

Le projet RAMPE : Système interactif d'information auditive pour la mobilité des personnes aveugles dans les transports publics

G. Baudoin, O. Venard
ESIEE - ESYCOM
BP 99, 93162
Noisy Le Grand cedex
+33 1 45 92 66 46
g.baudoin@esiee.fr

G. Uzan
LEI, université Paris 5
45 rue des Saints-Pères
75270 Paris Cedex 06
+33 1 42 85 21 34
Gerard.Uzan@univ-paris5.fr

A. Paumier, J. Cesbron
Imp. Augustin Fresnel
ZA Moulin neuf
BP 227, 44 815 St Herblain cedex
+33 2 40 92 15 43
alain.paumier@lumiplan.com

RÉSUMÉ

Le projet RAMPE a pour objectif de concevoir, développer et expérimenter un système actif et interactif d'assistance et d'information aux personnes aveugles pour favoriser leur autonomie et leur mobilité dans les transports publics. Ce système est destiné à équiper les points d'arrêt des transports collectifs (bus, tramway) ou à être installé dans un pôle d'échange. Il s'appuie sur des assistants personnels numériques (PDA) utilisant une synthèse vocale et communiquant par liaison sans fil WIFI avec les bornes fixes installés aux arrêts. L'application implantée sur le PDA filtre l'information et la présente vocalement. Elle s'adapte automatiquement au type de système d'information disponible aux arrêts. Elle réagit aux informations temps-réel envoyées par l'arrêt. Une attention particulière a été portée à la conception de l'interface homme machine et à la gestion des priorités dans le système d'information vocal temps-réel.

ABSTRACT

In this paper, we present the RAMPE project whose objective is to design, realize and experiment a system for the assistance and information of blind people so that they can increase their mobility and autonomy in public transport. It is intended to equip bus or tramway stops or to be installed in poles of transport interactions. It is based on smart hand-held devices that are WiFi enabled Personal Digital Assistant (PDA) able to communicate by a wireless WiFi connection with fixed equipment in bus or tram stations. The smart hand-held devices can present and filter vocal messages, they can adapt themselves to the type of information system available at the stations, they can react to real-time information sent by the stations. A special care has been given to the design of the man machine interface and to the management of priorities in the real-time vocal information application.

Categories and subject descriptors

H.4.3 [Information Systems Applications]: Communication Applications - *Information browsers*. H.5.1 [Information

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

UBIMOB 05, May 31. - June 3, 2005, Grenoble, France.

Copyright 2005 ACM1-59593-172-4/05/0005... \$5.00.

Interfaces and Presentation]: Multimedia Information Systems - *Audio input/output*. H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces - *Auditory (non-speech) feedback, Ergonomics, Interaction styles, Prototyping, User-centered design, Voice I/O*. H.5.4 [Information Interfaces and Presentation]: Hypertext/Hypermedia - *Architectures, Navigation, User issues*.

General Terms

Design, Reliability, Experimentation, Security, Human Factors.

Keywords - Mots clés

Système d'information voyageurs temps réel, dispositif d'assistance, personne aveugle, Personal Digital Assistant, WiFi.

1. INTRODUCTION

Il est très difficile pour une personne aveugle d'utiliser les transports publics par bus ou tramway. On trouve aujourd'hui quelques propositions de système d'assistance au déplacement des personnes aveugles [1], mais très peu de systèmes producteurs d'information et d'aide à la mobilité des aveugles en environnement urbain ouvert. On peut citer les systèmes suivants.

- Dans la première catégorie de système d'assistance on trouve des dispositifs de détection d'obstacles : dans un projet tel que « Sonic Pathfinder » [2] qui utilise une détection par ultra-sons couplée à un système d'affichage sonore traduisant une proximité par une hauteur tonale. Le projet « TeleTact » [3] offre le même service mais en utilisant une technologie laser. Ce type de système ne fournit aucune information liée au contexte du déplacement ou au transport public.
- On peut citer le système EO-guidage de la société EO-EDPS qui utilise des télécommandes RF. La télécommande permet de faire sonner une borne située à un arrêt de bus et éventuellement de recevoir un message d'information vocal indiquant le nom de l'arrêt et les lignes associées.
- le système infrarouge RIAS (Remote Infrared Audible Signage) de "Talking Signs"® [4,5,6] utilisé dans certaines villes des États-Unis et du Japon. Des émetteurs infrarouges fixes installés à différents endroits (bâtiments publics, arrêts de bus) transmettent périodiquement des messages vocaux d'information. Les utilisateurs balayent l'environnement avec leur récepteur et quand ils interceptent une émission infrarouge, le message vocal est restitué sur le haut-parleur

du récepteur. L'utilisateur peut ainsi découvrir son environnement proche et être guidé vers l'émetteur.

- Le système Ubi-Bus [7] développé à l'INRIA, propose une utilisation de l'abribus comme relais d'information entre le voyageur et le bus pour se signaler l'un à l'autre. Cette approche est basée sur des travaux concernant l'intelligence ambiante qui visent à rendre des composants environnementaux pourvoyeurs ou relais d'information.

Des systèmes basées sur l'Infra-Rouge ou les Radio-Fréquences ont été expérimentés et évalués lors du projet BIOVAM sur les Besoins en Information et Orientation des Voyageurs Aveugles et Malvoyants [8]. Les systèmes infrarouges ont été jugés trop directifs et difficiles à utiliser dans la foule. Ils possèdent cependant un intérêt en terme de vectorisation du cheminement en permettant de donner une information précise centrée sur le sens de déplacement de la personne. Les systèmes radiofréquences ont été jugés faciles à utiliser mais manquant d'efficacité en terme de guidage. Enfin, il est ressorti que les deux types de systèmes manquent d'interactivité et d'adaptation à l'utilisateur et à l'environnement.

Dans ce papier, nous présentons le projet RAMPE dont l'objectif est de concevoir, réaliser et expérimenter un nouveau système d'assistance et d'information pour la mobilité et l'autonomie des personnes aveugles dans les transports publics. Il est destiné à équiper les points d'arrêt de bus ou de tramway. Technologiquement, il s'appuie sur des assistants personnels numériques (PDA) utilisant une synthèse vocale et communiquant par une liaison sans fil WIFI avec des bornes fixes installées aux arrêts. L'application sur PDA s'auto-adapte par construction au type de système d'information disponible aux arrêts. Elle filtre et présente vocalement les informations temps-réel transmises par la borne. L'utilisateur et sa représentation mentale de sa situation dans l'environnement est l'élément central de ce dispositif, une attention particulière a donc été portée à la conception de l'interface homme machine et à la gestion des priorités dans le système d'information vocal temps-réel. Aucun développement matériel spécifique n'est nécessaire – Le PDA n'a besoin que de l'application logiciel RAMPE. Le choix de technologies généralisées : PDA, WIFI et XML (Extensible Markup Language) pour la structuration de l'information devrait faciliter le déploiement du système et permettre des interactions avec d'autres services.

L'article est organisé en une introduction, quatre sections principales et une conclusion. La section deux décrit le contexte du projet. La section trois dresse une analyse des besoins des voyageurs aveugles et donne les principes ergonomiques mis en oeuvre. La section quatre présente une vue générale du système et de son fonctionnement. La section cinq est dédiée aux aspects techniques.

2. CONTEXTE ET CADRE DU PROJET

Le projet RAMPE est soutenu par le PREDIT 3 dans le cadre des services de mobilité et l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite. Le PREDIT est un programme de recherche dans le domaine des transports terrestres financé par les ministères de l'équipement, de l'industrie, l'ADEME et l'ANVAR.

Le projet a commencé en janvier 2004. Il associe trois partenaires complémentaires : l'ESIEE, LUMIPLAN, et le LEI. L'ESIEE est

une école d'ingénieurs dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication. LUMIPLAN est une société spécialiste des produits et services d'information dans les transports. Le LEI est le Laboratoire d'Ergonomie Informatique de l'université Paris 5 .

Le projet comprend deux phases. La première phase a porté sur la spécification des besoins et la réalisation des prototypes. La seconde phase sera consacrée à l'expérimentation in situ pour l'évaluation du système.

Ce projet a été primé lors du carrefour PREDIT à mi-parcours en mars 2005.

3. ANALYSE DES BESOINS, PRINCIPES ERGONOMIQUES

3.1 Stratégies de déplacement

Les études [9] et expérimentations antérieures [8], des entretiens semi-directifs et l'analyse directe par observation des déplacements urbains intermodaux (TER/méto/bus) des personnes déficientes de la vision (PDV) [10,11], nous ont permis de faire émerger leurs stratégies de préparation et surtout de déplacement.

Leur comportement est guidé par des préoccupations dont trois catégories apparaissent prioritaires :

- la sécurité : éviter les risques de chutes et de collision,
- les localisations :
 - o localisation de la personne elle-même dans un parcours abstrait fait de numéros, de directions, de noms de correspondances ou d'arrêts,
 - o localisation des multiples équipements et seuils croisés ou franchis pour l'accès à un véhicule (point d'arrêt, bouche de métro, entrée/sortie de quai, présence de véhicule et emplacement de porte de bus/méto/train, ...)
- la fiabilité, c.-à-d. ici l'écart au réel de la représentation mentale de leur situation durant leur parcours (auto-localisation, état des équipements et du réseau emprunté).

Parmi les trois modalités de transports, le bus apparaît le plus difficile à utiliser après le train et le métro à cause de la multiplicité et la diversité des causes d'incertitude.

En formalisant le déplacement en quatre zones et la diffusion des informations en trois instants-clés, nous localisons dans l'espace et dans le temps les besoins en informations mettant en adéquation préoccupations et diversité des situations.

3.2 Caractérisation des zones spatiales

Lorsqu'on rapproche :

- les stratégies de localisation, de déplacement et de prise d'information mises en oeuvre par les aveugles
 - o comptage en distance (par exemple nombre de pas effectués),
 - o temps (durée écoulée),
 - o ou encore étape à franchir (par exemple tourner après la troisième rue traversée),
- leur préférence, non pour les parcours les plus familiers, mais pour ceux qui par structure semblent leur garantir de meilleures continuités et sécurités (éviter les zones infranchissables ou accidentogènes),

- et d'autre part les spécificités des différentes modalités de transport et plus particulièrement le bus et le métro, on peut découper quatre zones spatiales qui permettent de comprendre en quoi un mode de transport est plus "accessible" qu'un autre et quelles sont les spécifications pertinentes d'un système d'information :

- zone 1 : la zone ouverte de la voirie et du bâti. Cette zone se caractérise par la diversité et la mixité des activités (déplacements, habitations, commerces, culture,...) et par la diversité des moyens de déplacement utilisés (véhicules privés ou de transport en commun, piétons - deux roues – automobiles – bus - tramways...); les espaces n'y sont pas nécessairement dédiés, et quand ils le sont, ils peuvent ne pas l'être strictement, soit formellement soit à travers les usages; c'est une zone qui peut être soumise à des niveaux de bruit élevés (75 dBA) en permanence.
- zone 2 : zone d'accès dédiée à un système de transport (hall de gare, couloir de métro, file d'attente de taxis, ...); cette zone se caractérise par l'unicité fonctionnelle : la plupart des individus qui s'y trouvent ont pour but de prendre ou quitter un véhicule de transport en commun. Dans ces zones, les voyageurs déficients de la vision bénéficient de la "communauté de but" induit par la zone. Ils peuvent ainsi utiliser l'assistance humaine de guidage et d'information "par les autres voyageurs". Cette assistance trouve ces limites dans les erreurs (ratés de parcours et lapsus de localisation ou de destination) et dans les situations de lieux et horaires peu fréquentés. Espace délimité ou clos où ne circule que des piétons, cette zone est un espace de continuité et de sécurité accrues. il est temporellement stable et peut donc être facilement et utilement mémorisé.
- zone 3 : la zone d'accostage et de transfert. Il s'agit ici du lieu effectif d'accostage du véhicule et de transferts entrant ou sortant, des voyageurs (extérieur de véhicule, portes et zone de seuil, lacune, quai, trottoir et plus largement zone d'accueil). Pour les personnes aveugles et mal-voyantes, c'est une zone à risques (collision, chutes, accidents) où la vigilance et le contrôle des erreurs de représentation occupent fortement les ressources d'attention. Selon la modalité de transport, les incertitudes y sont plus ou moins nombreuses, accroissent l'activité perceptive, mobilisant ainsi les ressources attentionnelles et peuvent même générer du stress. Ainsi selon que la zone est strictement dédiée ou non, précisément délimitée ou non, que plusieurs lignes ou véhicules peuvent accoster simultanément ou non avec des longueurs et ouvertures variables ou fixes, augmente plus ou moins, pour la personne aveugle, le nombre d'indices d'incertitude et donc sa charge mentale. L'hétérogénéité dans la distribution et la matérialisation des points d'entrée et de sortie de cette zone entraîne des stratégies exploratoires par tâtonnements qui accroissent les risques chez les personnes aveugles, en créant une incertitude nécessitant du guidage.
- Une quatrième zone est l'intérieur du véhicule, mais nous ne la développerons pas ici.

3.3 Caractérisation de l'information

Les propriétés de l'information doivent être différentes pour chacune de ces zones, en terme de nature, contenu et processus de sélection, d'activation et de diffusion.

Pour le bus, le point d'arrêt est le plus souvent matérialisé par un abribus ou un simple poteau installé sur un trottoir; celui-ci pouvant avec la voie qui le jouxte, être dédié ou non. Les zones d'accostage ou d'accès sont très réduites : il n'y a pas de zone d'accès délimitée, elle est implicite et limitée aux abords de l'abribus lorsqu'il y en a un et confondue avec la zone d'accostage lorsque l'arrêt est matérialisé par un simple poteau. En se déplaçant sur le trottoir, un piéton aveugle peut croiser ou longer un arrêt sans en connaître l'existence.

Reconstituer une zone virtuelle d'accès par une connexion rapide WiFi associée à un système d'information est l'un des premiers intérêts du système RAMPE.

La zone d'accostage n'étant pas non plus strictement dédiée et l'arrêt d'un bus supposant une interaction entre le voyageur à l'arrêt, le conducteur du bus et le bus lui-même à travers son affichage frontal et latéral, il faut aussi recréer l'interaction d'appel et/ou d'information et/ou d'alerte propre à la zone d'accostage, rendue inaccessible par la cécité.

Que l'on soit aveugle, mal-voyant ou sans déficience visuelle, les informations disponibles et celles nécessaires aux déplacements, durant ceux-ci, sont très nombreuses. Les informations strictement liées aux transports n'en sont qu'une partie, mais dont l'importance sera accrue dans certaines phases (localisation, choix d'itinéraire(s), attente en arrêt, ...); Les informations de sécurité ou d'évènements pouvant changer les choix doivent toujours rester prioritaires; La conception de tout système d'information, particulièrement lorsque ces informations sont sonores, individualisées ou non, doit donc éviter la saturation et favoriser le partage des ressources attentionnelles chez la personne réceptrice. Parmi ces informations, celles de transport sont de trois catégories :

- Les informations d'existence, de localisation et d'identification (existence et localisation de (ou des) arrêt(s)). Pour les personnes sans déficience de la vision, ces informations sont obtenues à travers l'exploration intentionnelle ou non de l'espace urbain qui s'offre à leur regard et la lecture des noms (voies, arrêts, ...).
- Les informations de parcours (lignes, directions et arrêts desservis) et d'horaires. Ces informations sont habituellement disponibles chez soi sur le site de la régie de transport, embarquée avec soi sur support papier (mini-plan de réseau, dépliant d'horaires, ...), affichées sur les arrêts et enfin sur les bandeaux frontaux et latéraux des bus.
- Les informations événementielles (bus à l'approche, incidents, ...). Ces informations sont parfois disponibles par affichage visuel (écran-page ou afficheurs dédiés), ou encore annoncées oralement par le conducteur.

Ces informations sont actualisées selon trois niveaux de temporalités pertinentes dans le maintien de l'adéquation entre l'information attendue, l'information effectivement disponible et l'information d'alerte immédiate :

1. L'information structurelle : c'est l'ensemble des informations préétablies, planifiées et stables. Elles portent ici sur la localisation et l'identification des arrêts et des lignes, les parcours et les horaires "habituels". Pour le piéton aveugle ou mal-voyant, ces informations sont nécessaires pour la compréhension de son environnement en terme de transport et pour la planification de son déplacement.

2. L'information temporaire : c'est l'ensemble des informations précédentes exceptionnellement modifiées pour une durée limitée (changement de place d'un arrêt, détournement provisoire d'une ligne,...). Pour le voyageur aveugle ou mal-voyant, ces informations "actualisées" lui permettent de détecter et de comprendre des situations inhabituelles et/ou provisoires, et de corriger sa représentation de la situation atypique dans laquelle il se trouve in-situ (par exemple attendre un bus et se rendre compte après plus de 30 minutes que l'arrêt où il attend n'est pas desservi, la rue étant barrée).
3. L'information immédiate d'urgence : c'est l'ensemble des informations qui sont propres au "temps réel" (bus à l'approche, instant de changement de parcours ou de terminus, retard, incidents ou accidents). Pour le voyageur aveugle, il s'agit d'être tenu informé des événements qui se produisent durant son attente et/ou de lui permettre d'anticiper l'arrivée d'un bus ou un changement d'itinéraire.

3.4 Services nécessaires et respect contraintes

Pour saisir les services nécessaires, nous déployons ici, d'une part les besoins au travers du déplacement d'une personne aveugle ou mal-voyante et d'autre part les besoins qui résultent de contraintes propres à l'utilisation ou à la complexité des situations dans une approche écologique.

3.4.1 Les services d'information aux arrêts

Au cours de son déplacement une personne aveugle sera confrontée à des situations multiples qui pourront engendrer des choix différents suivant le contexte et la représentation de sa situation :

1. marcher dans la rue et être informé de l'existence d'arrêt(s) en proximité,
2. pouvoir les localiser, les identifier, identifier les lignes desservies, habituellement, exceptionnellement, à l'instant,
3. choisir un arrêt et être orienté vers lui,
4. connaître les arrêts desservis actuellement
5. être averti de tout événement (incidents, retard, détournement) qui vient de se produire et susceptible de prolonger une attente ou de modifier son itinéraire,
6. choisir une ligne, un arrêt de descente ou une destination,
7. revenir sur ces choix et explorer d'autres lignes ou arrêts en proximité,
8. être prévenu immédiatement de l'arrivée d'un bus... ou de deux qui se suivent, avec un ordre de priorité pour les informations
9. pour un choix de ligne, le temps restant avant arrivée du bus, donné par le système d'information.

3.4.2 Le respect de contraintes ou l'intégration de situations complexes

Le dispositif d'assistance devant s'insérer dans un milieu urbain, il doit répondre à une double contrainte :

- La diffusion de l'information étant sonore, la conception de l'interface doit tenir compte des gênes que pourrait occasionner son utilisation, plus particulièrement auprès des personnes travaillant ou résidant en proximité d'arrêt ou encore auprès d'autres voyageurs en attente.
- Comme nous l'avons vu plus haut, l'arrêt de bus est dans un milieu bruyant, où se croisent personnes et véhicules, c.-à-

d. pour un PAM, un lieu à risque où la vigilance doit être maintenue, l'interface doit donc répondre aux critères ergonomiques de conception des interfaces, mais plus particulièrement ceux qui portent sur la réduction du temps et des manipulations : accéder au plus vite et sans digression aux informations pertinentes (brièveté-concision, minimisation des actions et de la mémoire des commandes, homogénéité des commandes, ...).

Dans les situations quotidiennes, la diversité des cas de figure implique une réflexion préalable pour le maintien du bon fonctionnement et plus encore de la gestion appropriée des informations et de l'interface. Ainsi, plusieurs aveugles peuvent se déplacer à des distances différentes en proximité d'un même arrêt ; un autre arrêt peut se trouver "sur le trottoir d'en face" ; il peut y avoir plusieurs arrêts face-à-face ou côte à côte ; plusieurs lignes peuvent être desservies par un arrêt ; une ligne habituellement desservie peut être exceptionnellement interrompue ; l'arrêt peut être momentanément déplacé vers un arrêt de substitution ; le terminus peut changer ; plusieurs bus peuvent arriver simultanément.

Comme les dispositifs sont hertziens, il faut gérer les effets de "leures" ou de risque de décrochage intempestif dus à la forte variabilité des niveaux de signal, source potentielle de dysfonctionnements.

3.5 Ergonomie de l'interface auditive

Les interfaces auditives (vocales et sonores) sont recherchées par les PDV, mais une simple conversion auditive d'une information visuelle peut perdre toute efficacité, voire devenir gênante, ou génératrice de risques : la diffusion sonore est intrinsèquement fugace, séquentielle et potentiellement intrusive. L'ergonomie d'une interface auditive, pour être et rester efficace durant le parcours, doit disposer d'une rétroaction permettant de synchroniser la diffusion, l'attention et l'écoute active, dans un environnement dynamiquement changeant. Utilisée en l'absence de vision des utilisateurs dans un contexte dynamiquement changeant, cette interface doit être triplement robuste : actualiser au mieux et à l'instant opportun la représentation mentale de la situation de la PDV dans son parcours, minimiser la charge et les erreurs de manipulation, contrôler et maintenir sélectivement la transmission et la mémoire des informations dans un espace dynamiquement contingent (mobilité de la PDV, variabilité radio-électrique, dégradations et effet de seuil, ...).

4. VUE GÉNÉRALE DU SYSTÈME ET DE SON FONCTIONNEMENT

4.1 Architecture générale

Le système RAMPE s'appuie sur :

- Un dispositif intelligent porté par l'utilisateur. Ce dispositif est un PDA avec l'application RAMPE. Il dispose d'une interface de communication sans fil WiFi. L'interface homme-machine utilise une synthèse vocale et des commandes par boutons.
- Des bornes fixes installées aux points d'arrêt. Elles sont équipées d'un point d'accès WiFi qui leur permet de communiquer avec les PDA. Elles disposent d'un processeur avec un client/serveur d'information connecté au point d'accès WiFi. Elles constituent des nœuds

d'information recevant l'information d'un système central et la distribuant aux utilisateurs. Elles intègrent un haut-parleur qui peut être activé à distance et carillonner pour aider l'utilisateur à se diriger vers la borne.

- Un système central connecté aux bornes des points d'arrêt et aux véhicules (bus, tramway) par différents moyens de communication. Il envoie l'information aux bornes. L'information peut être théorique ou temps-réel (horaires théoriques, avances/retards). La position des véhicules peut être suivie par différents systèmes de positionnement comme le GPS.

Le projet RAMPE est centré sur l'application embarquée dans le PDA et les bornes fixes. Il utilise les systèmes centraux existant et l'application PDA peut s'adapter aux différents environnements rencontrés dans les réseaux de bus ou de tramway.

La figure 1 représente l'architecture générale du système RAMPE et ses principales connexions.

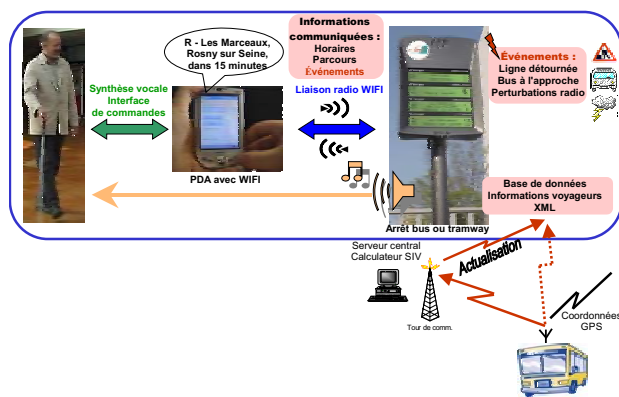


Figure 1 : Architecture générale du système RAMPE

4.2 Relation avec les Systèmes d'Information Voyageur existants

Un point critique pour le projet est la disponibilité de sources d'information pertinentes. Nous avons analysé les différents types de systèmes d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs (SAIEV) qui ont pour objectif de réguler le trafic et d'informer les voyageurs en temps réel. Nous nous sommes en particulier intéressés aux composants techniques des SAEIV (localisation des véhicules, communications, système central, transmission de données vers les panneaux, système embarqué dans le véhicule, panneaux d'affichage électronique), les offres et opérateurs existants, leur implantation. Une bonne prise en compte de ces éléments est importante pour que les développements effectués aient des chances d'être déployés à la fin du projet.

En ce qui concerne l'affichage visuel aux points d'arrêt, le panneau électronique affiche les informations de chaque ligne de bus ou de tramway avec le numéro de la ligne, la destination, le temps d'attente. Il est également possible d'afficher des messages commerciaux ou de perturbation généraux ou associés à une ligne et enfin l'heure courante et/ou la date courante.

Les informations affichées à la borne sont de 3 natures :

- des informations d'horaire des lignes de bus ou de tramway avec des temps d'attente,
- des messages de service et des messages d'information associés aux lignes, tels que : Passage imminent / à l'approche – Dernier passage – Service terminé – Perturbation des horaires suite à un incident technique sur la ligne 21 ...
- des messages d'information générale (non associés aux lignes de bus, un message général peut être du type commercial ou du type perturbation – par Exemple : « Prochains horaires d'été à partir du 7 Juillet jusqu'au 8 Septembre ». L'heure courante et/ou la date courante.

Suivant les réseaux, le type d'informations contenues dans les bornes inclut ou pas des horaires théoriques (tables de tous les horaires pour toute l'année avec des critères de validité en fonction des jours de la semaine, des périodes de l'année) en plus des horaires réels.

Les systèmes d'information installés aux points d'arrêt aujourd'hui ne disposent pas d'information de type géographique en dehors des affiches de plans de réseau.

Par contre, certains systèmes d'affichage embarqués dans les bus (comme VISU@BUS [15]) donnent l'information de progression du bus sur la ligne sous une forme visuelle d'un thermomètre de ligne et sous la forme sonore par des annonces vocales. Les informations contenues dans le Visu@bus sont des informations uniquement géographiques. Elles ne contiennent pas d'horaires, ni théoriques ni réelles. Elles sont organisées en tables :

- ITINERAIRE : Énumération des lignes et des destinations pour en déduire un code itinéraire unique, association avec les sons destination, début et fin de course,
- ARRET : liste des arrêts (code arrêt + nom de l'arrêt + annonce sonore et plan de proximité associé),
- ITINERAIRE_ARRET : liste ordonnée des arrêts pour chaque code itinéraire,
- MESSAGE : liste des messages et de leurs identifiants.

Les informations nécessaires au transport pour le projet RAMPE sont donc un ensemble de ces données particulières horaires et géographiques. Nous avons choisi de créer une base de données générale contenant ces deux types d'information. Elles sont éventuellement à compléter par d'autres informations destinées à aider le déplacement des malvoyants comme le type d'abribus, des aides à l'accès autour de l'abribus, etc.

4.3 Fonctionnement général et situations gérées par l'application

L'application RAMPE s'efforce de fournir les informations nécessaires pour aider une personne aveugle à faire face aux différentes situations rencontrées lorsqu'elle souhaite utiliser un réseau de bus ou de tramway..

L'application RAMPE doit gérer deux types de cadres de fonctionnement : le cadre nominal et le cadre d'exceptions. Le cadre nominal correspond à la navigation dans la base d'information de l'application (horaires, parcours,) comme si aucun événement extérieur ne pouvait arriver et perturber cette navigation. Le cadre d'exceptions correspond à la prise en compte d'événements asynchrones qui peuvent modifier le comportement de l'utilisateur (interruption de service, véhicule à l'approche,

ligne détournée, perturbation radio ...). Le cadre d'exceptions doit être traité en priorité par rapport au cadre nominal.

Les situations possibles sont très diverses. En particulier, la zone dans laquelle se déplace l'utilisateur peut contenir un ou plusieurs arrêts (par exemple deux arrêts correspondants aux deux sens d'une ligne).

Tous les arrêts équipés d'une borne RAMPE s'identifient périodiquement par WiFi. Chaque arrêt possède son propre nom (la convention utilisée pour les noms sera décrite dans la section suivante). Le PDA détecte l'ensemble des arrêts situés dans sa zone de couverture et utilise la synthèse vocale pour proposer à l'utilisateur la liste des arrêts détectés.

L'utilisateur choisit d'abord à quel arrêt il veut se connecter (il peut ensuite changer d'arrêt par déconnexion et reconnections). Puis la borne lui propose un service de guidage par carillon, qu'il peut accepter ou refuser. Il peut faire sonner la borne trois fois. Lors de son déplacement vers l'arrêt choisi, l'utilisateur peut détecter une nouvelle borne ou en perdre une; L'application RAMPE donne l'information sur ce changement d'environnement et offre de nouvelles possibilités de choix.

Quand l'utilisateur est arrivé à l'arrêt, l'application lui indique les numéros de lignes qui passent à cet arrêt. S'il clique sur un numéro, il obtient le nom de la direction et le nombre de minutes avant le passage du prochain bus pour cette direction. Si elle l'intéresse, il peut ensuite (par un simple clic) écouter la liste des principaux arrêts (squelette de la ligne) sur la ligne puis la liste de tous les arrêts jusqu'au terminus et enfin la liste de tous les arrêts depuis le début de la ligne. On peut se représenter ce mode de fonctionnement comme un zoom à différents niveaux de grossissement. L'application fournit aussi des messages d'exception liés aux événements asynchrones (comme « bus à l'approche ») en priorité par rapport à la navigation régulière. Ces messages doivent être acquittés par un clic sur n'importe quel bouton du PDA.

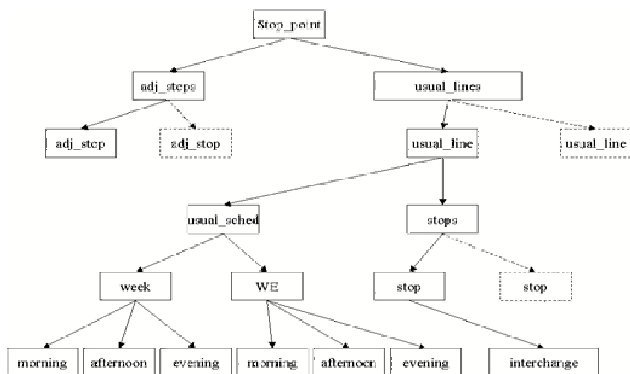


Figure 2. Structuration XML des données

Cette navigation n'est pas la seule possible. Pour un parcours familier, l'utilisateur peut préférer rendre l'application silencieuse. Dans ce cas, l'application ne lui fournit que les informations d'exception qui doivent être acquittées. L'utilisateur peut choisir à tout moment de basculer du mode bavard au mode silencieux.

5. Architecture technique

5.1 Structuration XML de l'information

Toutes les informations sont fournies par la borne (grâce à la liaison WiFi) à l'application RAMPE implantée sur le PDA.

Elles sont structurées avec un cadre XML spécifié soit par une définition DTD (Data Type Definition) soit par une définition XSD (XML Schema Definition).

De nombreux travaux ont été effectués sur la structuration XML des informations de transport en particulier dans un contexte multimodal. Le projet "transmodel" [12] est un des pionniers de la spécification de modèles de l'information transport public. Il est à la source de travaux comme "transXchange" [13] ou "TPEG" [14].

En comparaison avec ces travaux où la racine de la hiérarchie XML est à l'échelle du transporteur ou bien orientée message à l'échelle d'un pays, la racine de la base de données locale RAMPE est constituée par le point d'arrêt (voir figure 2). Elle peut ainsi être vue comme une feuille d'un modèle XML plus global.

La borne rediffuse la base de données par WiFi dès qu'elle est mise à jour. Le PDA peut alors actualiser ses informations.

5.2 Implantation sur le PDA

L'application RAMPE implantée sur le PDA doit gérer trois acteurs : l'utilisateur à travers une Interface Homme Machine (MMI) le réseau à travers une carte NIC (Network Interface Card, le circuit WiFi) et la base de données (DB) à travers le fichier XML mis à jour grâce à l'interface réseau.

Les interactions entre ces trois acteurs sont prises en compte par une machine d'états finie (FSM : Finite State Machine) comme illustré sur la Figure 3.

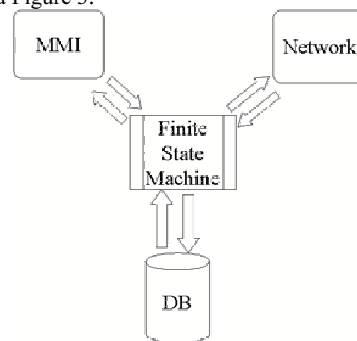


Figure 3. Structure de l'application embarquée sur le PDA

La machine d'états comprend un état initial plus trois états principaux (cf. figure 4) qui correspondent aux différentes phases d'utilisation de l'application comme décrit dans la section 4.3.

5.2.1 État 0 : Recensement des arrêts

Dans l'état zéro le PDA scrute son environnement WiFi à la recherche d'arrêts équipés de bornes RAMPE.

Chaque borne RAMPE diffuse par WiFi une identification périodique qui est son SSID (Service Set ID). Ce SSID est une chaîne de caractères construite de la façon suivante :

"RAMPENom_du_point_d'arrêt/direction".

Cette structure est obligatoire. La racine "RAMPE" permet de reconnaître les stations appartenant au système RAMPE. La partie "nom du point d'arrêt" séparée de la "direction" par un slash fournit une information de haut niveau sur les transports publics disponibles dans la zone où se trouve l'utilisateur. Ceci est réalisé sans générer de trafic réseau, par une simple écoute de l'information diffusée dans les SSID.

Lorsque l'application RAMPE détecte la présence d'arrêts, elle le signale en émettant une série de bips simples si un seul arrêt est présent ou une série de bips composés si plusieurs arrêts sont présents.

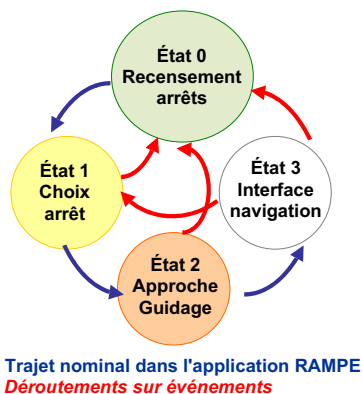


Figure 4 . Les 4 états de l'application RAMPE.

5.2.2 État 1 : Choix de l'arrêt

L'utilisateur doit acquitter par un clic sur un des boutons du PDA pendant la série de bips s'il souhaite que le PDA lui liste les arrêts présents. L'application entre alors dans l'état un. Cet état va de l'énumération des arrêts (par synthèse vocale) au choix de l'arrêt puis au raccordement au réseau. Le raccordement au réseau demande une association WiFi (connexion MAC) et une négociation DHCP (connexion au réseau). En cas d'échec, un message vocal est généré pour informer l'utilisateur et l'application retourne à l'état initial.

Un soin particulier a été apporté à la gestion des cas d'erreurs provenant de manipulations intempestives de l'utilisateur ou d'événements extérieurs. Ces événements peuvent être liés à l'interface radio : par exemple l'apparition d'un nouveau SSID pendant l'énumération des arrêts. L'application retourne alors au début de l'état un.

5.2.3 État 2 : Approche, guidage sonore

Après qu'une borne a été sélectionnée, l'application entre dans l'état deux où elle propose un service de guidage sonore. L'utilisateur doit demander ce service par clic sur un bouton du PDA. Ce clic génère l'émission d'une trame TCP du PDA vers la borne. Si l'utilisateur n'acquiesce pas cette possibilité (par un clic) l'application retourne à l'état zéro.

Le service de guidage sonore consiste à faire sonner la borne. L'utilisateur peut refaire sonner la borne trois fois en double cliquant.

5.2.4 État 3 : Interface de navigation

À la fin de la phase de guidage, l'application entre dans l'état trois. Dans cet état, elle télécharge la base de données XML grâce à un service HTTP-GET.

Le nom de la base de données est toujours le même : "rampe.xml". L'utilisation d'un nom unique est possible car il y a une base de données par arrêt. L'application charge aussi le fichier de description DTD qui lui permet de valider l'information contenue dans le fichier XML téléchargé.

Après le chargement de la base de données, l'utilisateur peut naviguer dans la description de la ligne qui l'intéresse avec les possibilités de zoom décrites précédemment dans la section 4.3.

5.2.5 Interface Homme Machine

Un soin particulier a été apportée à l'interface homme machine. Elle est réalisée par une interface de commandes utilisant les boutons du PDA et par une synthèse vocale pour l'information du PDA vers l'utilisateur.

L'utilisation des boutons du PDA est dynamique. Les fonctions associées aux boutons dépendent de l'état de l'application. : un acquittement de message asynchrone peut être effectué en cliquant sur n'importe quel bouton et après l'acquiescement, les différents boutons retrouvent leur fonction propre.

L'application s'utilise de la manière suivante (voir figure 5):

- les boutons de droite, permettent de naviguer dans l'interface,
- La croix directionnelle est assimilée à un seul et unique bouton et joue le même rôle que les boutons de droite,
- Les boutons de gauche permettent d'interrompre la navigation dans l'interface (passage en mode silencieux),
- Le bouton de coté permet de quitter l'application,
- Tous les boutons permettent d'acquiescer l'arrivée d'un message asynchrone. Ceci permet de soulager l'utilisateur qui n'a pas à se rappeler sur quel bouton appuyer dans une situation d'urgence.

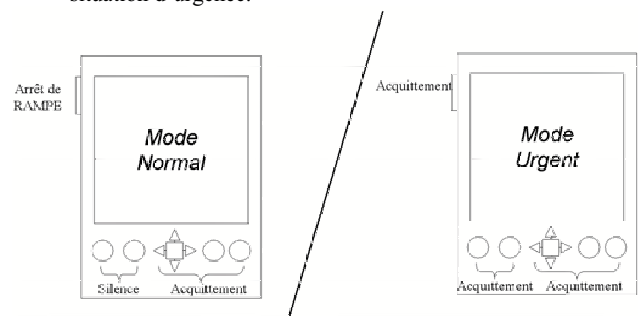


Figure 5 . Utilisation des boutons du PDA

La synthèse vocale fonctionne de façon séquentielle et ne permet pas de fournir l'information sous forme parallèle comme sur un panneau d'affichage visuel. Aussi la présentation vocale de l'information a-t-elle été conçue de manière à permettre un accès simple et rapide à l'information pertinente en fonction de la situation.

Pendant la navigation, l'application RAMPE prend en compte certaines modifications de l'environnement qui peuvent influencer le comportement ou les décisions de l'utilisateur. Chaque changement dans le contexte radio WiFi est géré (apparition ou disparition d'une borne). Elle est capable de gérer des événements asynchrones signalés par des messages envoyés par la borne sous la forme de trames UDP. La borne peut ainsi signaler un bus à

l'approche ou une mise à jour de la base de données. Un message vocal est généré par la synthèse sur le PDA pour prévenir l'utilisateur qui doit acquiescer par un clic sur un bouton quelconque.

Les trames envoyées par la borne vers les PDA qui lui sont connectés pour les prévenir d'un événement sont transmises par le protocole UDP, particulièrement adapté à cette situation par son mode BROADCAST. En effet, ce mode permet d'envoyer l'information sur une trame à destination de tous les PDA plutôt que de répéter l'information sur des trames adressées individuellement à chacun des PDA. En outre, il ne demande aucun acquiescement de la part des destinataires, ce qui permet de ne pas se soucier de l'éloignement (perte potentielle de réseau donc impossibilité de réponse) des destinataires.

Enfin, on peut dire que RAMPE est une application pilotée par les données car son comportement s'appuie sur la structure et le contenu de la base de données, sur des événements extérieurs (arrivée d'un véhicule, messages de service,...) et sur le contexte extérieur (nombre de bornes dans la zone de couverture).

6. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le groupe « services de mobilité » du programme PREDIT 3 pour son soutien au projet RAMPE.

7. CONCLUSION

Nous avons développé un nouveau système interactif d'information auditive pour la mobilité des personnes aveugles dans les transports publics. Le système RAMPE utilise une application temps-réel en réseau embarquée sur PDA et tire profit de différentes technologies pour fournir l'information vocale pertinente au bon moment.

Le choix de technologies non spécifiques : PDA d'usage général, WiFi et base de données XML devrait faciliter le déploiement du système et permettre des interactions avec d'autres services.

La première phase du projet est terminée. Elle a permis le développement et la validation technique et fonctionnelle des prototypes (application sur PDA et borne). La deuxième phase sera consacrée à l'expérimentation in situ et aux évaluations par passation de sujets aveugles.

8. REFERENCES

[1] Devalière, I. Du droit à la mobilité urbaine des déficients visuels au plaisir de la ville pour tous. *CSTB magazine*, 139, (fév. 2002), 33-36.

- [2] www.sonicpathfinder.org
- [3] www.lac.u-psud.fr/teletact/index-teletact.htm
- [4] Marston, J. R. Empirical measurements of barriers to public transit for the vision-impaired and the use of remote infrared auditory signage for mitigation. *16th Annual International Conference, Technology and Persons with Disabilities. CSUN 2001*, Los Angeles 2001.
- [5] Crandall, W. Bentzen, B.L. Myers, L. and Brabyn, J. New orientation and accessibility option for persons with visual impairment : transportation applications for remote infrared audible signals. *Clinical and experimental OPTOMETRY*, 84.3, May 2001.
- [6] Ohkubo, H. Furukawa, M. Ito, K. Sasaki, S. Remote Infrared Audible Signage System for Visually Impaired at Railway Station. *Proceedings de la conférence TRANSED2004*, Japon 2004, 863-871.
- [7] <http://www2.cnrs.fr/presse/journal/1899.htm>
- [8] Marin-Lamellet, C. et al. *BIOVAM, Final Report of the BIOVAM project phase 1* (april 1999) and *phase 2* (january 2003), PREDIT.
- [9] Cratty, B. J. (1967). The perception of gradient and the veering tendency while walking without vision, *American Foundation for the Blind, Research Bulletin*, 14, 13-51, in Hatwell Y. (2003).
- [10] Guth, D. Laduke, R. The veering tendency of blind pedestrians : an analysis of the problem and literature review. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 88, 1994), 91-400
- [11] Klatzky, R.L. Loomis, J.M. Golledge, R.G. Cicinelly, J.G. Doherty, S. Pellegrino, J.W. Acquisition of route and survey knowledge in absence of vision. *Journal of Motor Behaviour*, University of California, Santa Barbara, 22, 1, (1990), 19-43.
- [12] www.transmodel.org.
- [13] www.transxchange.org.uk.
- [14] www.ebu.ch/en/technical/projects/b_tpeg.php
- [15] www.stcl.fr/Malvoyant/conseil.htm