateur doit être organisé de façon à faciliter les tâches d'extraction et la comparaison.

**Raisonnement :** de nouvelles suppositions peuvent être construites à partir des données contenues dans le modèle de l'utilisateur en faisant éventuellement appel à des connaissances propres au domaine. Le raisonnement peut être également utilisé pour gérer la cohérence de la base de connaissance constituée par les modèles des utilisateurs.

**Décision :** l'application utilisant l'UMS exploite le contenu du modèle de l'utilisateur afin d'adapter son comportement.

#### 2.3.1. Approches

L'approche retenue pour la représentation des connaissances ou, presque indifféremment, des mécanismes d'utilisation des connaissances (les deux étant fortement corrélés) permet de classer les principaux U.M.S. par l'examen du formalisme utilisé, des typages ou de la classification des connaissances et de l'accès aux données par les clients. Pohl obtient ainsi deux catégories d'approches [POH 97].

– La première des approches, retenue par les concepteurs de systèmes tels que Gums, U.M.T. [BRA 94], Tagus [PAI 95] et B.G.P.-M.S. (avec Astra) utilise le calcul de prédicats. Toutes les connaissances représentables doivent donc partager une seule représentation, logique et symbolique (Gums utilise un dérivé de Prolog, B.G.P.-M.S. un Lisp).

Des prédicats particuliers sont utilisés pour différencier les suppositions (Gums utilise le prédicat «knows» pour exprimer les connaissances de l'utilisateur, Tagus les prédicats «b»[elifs] et «characteristics»[stables]). L'interaction entre l'U.M.S. et les applications clientes s'y fait par prédicat : «tell» (pour ajouter un prédicat) et «ask» (pour l'interrogation).

– La seconde approche (adoptée dans les U.M.S. Um [KAY 95], Doppelgänger [ORW 95]) utilise un formalisme plus simple : à chaque attribut du profil de l'utilisateur est associée une valeur de certitude, formant un objet («composant» dans Um) pouvant recevoir des messages qui modifient sa valeur. Ces messages sont envoyés par des capteurs («Sensors» dans Doppelgänger) logiciels ou matériels.

La classification des prédicats n'est alors pas écrite dans le même langage que celui utilisé pour les connaissances de l'utilisateur. Des mécanismes de fonction similaire à celle des prédicats particuliers existent : pour Um, le typage des composants en «preference», «knowledge», «belief» ou «arbitrary» ; pour Doppelgänger une double décomposition, d'une part en sous-modèles (séparés en fonction du domaine d'applications auxquels ils s'appliquent), d'autre part en «preference», «times» et «biographical data».

La formalisation Astra («Assumption Representation Type», écrite pour formaliser B.G.P.-M.S.) [POH 99] reprend le principe de partition des connaissances de pair avec la représentation formelle. Les classes, au lieu d'être peu nombreuses et figées (comme c'est le cas pour Um, Doppelgänger, Gums et Tagus), sont décrites par des séquences formées d'un *agent* : le système ou l'utilisateur (respectivement «System» : *S* ou «User» : *U*), et d'une *modalité* : croire ou vouloir («Believes» : *B* ou «wants / goals» : *W*). La modalité *BM* (croyance mutuelle) pour les connaissances partagées par le système et l'utilisateur. (Par exemple : *SBUB* qualifie les informations qui sont considérées par le système comme jugées vraies - ou crues - par l'utilisateur.) Les partitions en résultant sont donc naturellement organisées hiérarchiquement à partir de la partition *SB*.

La représentation formelle des connaissances est utilisée pour l'écriture des paramètres utilisés dans l'interfaçage simple de B.G.P.-M.S. avec ses applications clientes. (Par exemple, la commande *tell F(K ; E)* ajoute l'expression *E* dans la base de connaissance *K* après vérification de sa cohérence. La commande *ask F (K ; E)* détermine l'implication de *E* par *K*. La commande *store F (K ; E)* ajoute *E* à *K* sans vérification. La commande *fetch F (K ; E)* indique si *E* est contenu explicitement dans *K*.)

### 2.3.2. Stéréotypes

L'usage de *stéréotypes* (qui apparaît d'abord chez Rich [RIC 79]) comme mécanisme d'émission de suppositions est très répandu : B.G.P.-M.S. U.M.T, Um, Doppelgänger, par exemple, en proposent une implémentation.

Un stéréotype correspond à une classe d'utilisateurs définie par un profil-type. Un utilisateur peut être catégorisé en évaluant la proximité de son profil avec certains attributs du profil-type représentatifs de la classe d'utilisateur. Dans le cas où la proximité est importante (le stéréotype est «activé» pour l'utilisateur), on peut alors prêter à l'utilisateur d'autres attributs du profil-type correspondant au stéréotype. Une probabilité peut être associée à l'appartenance d'un utilisateur à une classe, comme c'est le cas pour Um et Doppelgänger.

Selon Kay, ce mécanisme reposant sur une exploitation statistique des profils des utilisateurs permet d'éviter le recours aux connaissances propres au domaine d'application [KAY 94].

Le calcul se déroule en quatre étapes, selon Kay [KAY 94]<sup>3</sup> :

1) Calcul de la vérité des déclencheurs à partir des attributs du profil. Le jeu de règle utilisé fait la traduction des valeurs d'attributs numériques du profil en proposition booléenne. Souvent, une correspondance directe est établie en comparant la valeur d'un attribut à un seuil déterminé (par exemple, dans notre système d'aide au déplacement : «*u* utilise le système au moins une fois par jour en moyenne » activera le déclencheur «*u* est un utilisateur fréquent du système»).

2) Calcul de la vérité des stéréotypes par une règle booléenne opérée sur les valeurs des déclencheurs. Rich nomme «déclencheur essentiel» («essential trigger») un déclencheur qui est également un stéréotype [RIC 79]. Il peut à ce titre être utilisé dans la règle et constituer une conclusion.

3) Application de règles de «maintien de la cohérence» au résultat dans le but d'affiner le résultat des deux étapes précédentes. Un stéréotype est désactivé s'il est activé alors qu'un de ses déclencheurs essentiels est désactivé ou si «trop peu» de déclencheurs non-essentiels sont vrais.

4) Emission de suppositions, ou examen des stéréotypes activés pour lancer des suppositions sur les préférences de l'utilisateur.

La création des stéréotypes est couramment faite manuellement, les traitements automatiques se limitant à des améliorations quantitatives. [PAL 99], au contraire, propose l'automatisation quasi-totale de cette tâche par des techniques d'apprentissage supervisées et non-supervisées.

La reconnaissance de l'individualité de chacun, affichée ou implicite, par les zélateurs de la modélisation, est mise à mal dès lors qu'est considéré l'aplanissement de cette individualité dans des classes (surtout lorsque définies à priori). Il est bien difficile de croire qui vante la «diversité»<sup>4</sup> de pair avec l'utilisation du raisonnement par stéréotypes.

### 3. Un système d'aide au déplacement adapté

La spécification de notre système d'aide au déplacement adapté, la présentation de sa spécificité par rapport aux systèmes existants et celle des choix techniques qui ont été faits lors de sa conception définissent le cadre concret dans lequel nous proposons de réaliser les adaptations à l'utilisateur.

3. Kay y utilise le raisonnement stéréotypique comme procédé de filtrage collaboratif.

4. Kay, pourtant critique, n'hésite pas à recourir, pour un article de 1995, au titre : «*Vive la difference! Individualised interaction with users*». Elle soutient par ailleurs [KAY 94] que le raisonnement statistique sur lequel repose l'exploitation de stéréotypes est certes inadéquat pour certains, mais bénéfique pour le plus grand nombre.

### 3.1. *Présentation panoramique*

La mode architecturale actuelle des grands espaces ouverts<sup>5</sup> n'a fait qu'amplifier les problèmes de déplacement et de sécurité liés à la rareté des points de repère auxquels sont confrontés depuis longtemps les handicapés visuels.

Différents projets d'aide à la circulation piétonne sont apparus ces dernières années, pour la plupart inspirés par les systèmes embarqués dans les véhicules automobiles, qui s'adressent en premier lieu aux déficients visuels. On peut citer : le système «Viktor Trekker», mentionné plus haut ; les études de description de déplacements de [ROU 02] ; l'étude du déplacement piéton [GAU 01] ; l'expérimentation par E.O.-E.D.P.S. d'un prototype de localisation et d'aide au déplacement (par un opérateur humain) à Chambéry. Beaucoup des systèmes issus de ces projets utilisent une interface vocale et le procédé de localisation américain G.P.S. (pour «Global Positioning System»).

Parallèlement, il est apparu que des handicapés non déficients visuels souffraient aussi des difficultés induites par le déplacement en environnement urbain. Ceux-ci peuvent également tirer parti d'un tel système, pour peu que leur spécificité (c'est à dire, pour une bonne part, leur handicap) soit prise en compte dès la phase de conception. Finalement, tous les piétons, handicapés ou non, peuvent tirer parti d'un tel système dans un environnement inconnu<sup>6</sup>.

Les tâches principales que nous avons identifiées pour la conception de notre système d'aide au déplacement piéton sont :

- la localisation de l'utilisateur : la position de l'utilisateur peut être repérée automatiquement par l'utilisation des informations fournies par le G.P.S., mais doit également pouvoir être donnée par l'utilisateur lui-même ;
- l'assistance au déplacement : un itinéraire est délivré à l'utilisateur à partir de sa localisation et de sa destination prévue ;
- la maintenance du système : principalement, la mise à jour de la base de données géographique afin de maintenir sa conformité par rapport au terrain.

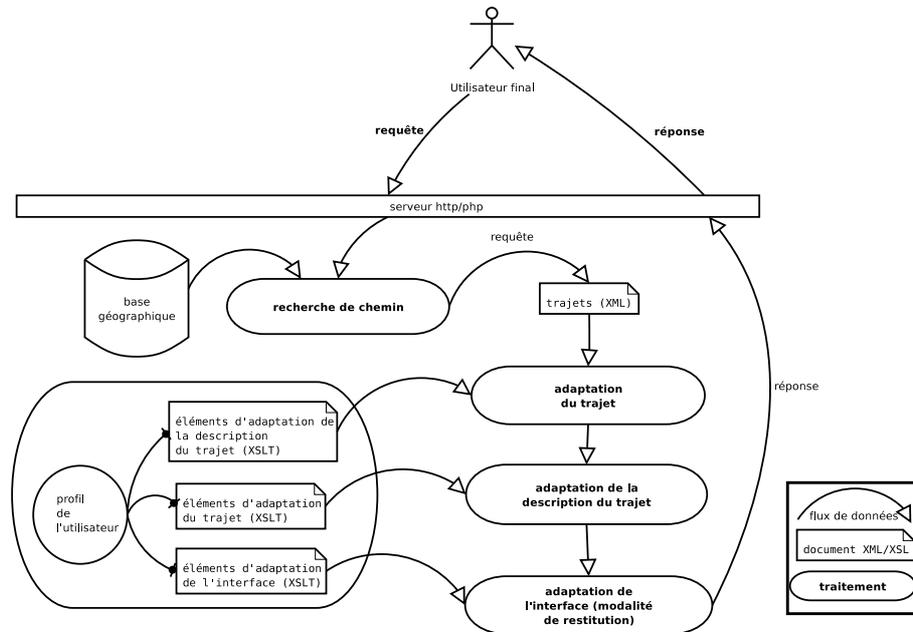
Ce dernier point, qui n'est pas traité dans cet article, est par ailleurs crucial puisque tout écart entre les lieux réels des déplacements et leur représentation dans la base de connaissance sur laquelle se fonde le calcul et la description de trajets constitue non seulement une source d'erreur, mais encore une source de danger pour l'utilisateur du système.

---

5. Sont qualifiés d'«ouverts» les espaces urbains au sein desquels la circulation n'est pas rapidement contrainte comme elle l'est sur un trottoir ou un chemin : aucune différence autre que visuelle ne peut être faite entre les différents types de voies de circulation (automobiles, tramways, piétons).

6. Surtout considérée la minorité que forment les handicapés rapportée aux partenariats possibles entre les commerces *de proximité* et les fournisseurs d'aide au déplacement.

### 3.2. Architecture du système «Ouvej»



**Figure 1.** Architecture générale du système « Ouvej »

La figure 1 représente le découpage fonctionnel de notre prototype et illustre le mécanisme d'adaptation des trajets, de la description des trajets et de l'interface.

L'interfaçage avec l'utilisateur final passe par un serveur web qui permet de proposer à l'utilisateur le choix entre plusieurs modalités d'interrogation. L'utilisation de formats standardisés autour du serveur web a pour but l'ouverture du plus grand nombre possible de modalités d'entrée et de restitution, afin d'être utilisable par un utilisateur quel que soit son profil. Cette architecture présente, de plus, l'avantage de permettre le développement rapide d'une nouvelle modalité.

L'interrogation du système peut être : écrite, à partir d'un poste fixe (format H.T.M.L. [RAG 99]) ou d'un téléphone mobile (format W.A.P.) ou orale, à partir d'un poste téléphonique (format Voice X.M.L. [WOR 03]). Tout document transmis à l'utilisateur est d'abord écrit dans un format pivot (X.M.L. [W3C 01]), puis transformé dans les différentes modalités citées (par des transformations X.S.L.T. [WOR 99]).

Pareillement, l'ensemble de l'adaptation à l'utilisateur recourt à des filtres ou transformations par feuille X.S.L.T. Les trajets répondant à la requête d'un utilisateur sont écrits dans un format dérivé de X.M.L. Le profil de l'utilisateur est traduit dans chaque domaine d'adaptation (trajet, description du trajet ou interface) par une feuille

X.S.L.T. Les transformation correspondantes sont appliquées à la feuille X.M.L. décrivant les trajets. Une architecture du même type est utilisée dans [HEC 03], qui propose la définition d'un format standard de modèle d'utilisateur basé sur X.M.L (UserML).

Contrairement au choix d'architecture fait dans les projets que nous avons mentionnés (section 3.1), tous les traitements sont effectués ici par le serveur. Vikktor Trekker, par exemple, recourt à un mini-ordinateur transporté par l'utilisateur, sur lequel sont installés le logiciel spécifique, les données cartographiques et la synthèse vocale.

L'adaptation à l'utilisateur (qui n'est pas visée par les systèmes mentionnés) rend obligatoire la centralisation, en particulier pour permettre le raisonnement sur des stéréotypes où l'utilisation de techniques de filtrage collaboratif. Du point de vue de la seule aide au déplacement non adaptée, on préfère également la solution centralisée qui d'une part permet une simplification de la mise à jour de la cartographie utilisée par l'utilisateur et d'autre part intègre naturellement l'opérateur humain.

En effet, deux rôles spécifiques, non représentés figure 1, existent.

– L'administrateur système. Il utilise une interface dédiée qui lui permet la mise à jour de la cartographie.

– L'opérateur de supervision. Il suit sur une carte informatique les déplacements des utilisateurs (à la demande de celui-ci) de façon à fournir, si nécessaire, une aide humaine au déplacement, complémentaire à l'aide automatique, qui permet de sécuriser quelque peu l'application.

Dans son état actuel, le prototype permet l'interrogation de la base de connaissances géographique (demande d'itinéraire) et la sortie (description d'itinéraire) en H.T.M.L. et VoiceXML (interface téléphonique). Les descriptions d'itinéraires proposées sont destinées uniquement à un public aveugle et sont figées. Le repérage sur la carte du campus universitaire de la Doua à Lyon (module opérateur) est également réalisé.

### **3.3. Adapter l'aide vocale pour non-voyants**

Une observation de quelques utilisateurs non ou mal-voyants a été conduite sur le campus en utilisant le prototype décrit ci-dessus. Notons que les testeurs, étudiants, enseignants et chercheurs, étaient partie prenante dans le projet ou avaient en tout cas montré un intérêt préalable pour notre système d'aide au déplacement. Il sera donc nécessaire d'étendre le nombre et la diversité des testeurs lors de nos validations ultérieures.

L'environnement du campus de la Doua est d'une grande variété quant aux voies de circulation (routes, voies de tramway, espaces ouverts, voies piétonnes, trottoirs), à la nature du sol (béton, herbe, goudron) et aux différents équipements spécialisés (bandes d'éveil à la vigilance, feux parlants, bornes de guidage locales). Ce campus contient donc la quasi-totalité des éléments susceptibles d'être présents dans un espace

urbain extérieur (l'intérieur des bâtiments n'est pas pris en compte). Notre observation a confirmé l'existence de différents types de déplacements, par exemple selon l'usage de la canne (utilisation du marquage au sol, suivi des quais de tramways ou des bordures de routes), la confiance placée dans les indications sonores («tramway en approche») et la connaissance préalable de l'environnement. A ce titre, elle a montré que l'adaptation à l'utilisateur est souhaitable (et jugée telle par les utilisateurs) dans au moins deux de ces tâches : localisation et aide au déplacement. Elle peut, parallèlement, être mise en place pour simplifier la tâche de navigation de l'utilisateur dans l'interface de son choix.

Nous décrivons ici les adaptations possibles pour les trois tâches mentionnées, c'est à dire celles réalisables dans le cadre de notre prototype. Nous considérons dans un premier temps que l'adaptation des trajets et description de trajets est prioritaire par rapport à l'adaptation de l'interface. En effet, les premières sont applicables à tous les utilisateurs (non spécifiques aux personnes aveugles) et à toutes les interfaces, tandis que l'adaptation de l'interface dépend de la modalité de restitution choisie.

### 3.3.1. *Adaptation du trajet*

L'adaptation du trajet que nous proposons n'est pas limitée aux déficients visuels : elle est applicable à tous les utilisateurs de l'interface vocale.

Dans le formalisme que nous proposons, un trajet est un ensemble ordonné d'étapes ou *segments élémentaires* pouvant appartenir à différents trajets. Cette décomposition est illustrée par la figure 2. Le trajet (A,D) sera, par exemple, décrit de la manière suivante (on considère que A et B sont les extrémités d'une traversée sécurisée de la voie de tramway) :

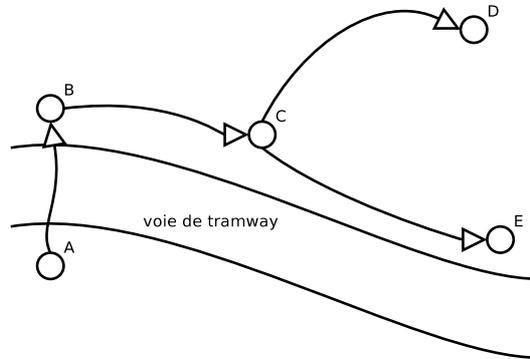
«Vous êtes à A, vous voulez vous rendre à C. Le trajet sera fait en deux étapes. Première étape : traversez la voie de tramway en empruntant la traversée sécurisée. Deuxième étape : longez la voie de tramway jusqu'à la fin des bandes d'éveil à la vigilance. Troisième étape : suivez le trottoir jusqu'à l'escalier de D. Vous êtes à D.»

Chaque segment élémentaire est, dans le prototype actuel, caractérisé par la liste des publics qui peut l'emprunter : une personne circulant en fauteuil roulant, par exemple, ne peut monter pas d'escalier, un aveugle ne peut pas avancer en ligne droite très longtemps sans dévier beaucoup, etc.

Cette catégorisation élémentaire ne suffit pas à rendre compte avec la finesse nécessaire de la réalité : telle personne aveugle n'osera pas traverser une voie de circulation si elle n'est pas totalement «sécurisée»<sup>7</sup>, et préférera emprunter un trajet plus long dont toutes les étapes sont sécurisées. On ne peut pas séparer clairement les préférences des utilisateurs de leurs possibilités. On attribue donc à chaque segment

---

7. Une traversée est dite sécurisée si les véhicules qui y circulent et le piéton qui l'utilise sont avertis de leur présence mutuelle.



**Figure 2.** La succession des segments élémentaires  $(A,B)$ ,  $(B,C)$  et  $(C,D)$  forme le trajet  $(A,D)$ . Dans le prototype actuel, ce chemin ne peut être suivi par une personne aveugle que si la traversée  $(A,B)$  est indiquée comme accessible à ce type de public.

élémentaire un ensemble d'attributs descriptifs tels que la présence d'obstacles (escaliers, barrières, obstacles bas<sup>8</sup>. . .) et d'indices (feux de signalisation parlants, bandes d'éveil à la vigilance, rampes d'accès).

L'adaptation du trajet consiste en la sélection du chemin maximisant la satisfaction des contraintes sur chacun de ces attributs en fonction des préférences de l'utilisateur sur chacun de ces points.

### 3.3.2. Adaptation de la description du trajet

Le trajet est un cheminement entre deux points. Sa description est l'explication suffisante pour que l'utilisateur le suive (c'est cette description qui est donnée oralement dans le cas de notre interface vocale). Les prototypes ou systèmes commercialisés que nous avons mentionnés (*cf.* section 3.1) utilisent un formalisme de description des chemins qui se confond en partie avec le trajet lui-même : on ne mentionne que les noms des rues et certains bâtiments. Les descriptions y sont calculées à partir de la carte électronique des lieux.

Notre approche, qui veut prendre en compte le profil de l'utilisateur, se fonde à la fois sur une description plus fine de l'environnement et sur la génération automatique des descriptions de déplacements. Le but étant de décrire au mieux : du plus court, si l'utilisateur ne souhaite pas de détails ou connaît l'environnement, au plus détaillé

8. Ces obstacles sont particulièrement craints des aveugles qui ne les lisent que difficilement en utilisant une canne.

si l'utilisateur souhaite se construire, avec la description, une représentation de son environnement.<sup>9</sup>

Dans le formalisme que nous proposons, un trajet est défini par une liste séquentielle d'*indices* ordonnés selon le sens de la progression. Une description de trajet est définie par une sélection (en fonction du profil de l'utilisateur), dans cette liste séquentielle d'indices, des seuls indices *utilisables* par l'utilisateur pour effectuer le cheminement lui-même, ainsi que pour lui faciliter la construction d'une représentation mentale des lieux [GAU 01].

Ce formalisme, construit à partir de l'analyse de descriptions de parcours existants et fonctionnels<sup>10</sup>, permet de transformer la description en phrases en français.

Chacun de ces indices est catégorisable selon deux typologies distinctes : d'une part selon sa nature et d'autre part selon son rôle dans le déplacement. Par exemple, les bandes d'éveil à la vigilance, qui ne servent qu'aux malvoyants et aux aveugles, ont pour rôle unique (défini légalement) d'avertir précisément le piéton de la proximité d'une voie de circulation ; il est pourtant avéré que bien des aveugles les longent à la canne. Ceux-là souhaiteront connaître l'existence des bandes, quand bien même ils ne seraient pas appelés à s'approcher des voies de circulation.

Enfin, puisque la description du trajet est, dans le cas de l'interface vocale, donnée oralement, l'utilisateur doit la mémoriser : il n'est pas envisageable pour un aveugle de se déplacer et d'écouter simultanément les informations de déplacement par téléphone.

L'adaptation de la description du trajet consiste donc à sélectionner les indices préférés par l'utilisateur (selon chacune des typologies), les indices indispensables au bon suivi du trajet et la quantité totale d'indices liée à la faculté de mémorisation de l'utilisateur.

### 3.3.3. Adaptation de l'interface

L'interface vocale est caractérisée par une navigation *par menus*. L'utilisateur circule dans un graphe de «questions» du système auxquelles il n'est possible de donner qu'une réponse (voir aucune réponse pour les *messages*, informatifs). Les réponses possibles sont contenues dans une liste de mots-clés, éventuellement proposés séquentiellement à chaque nouveau menu<sup>11</sup>. Cette limitation peut être à l'avantage de l'utilisateur novice qui bénéficie du confort d'utilisation propre aux *assistants* : il est guidé par l'interface.

L'adaptation a donc ici pour but de proposer à l'utilisateur le choix le plus faible possible de réponses correctes et de présenter d'abord les solutions les plus adaptées. Il est possible de modifier l'enchaînement des questions en écartant celles dont on

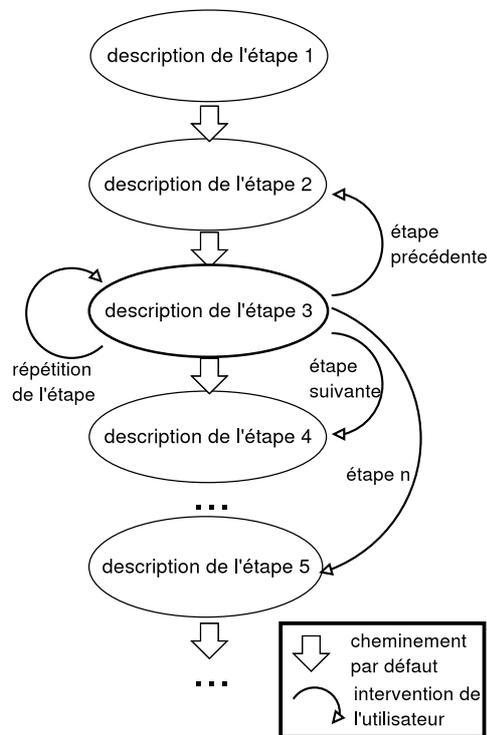
9. Dans notre prototype, le processus de génération de la description est toutefois plus élémentaire encore que dans les systèmes mentionnés ci-dessus puisque celles-ci sont figées pour chaque segment élémentaire.

10. Réalisées en collaboration avec la société E.O.-E.D.P.S.

11. L'utilisateur peut toutefois répondre avant d'entendre effectivement la question.

peut inférer les réponses. Toutefois, le connaisseur du système ne pourra alors plus bénéficier de son expérience pour écourter les questions.

Une interaction est composée des menus et messages d'informations suivants : (1) menu général (demander un nouvel itinéraire, demander le dernier itinéraire, autres services); (2) menu de sélection du point de départ (à choisir parmi la liste des lieux connus par le système); (3) message d'information de localisation automatique; (4) menu de sélection de la destination (à choisir parmi la liste des lieux connus par le système); (5) Interface spécifique de communication du trajet.



**Figure 3.** Circulation possible de l'utilisateur dans l'interface téléphonique de description des trajets

Le trajet est prononcé étape par étape. La figure 3 décrit les possibilités de navigation dans la description du trajet à l'utilisateur. A tout moment, l'utilisateur peut sauter l'étape en cours, revenir à l'étape précédente, demander une étape déterminée, faire une pause puis reprendre l'énonciation là ou elle s'était arrêtée.

La sélection des points de départ et d'arrivée est problématique. Ces points étant très nombreux, ils ne peuvent pas être proposés à l'utilisateur sous forme de liste exhaustive. On peut alors tirer parti de l'historique de ses déplacements pour ne proposer

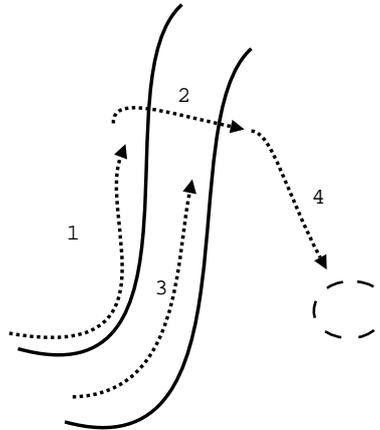
qu'un nombre restreint de points qui ont déjà été fréquentés par l'utilisateur (c'est à dire utilisés comme lieu de départ ou lieu d'arrivée au cours de son utilisation du système). Par ailleurs, la liste des lieux de départ peut-être réduite géographiquement par l'utilisation d'informations de localisation même incertaines.

#### 4. Modélisation des connaissances

Les adaptations des déplacements et de leurs descriptions sont des opérations de filtrage, selon le profil de l'utilisateur, du «document» correspondant à un parcours. Nous décrivons ici la représentation retenue pour modéliser ces parcours et présentons deux approches complémentaires de modélisation de l'utilisateur.

##### 4.1. Modélisation des parcours

Le modèle utilisé pour la description des itinéraires est issu de l'étude d'un corpus d'itinéraires en français destiné aux personnes aveugles. Ils ont été reformulés en utilisant un sous-ensemble des «changements de localisation» (mouvements) décrits dans [MUL 98] et [MAT 98], et des «catégories de localisation» repertoriées par [SAR 97].



**Figure 4.** *Changements de localisation (actions) utilisés dans la grammaire des déplacements*

Chacune des étapes d'un itinéraire peut être décrite par une *action* et une *localisation finale*, pouvant l'une comme l'autre, être implicite.

**Une action** est définie par l'association d'un équipement (telle route, tel passage piéton, tel trottoir, telle porte, tel escalier, etc.) et d'un mouvement (les chiffres se rapportent à la figure 4) : *longer* (1), *franchir* (2), *suivre* (un chemin, par exemple) (3), *aller vers* (4). Une étiquette peut être associée à l'équipement

<sup>e</sup> soumission à *Revue ISI «Systèmes d'Information Pervasifs»*.

(par exemple, «bâtiment», «escalier»). Equipement et mouvement peuvent être précisés par une description informelle ;

**Une localisation finale** est un équipement. Une description optionnelle peut également lui être associée.

Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, la description la plus détaillée de l'environnement est celle qui permet à l'utilisateur la meilleure connaissance possible de son environnement, puisque, disposant de repères localisés en rapport avec son itinéraire, il est à même de construire une représentation mentale correcte des lieux. Mais, en contrepartie, cette description détaillée rend la bonne mémorisation de l'itinéraire en lui-même moins certaine.

C'est pourquoi la description peut être adaptée à l'utilisateur, partant de la description la plus simple, par :

- 1) l'ajout de descriptions d'équipements, de leur localisation relativement à la position de départ de l'utilisateur («la voie de tramway située à votre gauche») comme de celle d'autres équipements («les escaliers situés en face du bâtiment 123»);
- 2) l'utilisation d'une référence à une utilisation antérieure d'un équipement par un utilisateur ;
- 3) l'ajout de la description informelle.

Deux utilisateurs différents utiliseront (ou non) des couples (équipement, action) différents pour leur déplacement et des descriptions générales jouant sur leur connaissance générale des lieux.

#### **4.2. Approches possibles de la modélisation de l'utilisateur**

La modélisation de l'utilisateur peut être abordée suivant deux approches :

1) Une connaissance d'expert du domaine peut être mise à contribution pour déterminer les attributs du profil et les raisonnements associés. Il s'agit ici du type de représentation que l'utilisateur peut avoir des lieux et des trajets, ainsi que de ses facultés motrices.

2) Une connaissance purement liée à l'utilisation du système peut être retenue qui ne se fonde donc pas sur une connaissance préalable du domaine. Cette seconde approche est donc «proche» du fonctionnement du système. A ce titre, elle ne prétend en aucun cas à la perception de connaissances de haut niveau telles que les plans de l'utilisateur, ses connaissances, ses objectifs ou ses tâches ; encore moins à leur interprétation.

Quoique ces approches ne soient pas mutuellement exclusives, elles ont des finalités différentes. La première approche, que nous nommons *modélisation à priori*, vise à la construction d'un «double numérique» réutilisable de l'utilisateur (commun à tous les mécanismes d'adaptation). Les U.M.S. que nous avons mentionnés sont conçus dans cet objectif de réutilisation. La seconde approche se borne à une adaptation défi-

nie (dans notre cas : soit l'adaptation du parcours, soit l'adaptation de sa description, soit l'adaptation de l'interface) à l'extérieur de laquelle le profil perd son sens<sup>12</sup>.

#### 4.2.1. Modélisation à priori de l'utilisateur

Selon la première approche, le modèle de représentation de connaissances sur l'utilisateur peut ainsi être décrit dans les sous-modèle suivants :

**trajet** : données sensorielles et de mobilité décrivant numériquement la vue, le toucher, et la facilité de déplacement ;

**interfaçage** : historique des demandes d'aide au déplacement (date d'utilisation de lieux comme points de départs et points d'arrivée) ;

**description du trajet** : données sensorielles et de mobilité, estimation de la faculté de mémorisation ;

**données indépendantes du domaine** : l'âge, la fonction, le lieu de résidence d'un utilisateur peuvent être stockés afin d'étudier d'éventuelles inférences possibles<sup>13</sup>.

Cette modélisation de l'utilisateur couplée à la représentation des itinéraires, de leurs descriptions et des requêtes de l'utilisateur permet, par le recours au raisonnement à partir de cas [LEA 97, FUC 99], une adaptation simple des itinéraires et descriptions. L'application des techniques de RàPC pour notre système a été proposée dans [GUI 02].

L'entrée de ces données peut prendre la forme d'un questionnaire restreint requis préalablement à la première utilisation du système et les données manquantes inférées. Notons que la *discrimination* connotée par ce genre de questionnaires est un sujet particulièrement sensible dans le monde du handicap. Se posent un problème de choix de vocabulaire et un problème d'information stockée<sup>14</sup>.

La notion d'U.M.S. repose sur le partage entre plusieurs applications d'un profil unique. L'information contenue dans le profil de l'utilisateur est donc potentiellement exploitable par une application quelconque. Kobsa propose, dans le but de limiter la présence d'information de nature privée dans la base (et son exploitation), de rendre le profil accessible et modifiable par l'utilisateur [KOB 01b].

Cependant, le profil pouvant être modifié par l'U.M.S. sans que l'utilisateur en soit averti (par exemple, dans le cas de l'utilisation de stéréotypes), il est nécessaire de lui offrir la possibilité de marquer comme indéterminés certains attributs sensibles du profil ou d'en interdire l'utilisation par le système. Un mode d'adaptation dégradé peut également être proposé à l'utilisateur, qui ne recourt pas au stockage de son profil.

12. Selon modèle d'interaction de Suchman, retenu par Kay dans [KAY 94], cette approche limite les connaissances partagées aux seules interactions réelles.

13. L'observation, en particulier sur un campus universitaire, permet de comprendre que l'usage du système est fortement corrélié à ces paramètres, sans que l'on sache encore de quelle façon.

14. L'attention au seul vocabulaire, qui passe par l'usage intensif d'euphémismes, voit sa meilleure illustration dans l'exhibition de « chartes de respect de la vie privée » par ceux qui exploitent financièrement avec le moins de scrupules les profils des utilisateurs et les utilisateurs eux-mêmes

#### 4.2.2. Modélisation de l'utilisation du système

Les systèmes fondés sur la modélisation de l'utilisateur mettent fréquemment en oeuvre des attributs sans lien avec les interactions homme-machine, en particulier pour des utilisateurs aveugles ou malvoyants [JER 02] (type de handicap, âge, fonction, etc). Ces caractéristiques sont facilement observables, ainsi que leur incidence sur le fonctionnement du système.

Par exemple, le choix de l'interface de sortie (vocale, textuelle ou symbolique, pour navigateur web standard ou pour un ordinateur de poche) s'impose pour une personne aveugle. Une correspondance directe peut donc être établie entre un utilisateur marqué comme «aveugle» et le recours à une interface vocale. Les adaptations simples et directes rendues possibles par ces correspondances ont prouvé leur efficacité [KOB 01a].

Toutefois, l'utilisation de cette connaissance à priori, qu'elle soit d'origine sociologique, cognitive ou physiologique, impose des contraintes fortes sur l'adaptation du système à ses utilisateurs. Les raisonnements inter-profil sont fondés sur une classification des utilisateurs calculée (sinon fixée) à partir d'attributs du profil et dont la pertinence n'est pas nécessairement établie. Par exemple, l'observation des déplacements d'une personne aveugle conduit à penser que l'âge peut être utilisé pour déterminer le niveau de détail de la description d'un itinéraire : plus jeune est l'utilisateur, moins il a besoin d'indications et plus il mémorise facilement de nouveaux itinéraires. Mais c'est plutôt au type de formation de locomotion qu'il a éventuellement suivi que cette différence est due, qui elle même peut dépendre de son âge, mais aussi de l'âge auquel il a perdu la vue.

Au contraire, l'observation, pour chacun des utilisateurs, de ses interactions avec le système permet de rapprocher des utilisateurs effectivement semblables du point de vue du système. Puisque c'est le système que l'on adapte, deux utilisateurs en ayant la même utilisation sont effectivement semblables : il n'y a pas lieu de les différencier. Ce serait pourtant le cas si leur profil à priori était différent. On limite ainsi le recours aux correspondances directes entre un attribut et une adaptation donnés, tout en facilitant l'étude du fonctionnement des processus d'adaptation du système [PIE 02].

En effet, l'évaluation d'un processus d'adaptation, quand elle est réalisée, est souvent effectuée par les utilisateurs eux-mêmes [CHI 01] et ne peut être que douteuse. Par exemple, dans le cas d'une application d'aide à la consommation de produits cinématographiques (suggestion de films plaisant à une classe auquel appartient l'utilisateur, comme [KAY 94]), le fait qu'un utilisateur se dise satisfait des suggestions (ou même qu'il ait effectivement apprécié les films suggérés) ne prouve aucunement la qualité de l'adaptation, à savoir l'adéquation des suggestions avec le goût de l'utilisateur qui est d'autant plus altéré par ces suggestions qu'elles sont proches de son goût initial. Or l'ajout d'attributs détachés de l'utilisation de l'application dans le profil de l'utilisateur renforce la probabilité de ne pas être en contradiction totale avec le goût de l'utilisateur. Aussi, l'évaluation du processus d'adaptation ne peut qu'en être biaisée.

Nous considérons que l'adaptation à l'utilisateur peut se faire par l'exploitation de certaines interactions homme-machines, et que le profil de l'utilisateur se fonde sur un historique de ces interactions. Dans notre cas, l'historique des consultations de segments de trajets, ou «traces d'utilisation» de l'interface vocale décrite plus haut sert à la détermination du paramétrage fixant le niveau de détail de chaque itinéraire.

Cette adaptation fondée sur l'exploitation de traces d'utilisation évoque les techniques du RàPC mentionné plus haut. Toutefois, un nouveau cas n'est ici pas rapproché d'un cas ancien par une mesure de similarité puis adapté, mais est essentiellement exploité de manière à fournir une évaluation du trajet et de sa description. L'adaptation est ensuite fondée sur l'explicitation de cette évaluation implicite.

Dans notre modélisation, une trace d'utilisation est un enregistrement des interventions de l'utilisateur dans le cadre d'une requête d'aide au déplacement donnée, ordonnées temporellement. L'analyse de la circulation de l'utilisateur dans la description d'un itinéraire, telle que décrite dans la section «adaptation de l'interface» (3.3.3), représente une évaluation implicite à la fois de l'itinéraire et de sa description. Une description mal formulée sera mal mémorisée par l'utilisateur et rendra difficile le déplacement. L'utilisateur demandera l'étape de nouveau au système. Au contraire, une description d'itinéraire correcte (juste et bien formulée) sera rarement demandée plusieurs fois.<sup>15</sup>

Toutefois, compte tenu de la nature de l'application, l'interface doit permettre le recours à une évaluation directe des trajets pour les tâches d'adaptation critiques. Par exemple dans le cas d'un itinéraire impossible à suivre pour un utilisateur : une personne aveugle n'acceptera que rarement la traversée d'un passage piéton non sécurisé par des feux routiers, ou dépourvue de signalisation sonore, ou encore de bandes podotactiles indiquant la proximité de la voie.

## 5. Conclusion

Nous avons, à partir d'un panorama des possibilités offertes par les techniques de modélisation de l'utilisateur et de la description de notre prototype de système d'aide au déplacement, indiqué quelles étaient les adaptations possibles dans les domaines de l'interfaçage (en particulier de l'interface vocale téléphonique), du choix des itinéraires proposés et de la description de cet itinéraire.

Ces adaptations imposent la modélisation de l'utilisateur et celle de l'environnement géographique dans lequel celui-ci se déplace.

Nous avons établi une modélisation de l'environnement de l'utilisateur à partir de descriptions informelles de trajets destinés à des non-voyants ou mal-voyants au handicap très variable, dont la généralisation permet la description de trajets pour tout type d'utilisateur.

---

15. Le détail du processus d'évaluation, qui dépasse le cadre de cet article, est décrit dans l'article «User Adaptation in a Guidance System for the Blind» présenté à ICEIS 2004

La modélisation de l'utilisateur a été abordée selon deux approches. L'une, classique, repose sur l'analyse de profils dont les attributs, définis à priori, peuvent représenter directement l'utilisateur indépendamment du système (définition du handicap, âge, ou, moins directement, nombre d'utilisation). La seconde est fondée sur une explicitation des évaluations implicites de trajets (et de description de trajet) de l'utilisateur contenues dans ses traces d'utilisation. En plus de limiter l'utilisation d'informations explicites privées sur l'utilisateur, elle doit permettre une meilleure analyse des processus de raisonnement applicables au profil ainsi que l'émergence de classes d'utilisateurs plus spécifiques à l'application et une amélioration du raisonnement fondé sur les stéréotypes.

Le prototype est actuellement en cours de modification afin de remplacer la base de connaissance statique (utilisée jusqu'à présent) par une représentation fondée sur la modélisation de l'environnement décrite dans cet article. L'extension géographique du prototype est également à l'étude (à l'intérieur de l'aéroport Saint-Exupéry), qui permettra de compléter notre modélisation de l'environnement de façon à rendre possible toute transposition géographique du système (gares S.N.C.F., gares de bus, parcs publics, . . .).

La modification de l'interface vocale permettra la collecte des évaluations implicites de ses utilisateurs. Parallèlement, l'étude du mécanisme d'explicitation des évaluations de l'utilisateur sera réalisée de façon à estimer les conditions de son éventuel bon fonctionnement afin de permettre l'exploitation des profils dans les tâches de choix et de description d'itinéraires. De nouvelles modalités de sortie du prototype sont également en cours d'ajout (notamment H.T.M.L. destiné à un P.D.A.) qui permettront l'utilisation du système par un public plus large. Enfin, des évaluations du prototype seront effectuées avec l'aide d'utilisateurs plus nombreux et plus diversifiés que lors de nos tests préliminaires.

## 6. Bibliographie

- [BRA 94] BRAJNIK G., TASSO C., « A shell for developing non-monotonic user modeling systems », *Int. J. Human-Computer Studies*, vol. 40, 1994, p. 31-62.
- [CHI 01] CHIN D., « Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems », *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 111-2, Kluwer, 2001, p. 181-194.
- [FIN 89] FININ T., « *User Models in Dialog Systems* », chapitre GUMS—A general user modeling shell, Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- [FUC 99] FUCHS B., LIEBER J., MILLE A., NAPOLI A., « Vers une théorie unifiée de l'adaptation en raisonnement à partir de cas », TROUSSE B., MILLE A., Eds., *Actes de RàPC'99*, jun 1999.
- [GAU 01] GAUNET F., BRIFFAULT X., « Méthodologie de spécification pour un système informatique de guidage verbal : le déplacement des déficients visuels en ville », DE PSYCHOLOGIE S. F., Ed., *EPIQUE 2001, Journées d'Etudes en Psychologie Ergonomique*, 2001, p. 133-143.

- [GUI 02] GUILLET V., RUMPLER B., PINON J., « Providing Help for Visually Impaired People's Navigation in an Urban Environment using GPS », *Proceedings of the 8th ICCHP 2002 International Conference*, Springer Verlag, Linz, Austria, 2002, p. 429-436.
- [HEC 03] HECKMANN D., KRÜGER A., « A User Modeling Markup Language (UserML) for Ubiquitous Computing », BRUSILOVSKY P., CORBETT A. T., DE ROSIS F., Eds., *User Modeling 2003, 9th International Conference, UM 2003*, Springer, June 22-26 2003, p. 393-397.
- [JER 01] JERIBI L., RUMPLER B., PINON J.-M., « Système d'aide à la recherche et à l'interrogation de bases documentaires, fondé sur la réutilisation d'expériences », *Actes du XIXème congrès Inforsid*, June 2001, p. 443-463.
- [JER 02] JERIBI L., RUMPLER B., PINON J.-M., « User Modelling and Instance Reuse for Information Retrieval Study Case :Visually Disabled Users Access to Scientific Documents », *Proceedings of the Fifteenth International Florida Artificial Intelligence research Symposium Conference*, AAAI Press, 2002, p. 51-56.
- [KAY 94] KAY J., « Lies, damn lies, and stereotypes : pragmatic approximations of users. », *UM'94, 4th International Conference on User Modeling* Cape Cod, 1994.
- [KAY 95] KAY J., « The um toolkit for cooperative user modelling », KLUWER, Ed., *User Modelling and User-Adapted Interaction*, vol. 43, 1995, p. 149-196.
- [KOB 89] KOBSA A., WAHLSTER W., *User Models in Dialog Systems*, Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1989.
- [KOB 90] KOBSA A., « Modeling the user's conceptual knowledge in BGP-MS, a user modeling shell system », *Computational Intelligence* 6, 1990, p. 193-208.
- [KOB 01a] KOBSA A., « Generic User Modeling Systems », *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11(1-2), 2001, p. 49-63.
- [KOB 01b] KOBSA A., « Tailoring Privacy to User's Needs », BAUER M., Ed., *User Modeling 2001 : 8th International Conference*, Sonthofen, Germany, July 13-17 2001, Um 2001, Springer Verlag.
- [LEA 97] LEAKE D. B., KINLEY A., WILSON D. C., « A Case Study of Case-Based CBR », *ICCBR*, 1997, p. 371-382.
- [MAT 98] MATHET Y., « Un formalisme pour le déplacement », *actes de TALN '98*, 1998.
- [MUL 98] MULLER P., SARDA L., « Représentation de la sémantique des verbes de déplacement transitifs du français », *Actes de la conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel (TTALN'98)*, Paris, Juin 10-12 1998, p. 127 - 147.
- [MÜL 01] MÜLLER C., GROMANN-HUTTER B., JAMESON A., RUMMER R., WITTIG F., « Recognizing time pressure and cognitive load on the basis of speech : An experimental study », BAUER M., VASSILEVA J., GMYTRASIEWICZ P., Eds., *Proceedings of the International Conference on User Modelling (UM '2001)*, 2001.
- [ORW 95] ORWANT J., « Heterogeneous learning in the Doppelgnäger user modeling system », *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 4(2), 1995, p. 107-130.
- [PAI 95] PAIVA A., SELF J., « TAGUS - A User and Learner Modeling Workbench in », PUBLISHERS K. A., Ed., *User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 4, No. 3, Special Issue on User Modeling Shells*, 1995, p. 197-226.
- [PAL 99] PALIOURAS G., KARKALETSIS V., PAPTAEODOROU C., SPYROPOULOS C., « Exploiting Learning Techniques for the Acquisition of User Stereotypes and Commu-

<sup>e</sup> soumission à *Revue ISI «Systèmes d'Information Pervasifs»*.

- nités », *Proceedings of the International Conference on User Modelling (UM '99)* 1999.
- [PIE 02] PIERRE-ANTOINE CHAMPIN Y. P., « Modéliser l'utilisateur ou l'utilisation », *Actes de DVP 2002*, 2002.
- [POH 97] POHL W., HÖHLE J., « Mechanisms for Flexible Representation and Use of Knowledge in User Modeling Shell Systems », JAMESON A., PARIS C., TASSO C., Eds., *User Modeling : Proceedings of the Sixth International Conference, UM97* 1997, p. 403-414.
- [POH 99] POHL W., « Logic-Based Representation and Reasoning for User Modeling Shell Systems », *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1999, p. 217-283.
- [RAG 99] RAGGETT D., HORS A. L., JACOBS I., « HTML 4.01 Specification », rapport, 1999, the World Wide Web Consortium.
- [RIC 79] RICH E., « User modeling via stereotypes », *Cognitive Science*, vol. 34, 1979, p. 329-54.
- [ROU 02] ROULLER J., PERROTTET D., LADETTO Q., MERMINOD B., « Faciliter le déplacement des aveugles avec une carte numérique et une interface vocale », *Geoinformation-seminar, Positionsabgleich mit der Karte, Map Matching Techniken*, 2002.
- [SAR 97] SARDA L., « La sémantique des verbes de déplacement transitifs directs. Tentative de description du processus de localisation », *Actes de la Sixième école d'été de l'Association pour la recherche cognitive*, 1997.
- [SCH 00] SCHWAB I., POHL W., KOYCHEV I., « Learning to recommend from positive evidence », *Intelligent User Interfaces*, 2000, p. 241-247.
- [W3C 01] W3C, « Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition) », rapport, 2001, W3C.
- [WOR 99] THE WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, « XSL Transformations (XSLT) Version 1.0 », rapport, 1999, the World Wide Web Consortium.
- [WOR 03] THE WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, « Voice Extensible Markup Language (VoiceXML) Version 2.0 », rapport, 2003, the World Wide Web Consortium.